

Auswirkungen eines Klima- und Energielenkungssystems für 2030

Analyse mit einem berechenbaren Gleichgewichtsmodell für die Schweiz

Schlussbericht

13. Januar 2015

Zuhanden des Bundesamts für Energie, des Bundesamts für Umwelt und der Eidgenössischen Finanzverwaltung

Impressum

Empfohlene Zitierweise

Autor: Ecoplan
Titel: Auswirkungen eines Klima- und Energielenkungssystems für 2030
Untertitel: Analyse mit einem berechenbaren Gleichgewichtsmodell für die Schweiz
Auftraggeber: Bundesamt für Energie, Bundesamt für Umwelt und Eidgenössische Finanzverwaltung
Ort: Bern
Datum: 13. Januar 2015

Projektbegleitung

Pierre-Alain Bruchez, EFV (Leitung)
Marianne Abt, SECO
Martin Baur, EFV
Thomas Brändle, EFV
Sandra Daguet, EFV
Anne-Kathrin Faust, BFE
Margit Himmel, EFV
Renato Marioni, BFE
Roger Ramer, BAFU
Damien Vacheron, SECO
Martina Zahno, EFV

Projektteam Ecoplan

André Müller (Projektleitung)
Corinne Spillmann

Unterstützt durch:
Prof. Christoph Böhringer, Uni Oldenburg

Der Bericht gibt die Auffassung des Projektteams wieder, die nicht notwendigerweise mit derjenigen des Auftraggebers bzw. der Auftraggeberin oder der Begleitorgane übereinstimmen muss.

Ecoplan AG

Forschung und Beratung
in Wirtschaft und Politik

www.ecoplan.ch

Monbijoustrasse 14
CH - 3011 Bern
Tel +41 31 356 61 61
Fax +41 31 356 61 60
bern@ecoplan.ch

Postfach
CH - 6460 Altdorf
Tel +41 41 870 90 60
Fax +41 41 872 10 63
altdorf@ecoplan.ch

Inhaltsübersicht

	Das Wichtigste auf zwei Seiten.....	2
	Inhaltsverzeichnis	4
	Abkürzungsverzeichnis	6
	Glossar	7
	Kurzfassung.....	9
1	Ausgangslage und Fragestellung	19
2	Energie- und klimapolitische Zielvorgaben und Szenarien	20
3	Das Gleichgewichtsmodell im Überblick.....	29
4	Ziellücken unterschiedlich hoher CO₂-Abgaben	40
5	Soziale und räumliche Verteilungswirkungen	58
6	Einfluss des technischen Fortschritts	70
7	Einfluss des Wirtschafts- und Bevölkerungswachstums	87
8	Einfluss der Modellannahmen	102
9	Anhang A: Modell, Daten und Parametrisierung	108
10	Anhang B: Tanktourismus	126
	Literaturverzeichnis	154

Das Wichtigste auf zwei Seiten

Der Bundesrat hat mit Entscheid vom 21.5.2014 das EFD und das UVEK beauftragt, bis Anfang 2015 eine Vernehmlassungsvorlage zur Konkretisierung eines Klima- und Energielenkungssystems auszuarbeiten. Das für die zweite Etappe der Energiestrategie 2050 vorgesehene Lenkungssystem ab 2021 soll primär auf Energie- und Klimaabgaben basieren und in der Bundesverfassung verankert werden. Die vorliegende Studie untersucht verschiedene Ausgestaltungsvarianten eines Klima- und Energielenkungssystems:

- 1) Vier verschiedene Abgabeverarianten – mit unterschiedlicher Höhe der CO₂-Abgabe, ohne bzw. mit Belastung der Treibstoffe – werden auf ihre volkswirtschaftlichen Konsequenzen hin untersucht.

Abgabehöhe im Jahr 2030 (Abgaben werden ab 2021 schrittweise erhöht)		Abgabe- variante 1	Abgabe- variante 2	Abgabe- variante 3	Abgabe- variante 4
CO ₂ -Abgabe auf Brennstoffe	CHF/t CO ₂	168	240	240	336
"	CHF/l HEL	0.44	0.63	0.63	0.89
CO ₂ -Abgabe auf Treibstoffe	CHF/t CO ₂	0	0	56	112
"	CHF/l Benzin	0	0	0.13	0.27
Stromabgabe		Rp./kWh oder 20% auf Haushaltstrompreis			

- 2) Weiter wird untersucht, inwieweit mit den vier Abgabeverarianten bis zum Jahr 2030 eine CO₂-Minderung im Vergleich zum Jahr 1990 von -30% bzw. -40% erreicht werden kann.

	Minderungsziele i.Vgl. zu 1990		Minderungsziele i.Vgl. zu WWB	
	CO ₂ -Ziel	Stromziel	CO ₂ -Ziel	Stromziel
Zielszenario -30%	-30%	-10%	-12.1%	-10.8%
Zielszenario -40%	-40%	-10%	-24.7%	-10.8%

Stromziel kann mit einer Abgabe von knapp 5 Rp./kWh erreicht werden

Das Stromziel von -10.8% gegenüber dem Szenario WWB kann mit einer relativ moderaten Abgabe von rund 5 Rp./kWh (inkl. Netzzuschlag) erreicht werden. Dies entspricht einem Zuschlag auf dem Haushaltstrompreis von rund +20%. Für einzelne Unternehmen mit höherem Stromverbrauch, die niedrige Strompreise zahlen, kann der Zuschlag aber deutlich höher ausfallen – bis zu +40%.

Zielszenario -30%: Nur mit Abgabeveriante 4 kann Ziel erreicht werden

Mit der Abgabeveriante 4, also einer Brennstoffabgabe von 336 CHF/t CO₂ und einer Treibstoffabgabe von 112 CHF/t CO₂, kann das Ziel von -30% erreicht, gar übertroffen werden. Bei der Abgabeveriante 3 (240 bzw. 56 CHF/ tCO₂) wird das -30%-Ziel knapp verfehlt. Bei den beiden Varianten ohne Treibstoffabgabe (Abgabeveriante 1 und Abgabeveriante 2) wird das Reduktionsziel mehr oder weniger deutlich verfehlt.

Zielszenario -40%: Mit keiner der Abgabeverarianten 1 bis 4 kann Ziel erreicht werden

Wird bis ins Jahr 2030 eine CO₂-Reduktion von -40% gegenüber 1990 angestrebt, kann mit keiner der vier Abgabeveriante das Ziel erreicht werden.

Werden die Ziele durch die Abgaben nicht erreicht, sind je nach Grad der Zielerreichung ergänzende regulatorische Massnahmen mit unterschiedlich hoher Eingriffstiefe notwendig.

Anstelle von ergänzenden regulatorischen Massnahmen kann auch mit einer entsprechenden Erhöhung der CO₂-Abgabe das CO₂-Ziel erreicht werden. Mit einer uniformen CO₂-Abgabe auf Brenn- und Treibstoffe von rund 310 CHF/t CO₂ könnte das -40%-Ziel per 2030 erreicht werden.

Wohlfahrtsverluste eines Lenkungssystems liegen unter 0.5%

Je höher die CO₂-Abgabe, desto höher die Zielerreichung und desto höher die Wohlfahrtsverluste (ohne Berücksichtigung von Klimaschäden, atomaren Risiken und Sekundärnutzen). Bis ins Jahr 2030 bleiben die Wohlfahrtsverluste auch bei einer CO₂-Minderung von 40% über eine zielerreichende, uniforme CO₂-Abgabe gegenüber 1990 bei maximal rund 0.35%, d.h. das Wohlfahrtsniveau liegt im Jahr 2030 beim Zielszenario -40% i.Vgl. zum Szenario WWB um 0.35% tiefer. Diese Wohlfahrtsverluste gelten allerdings nur bei einem Lenkungssystem. Bei einem Fördersystem bzw. stark auf regulatorischen Massnahmen basierenden System werden die Wohlfahrtsverluste höher ausfallen.

Lenkungssystem kann im Gegensatz zur regulatorischen Massnahmen sozialverträglich ausgestaltet werden

Die meisten regulatorischen Eingriffe oder Effizienzstandards wie auch die CO₂- und Stromabgaben wirken regressiv – sie belasten die Ärmern relativ stärker. Bei der CO₂- und Stromabgabe – also bei einem Lenkungssystem – kann diese regressive Wirkung über die progressiv wirkende pro-Kopf-Rückverteilung kompensiert werden.

Räumliche Verteilungseffekte halten sich in Grenzen

Die **Wirtschaftsstruktur** der Kantone unterscheidet sich relativ stark. Da die einzelnen Wirtschaftssektoren vom Klima- und Lenkungssystem unterschiedlich betroffen sind, ergeben sich unterschiedliche Belastungen der Wirtschaft in den einzelnen Kantonen. Die Unterschiede in der Betroffenheit zwischen den Kantonen halten sich aber in Grenzen: Die durchschnittlichen kantonalen Outputverlusten schwanken zwischen -1.7% bis -0.7%. Auch bei der Belastung der **Haushalte** ergeben sich kantonale Unterschiede (periphere, exponierte Lagen usw.). Die jährlichen kantonalen Mehr- bzw. Minderbelastungen gegenüber dem Schweizer Durchschnittshaushalt halten sich aber mit rund +/- 30 CHF/Kopf in Grenzen.

Unsicherheiten zum künftigen technischen Fortschritt haben den grössten Einfluss auf Wohlfahrt und Zielerreichung

Die Unsicherheiten beim Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum haben einen deutlich geringeren Einfluss auf die Wohlfahrtseffekte bzw. auf die Zielerreichung eines Klima- und Lenkungssystems als die Unsicherheiten in Bezug auf den technischen Fortschritt. Unterschiedliche Annahmen zur Entwicklung des technischen Fortschritts (jährlich +/- 0.5%) zeigen die grössten Auswirkungen: Bei einem hohen technischen Fortschritt kann das -30%-Ziel mit allen vier Abgabevarianten erreicht werden. Das -40%-Ziel kann allerdings auch bei optimistischen Annahmen zum technischen Fortschritt nur mit der Abgabevariante 4 ganz knapp erreicht werden. Liegt der technische Fortschritt unter den Erwartungen, kann selbst das -30%-Ziel nur noch mit der Abgabevariante 4 erreicht werden. Der technische Fortschritt hat auch einen massgeblichen Effekt auf die Wohlfahrtsverluste. Ein tiefer technischer Fortschritt führt zu grösseren Wohlfahrtsverlusten bei der Umsetzung eines Klima- und Energielenkungssystems. Allerdings bleiben die Wohlfahrtsverluste immer unter 1%.

Inhaltsverzeichnis

Das Wichtigste auf zwei Seiten.....	2
Inhaltsverzeichnis	4
Abkürzungsverzeichnis	6
Glossar	7
Kurzfassung.....	9
1 Ausgangslage und Fragestellung	19
1.1 Ausgangslage.....	19
1.2 Ziel und Fragestellung der vorliegenden Studie	19
2 Energie- und klimapolitische Zielvorgaben und Szenarien	20
3 Das Gleichgewichtsmodell im Überblick.....	29
4 Ziellücken unterschiedlich hoher CO₂-Abgaben	40
4.1 Ziellücken bei unterschiedlich hohen Abgaben.....	40
4.2 Abgabeaufkommen und Rückverteilung	43
4.3 Volkswirtschaftliche Auswirkungen unterschiedlich hoher Abgaben und verbleibender Handlungsbedarf	47
4.3.1 Notwendige Abgabehöhe zur Erreichung der Ziele	47
4.3.2 Auswirkungen auf die Wohlfahrt	48
4.3.3 Auswirkungen auf BIP, Beschäftigung und Konsum	51
4.4 Auswirkungen einer Anpassung beim Rückverteilungssystem	52
4.5 Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Ziellückenschliessung.....	55
5 Soziale und räumliche Verteilungswirkungen	58
5.1 Soziale Verteilungswirkungen	58
5.2 Räumliche Verteilungswirkungen.....	62
5.2.1 Wirtschaft	62
5.2.2 Haushalte	65
6 Einfluss des technischen Fortschritts	70
6.1 Einleitung / historische Analyse / Sensitivitätsszenarien	70
6.2 Auswirkungen eines höheren und tieferen technischen Fortschritts auf die Ziellücken	78

6.3	Volkswirtschaftliche Auswirkungen eines höheren und tieferen technischen Fortschritts.....	81
6.3.1	Notwendige Abgabehöhe zur Erreichung der Ziele bei unterschiedlichem technischen Fortschritt	81
6.3.2	Auswirkungen eines unterschiedlichen technischen Fortschritts auf Wohlfahrt, BIP und Beschäftigung	82
7	Einfluss des Wirtschafts- und Bevölkerungswachstums	87
7.1	Einleitung / Sensitivitätsszenarien	87
7.2	Auswirkungen eines höheren Bevölkerungs- und BIP-Wachstums auf die Ziellücken	92
7.3	Volkswirtschaftliche Auswirkungen eines höheren und tieferen Bevölkerungs- und BIP-Wachstums.....	96
7.3.1	Notwendige Abgabehöhe zur Erreichung der Ziele bei unterschiedlichem Bevölkerungs- und BIP-Wachstum	96
7.3.2	Auswirkungen eines unterschiedlichen Bevölkerungs- und BIP-Wachstums auf Wohlfahrt, BIP und Beschäftigung	97
8	Einfluss der Modellannahmen	102
9	Anhang A: Modell, Daten und Parametrisierung	108
9.1	Einleitung.....	108
9.2	SWISSGEM_E – Gleichgewichtsmodell zur Analyse energie- und klimapolitischer Massnahmen.....	111
9.3	Daten.....	125
10	Anhang B: Tanktourismus	126
10.1	Tanktourismus in den Szenarien der Energiestrategie 2050	126
10.2	Tanktourismus gemäss Infrac/CEPE (2010).....	127
10.2.1	Definition von Tanktourismus.....	127
10.2.2	Tanktourismus – Resultate aus einer Befragung von Tankstellenbetreibern	127
10.2.3	Tanktourismus – Resultate aus einer ökonomischen Abschätzung des Tanktourismus anhand des Tankstellenabsatzes	128
10.2.4	Tanktourismus – Resultate aus einer bottom-up-Schätzung anhand des alpen- und grenzquerenden Personenverkehrs 2007.....	130
10.3	Tanktourismus – eigener bottom-up-Ansatz	132
10.3.1	Bottom-up-Schätzung für das Jahr 2007 – tiefe Treibstoffpreise im Inland.....	132
10.3.2	Bottom-up-Schätzung für das Jahr 2007 – tiefe Treibstoffpreise im Ausland	134
10.3.3	Bottom-up-Schätzung für das Jahr 2007 – höhere Treibstoffpreise in der Schweiz aufgrund einer CO ₂ -Abgabe auf Treibstoffen	139
10.4	Projektion 2030	141
10.5	Anhang: Detailtabellen	144
	Literaturverzeichnis	154

Abkürzungsverzeichnis

AEEI	Autonomous Energy Efficiency Improvement
AHV	Alters- und Hinterlassenenversicherung
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BFE	Bundesamt für Energie
BIP	Bruttoinlandprodukt
C&E	Stromangebotsvariante der Energieperspektiven, welche auf zusätzliche GuD und erneuerbare Stromproduktion setzt
CES	Constant Elasticity of Substitution
CHF	Schweizer Franken
CO ₂	Kohlendioxid
EBF	Energiebezugsfläche
EFD	Eidgenössisches Finanzdepartement
EFV	Eidgenössische Finanzverwaltung
ESTV	Eidgenössische Steuerverwaltung
EU	Europäische Union
EU ETS	EU Emission Trading Scheme
EUR	Euro
ETS	Emissionshandelssystem
GJ	Gigajoule
GuD	Gas Kombikraftwerk
HH	Haushalte
IOT	Input-Output-Tabelle
KEV	Kostendeckende Einspeisevergütung
KLEM	Kapital - Labor (Arbeit) – Energie - Material (Vorleistungen)
KVA	Kehrichtverbrennungsanlage
Mio.	Millionen
MIV	Motorisierter Individualverkehr
Mrd.	Milliarden
NEP	Szenario "Neue Energiepolitik"
NOGA	Nomenclature Générale des Activités économiques
POM	Szenario „Politische Massnahmen“
t	Tonne
TJ	Terajoule
TWh	Terawattstunde
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
VV	Verminderungsverpflichtung
WKK	Wärme-Kraft-Kopplung
WWB	Referenzszenario „Weiter wie bisher“
ZV	Zielvereinbarung

Glossar

CO ₂ -Emissionen	Der vorliegende Bericht konzentriert sich auf die energiebedingten CO ₂ -Emissionen. Die energiebedingten CO ₂ -Emissionen betragen in der Schweiz knapp 80 Prozent der gesamten Treibhausgasemissionen. Bei den energiebedingten CO ₂ -Emissionen handelt es sich überwiegend um die bei der Verbrennung von fossilen Brenn- und Treibstoffen entstehenden CO ₂ -Emissionen.
Elastizität	Verhältnis der relativen Änderung einer Grösse zu der sie verursachenden relativen Änderung einer anderen Grösse. Elastizitäten werden in der Wirtschaftstheorie verwendet, um Beziehungen zwischen Mengen und Preisen zu beschreiben.
Emissionshandel	Beim Aufbau eines Emissionshandelssystems wird zuerst eine Emissionsgrenze für das gesamte System definiert. Anschliessend werden die Emissionsrechte an die Teilnehmer des Emissionshandels verteilt oder versteigert. Damit erhalten Emissionen einen Preis. Emittiert ein Unternehmen mehr, als ihm Emissionsrechte zugeteilt wurden, muss es auf dem Markt zusätzliche Emissionsrechte erwerben. Emittiert es weniger, kann es die überzähligen Emissionsrechte verkaufen. Unternehmen, deren Reduktionskosten niedriger sind als der Preis für zusätzliche Emissionsrechte, werden ihre Emissionen im eigenen Unternehmen reduzieren. Firmen mit hohen Reduktionskosten werden zusätzliche Emissionsrechte erwerben. Durch den Emissionshandel wird daher sichergestellt, dass die Emissionsreduktion dort erfolgt, wo dies am kostengünstigsten möglich ist.
Externe Effekte	Externe Effekte stellen Interdependenzen zwischen ökonomischen Aktivitäten verschiedener Wirtschaftssubjekte dar, die nicht über marktmässige Austauschbeziehungen vermittelt werden und sich deshalb nicht im Preissystem niederschlagen.
Faktoreinkommen	Das Faktoreinkommen umfasst das den Produktionsfaktoren aus der Beteiligung am Produktionsprozess zufließende Entgelt, wie z.B. Arbeits- und Kapitaleinkommen in Form von Löhnen, Gehältern, Zinsen, Gewinnanteilen.
Grenzvermeidungskosten	Die Grenzvermeidungskosten drücken aus, wie viel die Vermeidung oder Reduktion einer zusätzlichen Tonne CO ₂ kostet. Sie unterscheiden sich je nach Massnahme und Weltregion erheblich.
Lenkungsabgabe	Im Gegensatz zu einer Steuer verfolgt der Staat mit der Erhebung einer Lenkungsabgabe nicht das Ziel, zusätzliche Einnahmen zu generieren. Mit der Erhebung einer Lenkungsabgabe wird der Preis eines unerwünschten Verhaltens verteuert. Damit schafft der Staat für die Abgabepflichtigen einen Anreiz, dieses unerwünschte Verhalten einzustellen oder zu verringern.
Vorleistungen	Vorleistungen, die auch als intermediäre Güter bezeichnet werden, umfassen sämtliche Waren und Dienstleistungen, die im Zuge der Produktion verbraucht werden.
Zusatzlast	Durch eine Besteuerung entstehen bei einem Wirtschaftssubjekt ausser der Steuerlast weitere (negative) Nutzen- bzw. Wohlfahrtseffekte, die als Zusatzlast, deadweight loss oder excess burden bezeichnet werden. Beispielsweise bei der Verbrauchsbesteuerung trägt der Nachfrager bei angenommener Überwälzung nicht nur teilweise die Steuerlast, sondern er muss wegen veränderter Preisrelationen seine Konsumstruktur anpassen, was typischerweise einen Wohlfahrtsverlust auslöst.

Quellen: UVEK (2007), Klimabericht, Bericht des UVEK über die zukünftige Klimapolitik der Schweiz. Gabler Wirtschaftslexikon (1988).

Kurzfassung

Ausgangslage

Der Bundesrat hat mit Entscheid vom 21.5.2014 das EFD und das UVEK beauftragt, bis Anfang 2015 eine Vernehmlassungsvorlage zur Konkretisierung eines Klima- und Energielenkungssystems auszuarbeiten. Das für die zweite Etappe der Energiestrategie 2050 vorgesehene Lenkungssystem ab 2021 soll primär auf Energie- und Klimaabgaben basieren und in der Bundesverfassung verankert werden.

Ziel der vorliegenden Studie ist die Klärung verschiedener Fragen zur Ausgestaltung des 2021 einzuführenden Lenkungssystems. Das sind Fragen zur Ausgestaltung der Abgabe und der Rückverteilung, aber auch Fragen zum Einfluss der künftigen, noch unsicheren Entwicklung und deren Konsequenzen für das Lenkungssystem. Konkret werden folgende Ziele verfolgt:

- Analyse der volkswirtschaftlichen Konsequenzen verschiedener Abgabevarianten (mit unterschiedlicher Höhe für die CO₂-Abgaben und entsprechend unterschiedlichem Niveau der CO₂-Emissionen)
- Vergleich der mittels der Abgabevarianten erreichten CO₂-Zielminderung mit den vorgegebenen CO₂-Zielen und Aufzeigen der Ziellücken

Für die Untersuchung dieser Fragestellung wurde das berechenbare Gleichgewichtsmodell SWISSGEM_E eingesetzt (vgl. nachfolgenden Exkurs).

Exkurs: SWISSGEM_E – ein berechenbares Gleichgewichtsmodell für die Schweiz

Das berechenbare Einländer-Gleichgewichtsmodell für die Schweiz basiert auf der Input-Output-Tabelle 2008, kalibriert auf die unterstellte Rahmenentwicklung gemäss Energiestrategie 2050 und die Referenzentwicklung „Weiter wie bisher“ gemäss den Resultaten der bottom-up-Modelle. Das Gleichgewichtsmodell unterscheidet 62 Wirtschaftssektoren und 15 verschiedene Haushaltstypen. Zentral ist die Erfassung des gesamten Schweizer Steuersystems, so dass die Vorteile der Rückverteilung von CO₂- und Stromabgaben adäquat erfasst werden können.

Die Ergebnisse der Simulationen zu den Auswirkungen eines Klima- und Energielenkungssystems mit dem berechenbaren Gleichgewichtsmodell SWISSGEM_E sind nicht als Prognose zu verstehen, sondern sind „Wenn-dann-Analysen“.

Zwei Zielszenarien

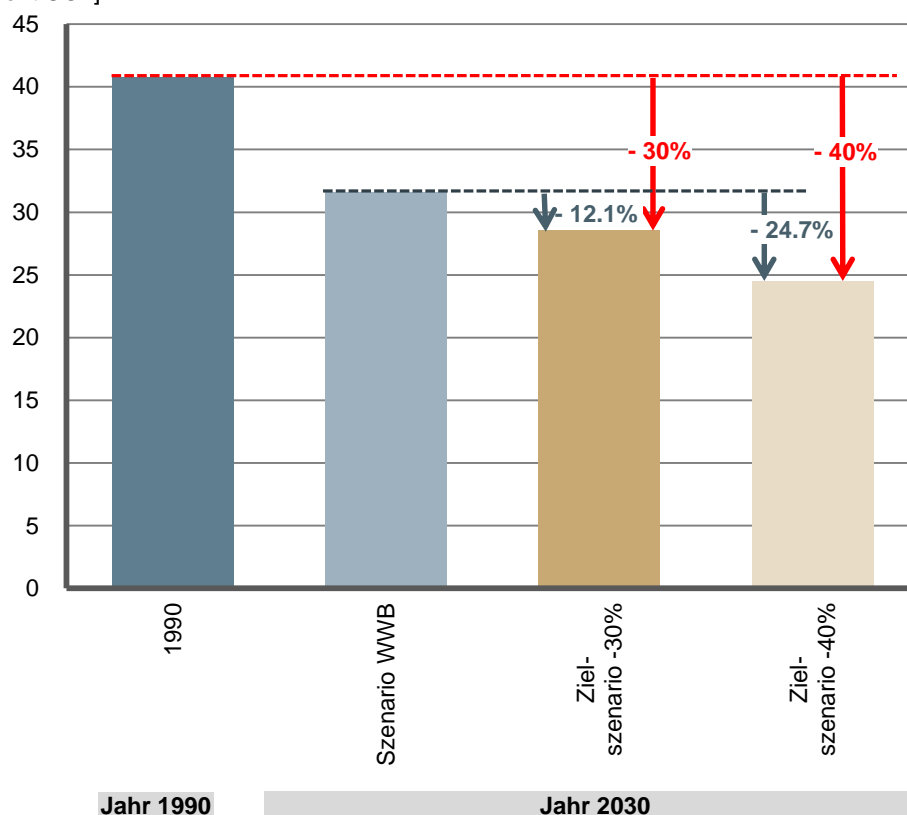
Die beiden Zielszenarien unterscheiden sich in Bezug auf die Reduktionsziele beim CO₂. Für beide Szenarien gelten dieselben Stromziele gemäss Energiestrategie des Bundesrats:

- **Zielszenario -30%:** In diesem Szenario sollen die energiebedingten CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2030 im Vergleich zu 1990 um 30% gesenkt werden. In der Referenzentwicklung WWB wird dank des technischen Fortschritts von einem Rückgang der energiebedingten CO₂-Emissionen um 22.5% ausgegangen. Zusätzlich zum Referenzszenario „Weiter wie bisher“ (WWB) müssen im Zielszenario -30% die energiebedingten CO₂-Emissionen noch um 12.1% reduziert werden.
- **Zielszenario -40%:** In diesem Szenario sollen die energiebedingten CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2030 im Vergleich zu 1990 um 40% gesenkt werden. Diese Zielsetzung entspricht einer Reduktion aller Treibhausgase um 30% und ist konsistent mit den Energieverbrauchszielen gemäss Entwurf des Energiegesetzes vom 4. September 2013. Der Bundesrat schlägt mit dem vorgeschlagenen Art. 3, Abs. 1 im Rahmen der zur Diskussion gestellten Revision des Energiegesetzes eine Senkung des durchschnittlichen Energieverbrauchs pro Person vor: „Beim durchschnittlichen Energieverbrauch pro Person und Jahr ist gegenüber dem Stand im Jahr 2000 eine Senkung um 16 Prozent bis zum Jahr 2020 und eine Senkung um 43 Prozent bis zum Jahr 2035 anzustreben.“ Wird das Energieverbrauchsziel auf energiebedingte CO₂-Emissionen und das Jahr 2030 umgerechnet, entspricht dies einer CO₂-Minderung im Vergleich zum Jahr 1990 um rund 40%. Bezogen auf das Referenzszenario WWB müssen im Zielszenario -40% die CO₂-Emissionen um 24.7% reduziert werden.

Abbildung 1: Vorgaben für die Reduktion der CO₂-Emissionen und der Stromnachfrage [in %]

	Minderungsziele i.Vgl. zu 1990		Minderungsziele i.Vgl. zu WWB	
	CO ₂ -Ziel	Stromziel	CO ₂ -Ziel	Stromziel
Zielszenario -30%	-30%	-10%	-12.1%	-10.8%
Zielszenario -40%	-40%	-10%	-24.7%	-10.8%

CO₂-Emissionen
[Mio. t CO₂]



Die vier Abgabevarianten

Es werden vier verschiedene Varianten einer CO₂-Abgabe auf ihren Zielerreichungsgrad untersucht (vgl. nachfolgende Abbildung):

- **Abgabevariante 1:** In dieser Variante steigt die CO₂-Abgabe auf Brennstoffe bis ins Jahr 2030 auf 168 CHF/t CO₂. Eine Abgabe auf Treibstoffe wird nicht eingeführt.
- **Abgabevariante 2:** Die CO₂-Abgabe auf Brennstoffe steigt bis 2030 auf 240 CHF/t CO₂. Auf eine Abgabe auf Treibstoffe wird verzichtet.

- **Abgabevariante 3:** Die CO₂-Abgabe auf Brennstoffe entspricht derjenigen in Abgabevariante 2. Zusätzlich wird eine CO₂-Abgabe auf Treibstoffe erhoben, die auf 56 CHF/t CO₂ im Jahr 2030 steigt.
- **Abgabevariante 4:** Die CO₂-Abgabe auf Brennstoffe steigt bis 2030 auf 336 CHF/t CO₂. Die Treibstoffe werden bis ins Jahr 2030 mit 112 CHF/t CO₂ belastet.

Abbildung 2: Klima- und energiepolitische Instrumente im Szenario WWB und den vier Varianten

Massnahmen	WWB	Abgabe- variante 1	Abgabe- variante 2	Abgabe- variante 3	Abgabe- variante 4
CO2-Abgabe auf Brennstoffe	72 CHF/t CO2	2021: 96 2030: 168	2021: 120 2030: 240	2021: 120 2030: 240	2021: 120 2030: 336
CO2-Abgabe auf Treibstoffe	0 CHF/t CO2	0	0	2021: 5.6 2030: 56.0	2021: 11.2 2030: 112.0
Stromabgabe	Netzzuschlag von 2.3 Rp./kWh	uniforme Abgabe auf dem Stromverbrauch (endogen berechnet für ein für alle Abgabevarianten gleiches Stromverbrauchsziel)			
Subventionen Gebäudeprogramm	200 Mio. CHF/a	Gebäudeprogramm wird nur bis 2025 weitergeführt, ab 2025 werden keine Subventionen mehr gewährt			
Ausnahmeregelung bei CO2- und Stromabgabe	gemäss heutiger Regelung CO2 und Strom (PI 12.400)				
Rückverteilung der CO2- und Stromabgabe	an Haushalte (pro Kopf) und Wirtschaft (gemäss AHV-Lohnsumme), Anteile gemäss jeweiligen Einnahmen nach Abzug von Aufwendungen für Gebäudeprogramm, Netzzuschlag, Kompensation Treibstoffsteuern, Einnahme aus der Auktionierung im ETS-System werden ebenfalls rückverteilt (Arbeitshypothese für das Jahr 2030, Aufwendungen für das Gebäudeprogramm für die Abgabevarianten 1 bis 4 nur bis 2025)				
Zielvereinbarung	Zielvereinbarungen wirken (Vermeidungskosten in den Sektoren mit Zielvereinbarung in der Höhe von 50% der CO2-Abgabe)				
Stromangebot	Stromvariante C&E (planmässiger Ausstieg aus der Kernenergie, Ausbau der erneuerbaren Stromproduktion mittels KEV und erdgasbetriebenen GuD)				
Treibstoffe	Senkung der CO2-Emissionen von Neuwagen von 130 g/km bis 2015 auf 95 g/km bis 2030, kein breiter Einsatz von biogenen Treibstoffen				

Nachfolgend zeigen wir die zusätzlichen Auswirkungen der Erhöhung der CO₂-Abgabe und der höheren Belastung auf Strom im Vergleich zum Szenario WWB für das **Jahr 2030**. Für die Sektoren im Emissionshandelssystem (ETS) wurde unterstellt, dass die Minderungsziele entsprechend den vorgegebenen Reduktionszielen der Zielszenarien -30% bzw. -40% ebenfalls entsprechend verschärft werden. Die Auswirkungen werden immer im Vergleich zum Szenario WWB (Weiter wie bisher) ausgewiesen. Das Szenario WWB enthält bereits einige Verschärfungen zu den bereits heute in Kraft gesetzten Massnahmen (vgl. obige Abbildung). Es werden also einzig die Zusatzeffekte zum Szenario WWB ausgewiesen.

Ziellücken und volkswirtschaftliche Auswirkungen der vorgeschlagenen Varianten des Energielenkungssystems

Bereits im Szenario WWB grosse CO₂-Emissions-Minderung bis 2030

Die Fortführung der heute geltenden Massnahmen, der autonome technische Fortschritt sowie der Strukturwandel bringen gemäss Modellrechnungen von prognos (2012) zwischen 1990 bis 2030 bereits eine CO₂-Emissionsreduktion von rund 23% i.Vgl. zum Jahr 1990 (vgl. Abbildung 1).

Zielszenario -30%: Nur mit Abgabevariante 4 kann Ziel erreicht werden

Mit der Abgabevariante 4, also einer Brennstoffabgabe von 336 CHF/t CO₂ und einer Treibstoffabgabe von 112 CHF/t CO₂, kann das Ziel von -30% erreicht, gar übertroffen werden (vgl. Abbildung 3). Bei der Abgabevariante 3 (240 bzw. 56 CHF/ tCO₂) wird das -30%-Ziel knapp verfehlt. Bei den beiden Varianten ohne Treibstoffabgabe (Abgabevariante 1 und Abgabevariante 2) wird das Reduktionsziel mehr oder weniger deutlich verfehlt.

Die Abgabevariante 2 hat mit 240 CHF/t CO₂ eine doch schon spürbare Abgabe auf Brennstoffen. Allerdings nimmt bis 2030 der fossile Brennstoffeinsatz bereits aufgrund des unterstellten technischen Fortschritts und der bestehenden Massnahmen drastisch ab – deutlich stärker als der Treibstoffeinsatz. Im Szenario WWB beträgt der Anteil der CO₂-Emissionen aus Brennstoffen im Nicht-ETS-Bereich nur noch 45%, die restlichen 55% fallen auf CO₂-Emissionen aus Treibstoffen. Die „Steuerbasis“ für die Treibstoffabgabe ist somit im Jahre 2030 deutlich grösser als diejenige für die Brennstoffabgabe. Dies ist einer der Gründe, wieso die Ziele trotz spürbarer CO₂-Abgabe auf Brennstoffe ohne CO₂-Abgabe auf Treibstoffe nicht erreicht werden.

Zielszenario -40%: Mit keiner der Abgabevarianten 1 bis 4 kann Ziel erreicht werden

Wird bis ins Jahr 2030 eine CO₂-Reduktion von -40% gegenüber 1990 angestrebt, kann mit keiner der vier Abgabevariante das Ziel erreicht werden (vgl. Abbildung 4).

Werden die Ziele durch die Abgaben nicht erreicht, sind je nach Grad der Zielerreichung ergänzende regulatorische Massnahmen mit unterschiedlich hoher Eingriffstiefe notwendig. Anstelle von ergänzenden regulatorischen Massnahmen kann auch mit einer entsprechenden Erhöhung der CO₂-Abgabe das CO₂-Ziel erreicht werden.

Notwendige uniforme Abgabehöhe für -30%-Ziel: CO₂-Abgabe von 134 CHF/t CO₂

Mit einer uniformen CO₂-Abgabe auf Brenn- und Treibstoffe von rund 134 CHF/t CO₂ könnte bei gegebenen Annahmen das -30%-Ziel per 2030 erreicht werden. Die Stromabgabe berechnet sich auf knapp 5 Rp./kWh (inkl. Netzzuschlag von 2.3 Rp./kWh), was einem Zuschlag von rund 20% auf dem Strompreis für Haushalte entspricht. Zu beachten ist, dass der relative Zuschlag für grössere, nicht von der Stromabgabe befreite Stromkonsumenten in Industrie, Dienstleistung und Gewerbe deutlich höher ist, da diese teilweise deutlich tiefere Strompreise haben als die Haushalte. Der relative Zuschlag kann für einzelne Industriebetriebe in Gebieten mit niedrigen Strompreisen doppelt so hoch ausfallen wie für den durchschnittlichen Schweizer Haushalt.

Abbildung 3: Volkswirtschaftliche Auswirkungen unterschiedlich hoher Abgaben und verbleibende Zielerreichungslücke im Vergleich zum Szenario WWB: Zielszenario - 30%, Jahr 2030

Anmerkung: Die zusätzlichen volkswirtschaftlichen Kosten zur Erreichung der Ziele über strengere Vorschriften sind nicht enthalten, d.h. es werden nur die Kosten der Abgaben ermittelt.			Zielszenario -30%, Jahr 2030				
			WWB	Abgabe-variante 1	Abgabe-variante 2	Abgabe-variante 3	Abgabe-variante 4
CO2- und Stromabgaben							
CO2-Abgabe auf Brennstoffe	CHF/t CO2	72	168	240	240	336	134
"	CHF/l HEL	0.19	0.44	0.63	0.63	0.89	0.32
CO2-Abgabe auf Treibstoffe	CHF/t CO2	0	0	0	56	112	134
"	CHF/l Benzin	0	0	0	0.13	0.27	0.35
Stromabgabe	in % durchschn. Haushaltstrompreis	10%	21%	21%	20%	20%	20%
	Rp./kWh	2.3	4.8	4.8	4.7	4.7	4.5
Ziellücke Non-ETS-Bereich i.Vgl. zu WWB (inkl. Sektoren mit Zielvereinbarungen)							
Ziellücke	Mio. t CO2	3.0	1.9	1.3	0.2	-1.4	0.0
"	in %	100%	63%	43%	6%	-45%	0%
Auswirkungen auf Wohlfahrt und Konsum i.Vgl. zum WWB							
Wohlfahrt (exkl. Klima- und Sekundärnutzen)	Δ % WWB		-0.08 %	-0.10 %	-0.14 %	-0.22 %	-0.14 %
Konsum	Δ % WWB		-0.2 %	-0.3 %	-0.4 %	-0.6 %	-0.4 %
Auswirkungen auf BIP und Beschäftigung i.Vgl. zum WWB							
BIP	Δ % WWB		-0.3 %	-0.4 %	-0.6 %	-0.9 %	-0.6 %
Beschäftigung	Δ % WWB		-0.07 %	-0.1 %	-0.2 %	-0.3 %	-0.2 %
Auswirkungen auf Aussenhandel i.Vgl. zum WWB							
Exporte	Δ % WWB		-0.6 %	-0.7 %	-1.0 %	-1.4 %	-1.2 %
Importe	Δ % WWB		-0.5 %	-0.6 %	-0.9 %	-1.3 %	-1.2 %

Abbildung 4: Volkswirtschaftliche Auswirkungen unterschiedlich hoher Abgaben und verbleibende Zielerreichungslücke im Vergleich zum Szenario WWB: Zielszenario - 40%, Jahr 2030

Anmerkung: Die zusätzlichen volkswirtschaftlichen Kosten zur Erreichung der Ziele über strengere Vorschriften sind nicht enthalten, d.h. es werden nur die Kosten der Abgaben ermittelt.			Zielszenario -40%, Jahr 2030					
			WWB	Abgabe-variante 1	Abgabe-variante 2	Abgabe-variante 3	Abgabe-variante 4	Uniforme Abgabe
CO2- und Stromabgaben								
CO2-Abgabe auf Brennstoffe	CHF/t CO2	72	168	240	240	336	309	
"	CHF/l HEL	0.19	0.44	0.63	0.63	0.89	0.81	
CO2-Abgabe auf Treibstoffe	CHF/t CO2	0	0	0	56	112	309	
"	CHF/l Benzin	0	0	0	0.13	0.27	0.73	
Stromabgabe	in % durchschn. Haushaltstrompreis	10%	20%	20%	20%	19%	19%	
	Rp./kWh	2.3	4.6	4.5	4.5	4.3	4.3	
Ziellücke Non-ETS-Bereich i.Vgl. zu WWB (inkl. Sektoren mit Zielvereinbarungen)								
Ziellücke	Mio. t CO2	6.3	5.1	4.5	3.4	1.8	0.0	
"	in %	100% ❌	82% ❌	72% ❌	54% ❌	29% ❌	0% ✅	
Auswirkungen auf Wohlfahrt und Konsum i.Vgl. zum WWB								
Wohlfahrt (exkl. Klima- und Sekundärnutzen)	Δ % WWB		-0.10 %	-0.13 %	-0.16 %	-0.24 %	-0.35 %	
Konsum	Δ % WWB		-0.2 %	-0.3 %	-0.4 %	-0.6 %	-0.9 %	
Auswirkungen auf BIP und Beschäftigung i.Vgl. zum WWB								
BIP	Δ % WWB		-0.3 %	-0.4 %	-0.6 %	-0.9 %	-1.3 %	
Beschäftigung	Δ % WWB		-0.08 %	-0.1 %	-0.2 %	-0.3 %	-0.5 %	
Auswirkungen auf Aussenhandel i.Vgl. zum WWB								
Exporte	Δ % WWB		-0.5 %	-0.7 %	-1.0 %	-1.4 %	-2.1 %	
Importe	Δ % WWB		-0.5 %	-0.6 %	-0.9 %	-1.3 %	-2.0 %	

Notwendige uniforme Abgabehöhe für -40%-Ziel: CO₂-Abgabe von 309 CHF/t CO₂

Wird das CO₂-Ziel auf -40% verschärft, wäre eine deutlich höhere CO₂-Abgabe auf Brenn- und Treibstoffen von 309 CHF/t CO₂ notwendig. Die Stromabgabe würde weiterhin unter 5 Rp./kWh bleiben. Eine Substitution hin zu vermehrten Elektrizitätsverbrauch findet zwar statt, diesem wirkt allerdings der durch die CO₂-Abgabe ausgelöste Strukturwandel und die geringere Wirtschaftstätigkeit entgegen.

Wohlfahrtsverluste eines Lenkungssystems liegen unter 0.5%

Je höher die CO₂-Abgabe desto höher die Zielerreichung und desto höher die Wohlfahrtsverluste (vgl. Abbildung 3 bzw. Abbildung 4, die Berechnung der Wohlfahrtswirkungen erfolgt ohne Berücksichtigung von Klimaschäden, atomare Risiken und Sekundärnutzen). Bis ins Jahr 2030 bleiben die Wohlfahrtsverluste auch bei einer CO₂-Minderung von 40% über eine zielerreichende, uniforme CO₂-Abgabe gegenüber 1990 bei maximal rund 0.35%, d.h. das Wohlfahrtsniveau liegt im Jahr 2030 beim Zielszenario -40% i.Vgl. zum Szenario WWB um 0.35% tiefer. Diese Wohlfahrtsverluste gelten allerdings nur bei einem Lenkungssystem. Bei einem Fördersystem bzw. stark auf regulatorischen Massnahmen basierenden System werden die Wohlfahrtsverluste höher ausfallen.

Soziale Verteilungseffekte**Verteilungswirkung der „Lenkungskomponenten“ (Abgabe und Rückverteilung)**

Trotz generellem Wohlfahrtsverlust kann für die ärmsten Familienhaushalte mit Kindern mit einem Wohlfahrtsgewinn gerechnet werden. Die CO₂-Abgabe selber wird sich regressiv auswirken, belastet also die ärmeren Haushalte prozentual stärker als die reichsten Haushalte. Positiv auf die ärmeren Familienhaushalte wirkt sich hingegen die Pro-Kopf-Rückverteilung der CO₂- und Stromabgaben aus. Am stärksten negativ betroffen sind die Rentner, da sie nicht wie die Erwerbstätigen indirekt von der Rückverteilung über die AHV-Lohnsumme profitieren können.

Verteilungswirkung einer Ziellückenschliessung mittels Standards

Wie und welche Massnahmen zur Ziellückenschliessung zusätzlich einzusetzen sind, ist noch nicht klar. Beispielhaft haben wir die Verteilungswirkungen einer exogen vorgegebenen Verschärfung bei den Gebäudestandards sowie eines Systems mit Standards¹ in den übrigen

¹ In den übrigen Sektoren werden die Standards soweit angehoben, bis die gesteckten Ziele erreicht werden. Die Standards werden dabei schrittweise in allen übrigen Sektoren bis zur Zielerreichung erhöht. Weiter wird unterstellt, dass in den übrigen Sektoren die Standards so gesetzt werden, dass in den übrigen Sektoren dieselben Grenzvermeidungskosten erreicht werden. Dazu wird im Modell bei Über- oder Untererfüllung der Standards ein Handel zugelassen, der für einen Ausgleich der Grenzvermeidungskosten sorgt. Es wurde somit unterstellt, dass die Standards in den übrigen Sektoren „effizient“ gesetzt sind. Werden die Standards nicht „effizient“ gesetzt, was in der Praxis zu erwarten ist, würden sich höhere Wohlfahrtsverluste ergeben.

Sektoren grob abgeschätzt. Der Vergleich eines Lenkungssystems (abgabebasiertes System) mit einem System, das auf Standards setzt, zeigt Folgendes:

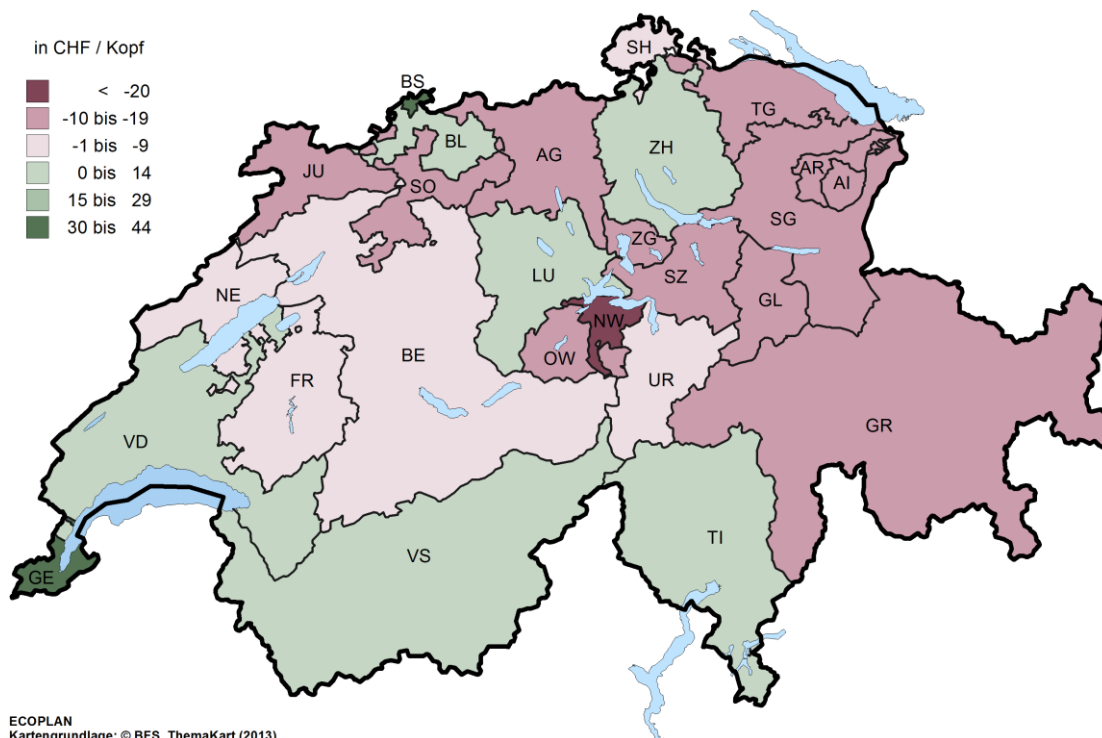
- Ein Lenkungssystem (uniforme Abgabe) weist für fast alle Haushaltgruppen geringere Wohlfahrtsverluste aus als ein stärker auf Effizienzstandards basierendes System, dessen Effizienzstandards nicht optimal gesetzt werden.
- Effizienzstandards und CO₂- und Stromabgaben wirken regressiv – belasten die Ärmern relativ stärker. Bei der CO₂- und Stromabgabe – also bei einem Lenkungssystem – kann diese regressive Wirkung über die progressiv wirkende Rückverteilung kompensiert werden.
- Je höher der Anteil der Standards zur Zielerreichung, desto stärker werden die Ärmern belastet.
- Je höher der Anteil der Strom- und CO₂-Abgaben, desto stärker werden die Ärmern dank der Pro-Kopf-Rückverteilung entlastet.

Räumliche Verteilungseffekte

Die **Wirtschaftsstruktur** der Kantone unterscheidet sich relativ stark. Da die einzelnen Wirtschaftssektoren vom Klima- und Lenkungssystem unterschiedlich betroffen sind, ergeben sich unterschiedliche Belastungen der Wirtschaft in den einzelnen Kantonen. Die Unterschiede in der Betroffenheit zwischen den Kantonen halten sich aber in Grenzen. Die Outputeinbussen schwanken für die Abgabevariante 4 zwischen -1.7% (Kanton BS) und -0.7% (Kanton ZG).

Auch bei der Belastung der **Haushalte** ergeben sich kantonale Unterschiede: Haushalte in Lagen mit exponiertem Klima (bspw. in Alpenhochtälern) oder in peripheren Lagen, welche auf das Auto angewiesen sind, haben einen relativ höheren Brenn- oder Treibstoffbedarf. Für solche Haushalte ist die CO₂-Abgabe höher als die pro-Kopf-Rückverteilung. Die nachfolgende Abbildung zeigt, dass sich die Mehr- bzw. Minderbelastungen der kantonalen Durchschnittshaushalte im Vergleich zum Schweizer Durchschnittshaushalt nicht massiv unterscheiden: Die Durchschnittshaushalte von Basel-Stadt und Genf profitieren am meisten von einem Lenkungssystem (geringer Treibstoffverbrauch und Wohnfläche). Nidwalden gehört aufgrund des hohen Treibstoffverbrauchs zu den Verlierern eines Lenkungssystems, sofern eine Abgabe auf Treibstoffen eingeführt würde. Die jährlichen kantonalen Mehr- bzw. Minderbelastungen gegenüber dem Schweizer Durchschnittshaushalt halten sich aber mit rund +/- 30 CHF/Kopf in Grenzen.

Abbildung 5: Mehr- und Minderbelastung durch Abgabelast und Rückverteilung i. Vgl. zum Schweizer Durchschnittshaushalt (am Beispiel der Abgabevariante 4)



Unsicherheiten in Bezug auf die künftige Entwicklung und Modellannahmen

Über die künftige Bevölkerungsentwicklung, das Wirtschaftswachstum und zum technischen Fortschritt bestehen beträchtliche Unsicherheiten. Nachfolgend zeigen wir auf, welchen Einfluss ein höherer bzw. tieferer technischer Fortschritt, ein höheres Bevölkerungswachstum und ein tieferes Wirtschaftswachstum haben. Auch die unterstellten Modellannahmen werden einer kritischen Prüfung unterzogen.

Einfluss des technischen Fortschritts

Der technische Fortschritt hat einen sehr grossen Einfluss auf die Zielerreichung und die notwendige Höhe der Abgabe zur Erreichung der Ziele. Ein höherer technischer Fortschritt erleichtert die Zielerreichung, ein tieferer technischer Fortschritt erschwert sie.

Bei einem hohen technischen Fortschritt (+0.5%/Jahr höherer Energieeffizienzfortschritt gegenüber dem Szenario WWB) kann das -30%-Ziel bereits mit relativ niedrigen CO₂-Abgaben (Abgabevariante 1) erreicht werden. Allerdings reicht selbst bei hohem technischen Fortschritt die Abgabevariante 4 nur ganz knapp um das -40%-Ziel zu erreichen.

Bei einem tieferen technischen Fortschritt (-0.5%/Jahr gegenüber dem Szenario WWB) kann das -30%-Ziel nur noch mit der Abgabewariante 4 knapp erreicht werden. Die -40%-Ziele werden von allen Abgabewarianten 1 bis 4 relativ deutlich verfehlt.

Die notwendige Höhe einer uniformen CO₂-Abgabe zur Erreichung des -30%-Ziels liegt zwischen rund 50 (bei hohem technischen Fortschritt) bis 230 CHF/t CO₂ (bei tiefem technischem Fortschritt). Beim Zielszenario -40% liegt die notwendige CO₂-Abgabehöhe zwischen 200 bis 450 CHF/t CO₂. Die Stromabgabe berechnet sich je nach technischem Fortschritt auf 2.3 bis 9.0 Rp./kWh.

Der technische Fortschritt hat auch einen massgeblichen Effekt auf die Wohlfahrtsverluste. Ein tiefer technischer Fortschritt führt zu grösseren Wohlfahrtsverlusten bei der Umsetzung eines Klima- und Energielenkungssystems. Allerdings bleiben die Wohlfahrtsverluste immer unter 1%.

Einfluss des Wirtschafts- und Bevölkerungswachstums

Das Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum hat ebenfalls einen Einfluss auf die Zielerreichung und die volkswirtschaftlichen Auswirkungen eines Klima- und Energielenkungssystems. Wird ein als möglich betrachtetes höheres Bevölkerungswachstum oder ein tieferes Wirtschaftswachstum unterstellt, so sind die Auswirkungen jeweils deutlich geringer als jene des technischen Fortschritts. Ein zusätzliches Bevölkerungswachstum macht die Zielerreichung beim -40%-Ziel nur zudem nur dann schwieriger, wenn es als absolutes Ziel ausgelegt wird, und nicht wie in der zur Diskussion gestellten Revision des Energiegesetzes vom Energieverbrauchsziel pro Person abgeleitet wird.

Einfluss der Modellannahmen auf die Resultate

Das hier verwendete Modell ist ein stark vereinfachtes Abbild der Wirklichkeit ohne prognostischen Anspruch. Vielmehr geht es darum, szenarisch die Effekte von CO₂- und Stromabgaben aufzuzeigen. Diese Auswirkungen sind geprägt durch Annahmen zum Verhalten der Haushalte und Unternehmen. Die Parameter, welche dieses Verhalten umschreiben, können aus der vergangenen Entwicklung geschätzt werden. Diese Schätzungen unterliegen immer einer gewissen Bandbreite. Mit Hilfe einer umfassenden Sensitivitätsanalyse untersuchen wir den Einfluss von geänderten Modellannahmen. Die Sensitivitätsanalyse zeigt, dass die grösste Unsicherheit bei der Höhe der uniformen CO₂- und Stromabgabe besteht. Die Auswirkungen von veränderten Modellannahmen beeinflussen auch die Wohlfahrt und Beschäftigung, allerdings sind bis zum Jahr 2030 und dem Zielszenario -40% die Effekte von veränderten Annahmen noch nicht sehr ausgeprägt.

1 Ausgangslage und Fragestellung

1.1 Ausgangslage

Der Bundesrat hat mit Entscheid vom 21.5.2014 das EFD und das UVEK beauftragt, bis Anfang 2015 eine Vernehmlassungsvorlage zur Konkretisierung eines Klima- und Energielenkungssystems auszuarbeiten. Das für die zweite Etappe der Energiestrategie 2050 vorgesehene Lenkungssystem ab 2021 soll primär auf Energie- und Klimaabgaben basieren und in der Bundesverfassung verankert werden.

1.2 Ziel und Fragestellung der vorliegenden Studie

Ziel der vorliegenden Studie ist die Klärung verschiedener Fragen zur Ausgestaltung des auf 2021 einzuführenden Lenkungssystems. Das sind Fragen zur Ausgestaltung der Abgabe und der Rückverteilung, aber auch Fragen zum Einfluss der künftigen, noch unsicheren Entwicklung und deren Konsequenzen für das Lenkungssystem. Konkret werden folgende Ziele verfolgt:

- Analyse der volkswirtschaftlichen Konsequenzen verschiedener Abgabevarianten (mit unterschiedlicher Höhe für die CO₂-Abgaben und entsprechend unterschiedlichem Niveau der CO₂-Emissionen)
- Vergleich der mittels der Abgabevarianten erreichten CO₂-Zielminderung mit den vorgegebenen CO₂-Zielen und Aufzeigen der Ziellücken

Die vorliegende Studie baut auf den Vorgängerstudien auf, welche Ecoplan im Rahmen der Energiestrategie 2050 für das Bundesamt für Energie und im Hinblick auf das Lenkungssystem für die Eidgenössische Finanzverwaltung durchgeführt hat. Methodisch basieren die vorliegende Studie und die Vorgängerstudien auf dem volkswirtschaftlichen Modell SWISS-GEM_E, das speziell für die Beantwortung von Fragen zur Ausgestaltung von Energielenkungssystemen entwickelt wurde.

Der vorliegende Bericht ist wie folgt gegliedert:

Im Kapitel 2 werden die energie- und klimapolitischen Zielvorgaben, die der Studie zugrunde gelegt werden, dargelegt. Das Analysetool – ein Einländer-Gleichgewichtsmodell für die Schweiz – wird überblicksartig im Kapitel 3 vorgestellt. In den folgenden Kapiteln werden die untenstehenden Fragen beantwortet:

- Wie hoch sind die Ziellücken bei unterschiedlich hohen CO₂-Abgaben und bei unterschiedlichen CO₂-Zielvorgaben? Welches sind die volkswirtschaftlichen Auswirkungen unterschiedlich hoher Abgaben? Wie sind die volkswirtschaftlichen Auswirkungen der Ziellückenschliessung mittels Effizienzstandards zu beurteilen? (Kapitel 4)
- Welche sozialen und räumlichen Verteilungswirkungen sind mit dem künftigen Energielenkungssystem zu erwarten? (Kapitel 5)

- Welchen Einfluss hat der autonome technische Fortschritt auf die volkswirtschaftlichen Auswirkungen (Kapitel 6)?
- Welchen Einfluss hat das Wirtschafts- und Bevölkerungswachstums auf die volkswirtschaftlichen Auswirkungen eines künftigen Energielenkungssystems (Kapitel 7)?
- Welchen Einfluss haben die unterstellten Modellannahmen auf die präsentierten Resultate (Sensitivitätsanalyse)? (Kapitel 8)

2 Energie- und klimapolitische Zielvorgaben und Szenarien

Energie- und klimapolitische Zielvorgaben

Die hier vorliegenden Berechnungen setzen auf den im Rahmen der Energieperspektiven 2050 mittels bottom-up-Modellen berechneten Energienachfrage- und –angebotsentwicklungen der Referenzentwicklung gemäss „**Weiter wie bisher**“ an (vgl. nachfolgenden Exkurs: Die Szenarien im Überblick). Das zur Berechnung der volkswirtschaftlichen Auswirkungen verwendete Gleichgewichtsmodell wird auf dieses Referenzszenario „Weiter wie bisher“ kalibriert.

Das Referenzszenario „Weiter wie bisher“ basiert auf dem WWB Szenario der Energieperspektiven 2050 (Prognos 2012) und zeigt auf, welche Energienachfrage (bzw. welches Energieangebot) sich ergibt, wenn alle in Kraft befindlichen energiepolitischen Instrumente, Massnahmen, Gesetze usw., während des betrachteten Zeithorizonts (hier bis 2030) weiter geführt werden. Weiter wird unterstellt, dass in der Referenzentwicklung keine neuen Kernkraftwerke zugebaut werden.

Das Referenzszenario geht von einem Energienachfrageverhalten aus, welches im Grundsatz unverändert bleibt. Die Technologieentwicklung wird in einem „autonomen Effizienzfortschritt“ fortgeführt. Die bestehenden Vorschriften usw. werden – in der Regel zeitverzögert – dem technischen Fortschritt angepasst. Dies führt zwar beispielsweise im Gebäudebereich zu verbesserten Neubaustandards sowie energetischen Sanierungen, aber die heute beobachtete Sanierungsrate bleibt unverändert. Analoges gilt im Verkehrssektor: Die Anpassungen von internationalen Vorschriften werden passiv übernommen. Bestehende Programme wie energieschweiz oder auch Zielvereinbarungen mit der Industrie werden im heutigen Rahmen fortgesetzt.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeiten wurden folgende Detailannahmen zum Szenario WWB getroffen (vgl. auch Abbildung 2-3):

- CO₂-Abgabe steigt noch vor 2020 auf 72 CHF/t CO₂ und bleibt dann unverändert, Einnahmen rückverteilt gemäss heutiger Regelung (an die Bevölkerung pro Kopf und gemäss AHV-Lohnsumme an die Wirtschaft)
- Die Schweiz schliesst sich dem EU-ETS an.

- Es gelten dieselben Ausnahmeregelungen von der CO₂-Abgabe und dem Netzzuschlag wie für die nachfolgend diskutierten Zielszenarien
- Planmässiger Ausstieg aus der Kernenergie, Stromangebotsvariante C&E gemäss Energiestrategie 2050, was zu einem verstärkten Einsatz von erneuerbarer Stromproduktion und erdgasbetriebener GuD führt.²
- Gebäudeprogramm in der Höhe von 0.2 Mio. CHF/Jahr, finanziert aus der CO₂-Abgabe
- Im Verkehrsbereich werden die verschärften Flottengrenzen der EU unterstellt (Absenkung von 130 auf 95 g CO₂/km bis ins Jahr 2030).

Zwei verschiedene Zielszenarien

Analysiert werden die Auswirkungen von zwei verschiedenen Szenarien. Diese unterscheiden sich in Bezug auf die Reduktionsziele beim CO₂. Für beide Szenarien gelten dieselben Stromziele gemäss Energiestrategie des Bundesrats (vgl. nachfolgenden Exkurs). In Bezug auf die CO₂-Ziele können die beiden Szenarien wie folgt beschrieben werden (vgl. Abbildung 2-1):

- **Zielszenario -30%:** In diesem Szenario sollen die energiebedingten CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2030 im Vergleich zu 1990 um 30% gesenkt werden. In der Referenzentwicklung WWB wird dank des technischen Fortschritts von einem Rückgang der CO₂-Emissionen um 22.5% ausgegangen. Zusätzlich zum Referenzszenario WWB müssen im Zielszenario -30% die CO₂-Emissionen noch um 12.1% reduziert werden.³
- **Zielszenario -40%:** In diesem Szenario sollen die energiebedingten CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2030 im Vergleich zu 1990 um 40% gesenkt werden. Diese Zielsetzung entspricht einer Reduktion aller Treibhausgase um 30% und ist konsistent mit den Energieverbrauchszielen gemäss Entwurf des Energiegesetzes vom 4. September 2013. Der Bundesrat schlägt mit dem vorgeschlagenen Art. 3, Abs. 1 im Rahmen der zur Diskussion gestellten Revision des Energiegesetzes eine Senkung des durchschnittlichen Energieverbrauchs pro Person vor: „Beim durchschnittlichen Energieverbrauch pro Person und Jahr ist gegenüber dem Stand im Jahr 2000 eine Senkung um 16 Prozent bis zum Jahr 2020 und eine Senkung um 43 Prozent bis zum Jahr 2035 anzustreben.“ Wird das Energieverbrauchsziel auf energiebedingte CO₂-Emissionen und das Jahr 2030 umgerechnet, entspricht dies einer CO₂-Minderung im Vergleich zum Jahr 1990 um rund 40%. Bezogen auf das Referenzszenario WWB müssen im Zielszenario -40% die CO₂-Emissionen um 24.7% reduziert werden. Die nachfolgende Abbildung illustriert dies.

² Stromnachfrageseitig wurde unterstellt, dass in den von prognos berechneten Stromnachfragezahlen ein Netzzuschlag von 0.9 Rp./kWh bereits eingepreist und berücksichtigt ist. Da wir mit der Stromangebotsvariante C&E rechnen, gehen wir gemäss Energieperspektiven 2050 von einem Netzzuschlag von 2.3 Rp./kWh aus. Dies ist eine Annahme, die sich auf Abschätzungen im Rahmen der Energieperspektiven 2050 (prognos 2012) abstützt. Aktuellere Schätzungen liegen keine vor, daher wurden Veränderungen der Rahmenbedingungen nach 2012 nicht berücksichtigt.

³ Sollen alle Treibhausgase um 30% reduziert werden, so müssten bei einer Reduktion der energiebedingten CO₂-Emissionen um 30% alle anderen Treibhausgasemissionen auch um 30% gemindert werden.

Die Abbildung 2-2 zeigt die Entwicklung der energiebedingten CO₂-Emissionen seit 1975 und stellt zugleich die Entwicklung gemäss Szenario WWB dar. Die obere Grafik zeigt die Entwicklung der Pro-Kopf-CO₂-Emissionen und die untere Grafik die gesamten energiebedingten CO₂-Emissionen. Die relativ starken Schwankungen bei den beobachteten CO₂-Emissionen sind in erster Linie witterungsbedingt: Bei einem milden bzw. harten Winter wird weniger bzw. mehr Heizenergie und damit Öl und Gas benötigt. Eine detailliertere Diskussion zu den Entwicklungen der einzelnen Energieträger ist im Kapitel 6 zu finden.

Abbildung 2-1: Vorgaben für die Reduktion der CO₂-Emissionen und der Stromnachfrage [in %]

	Minderungsziele i. Vgl.		Minderungsziele i. Vgl.	
	zu 1990	zu 2000	zu WWB	zu WWB
	CO ₂ -Ziel	Stromziel	CO ₂ -Ziel	Stromziel
Zielszenario -30%	-30%	-10%	-12.1%	-10.8%
Zielszenario -40%	-40%	-10%	-24.7%	-10.8%

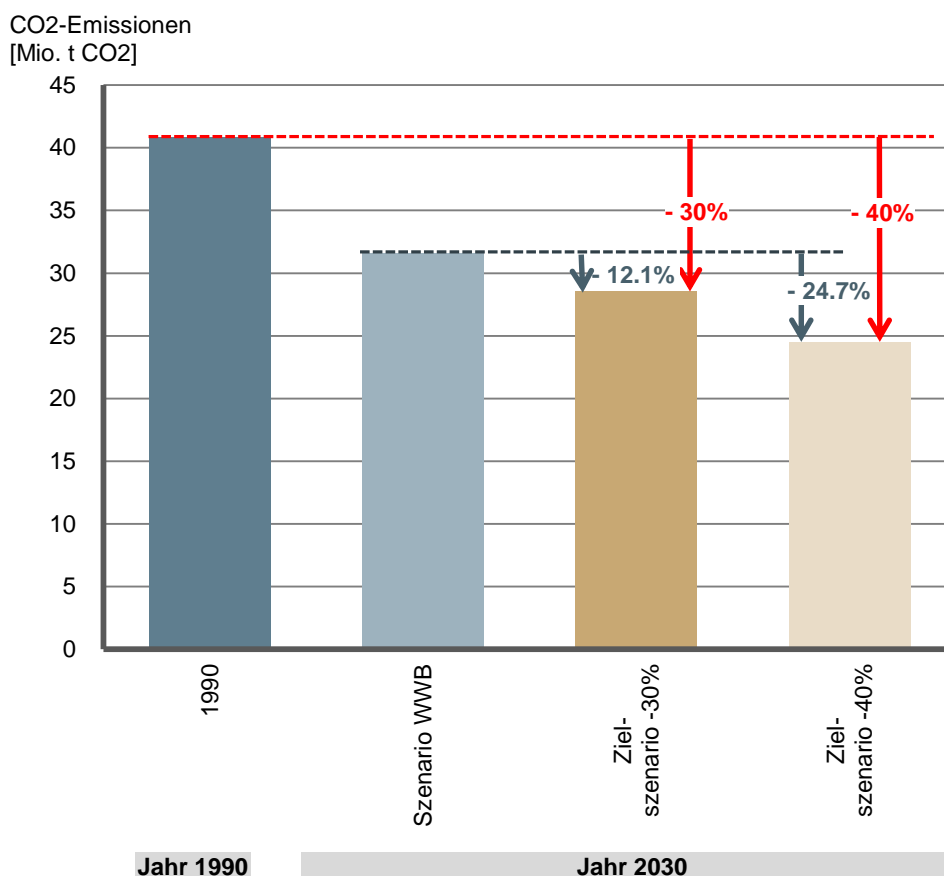
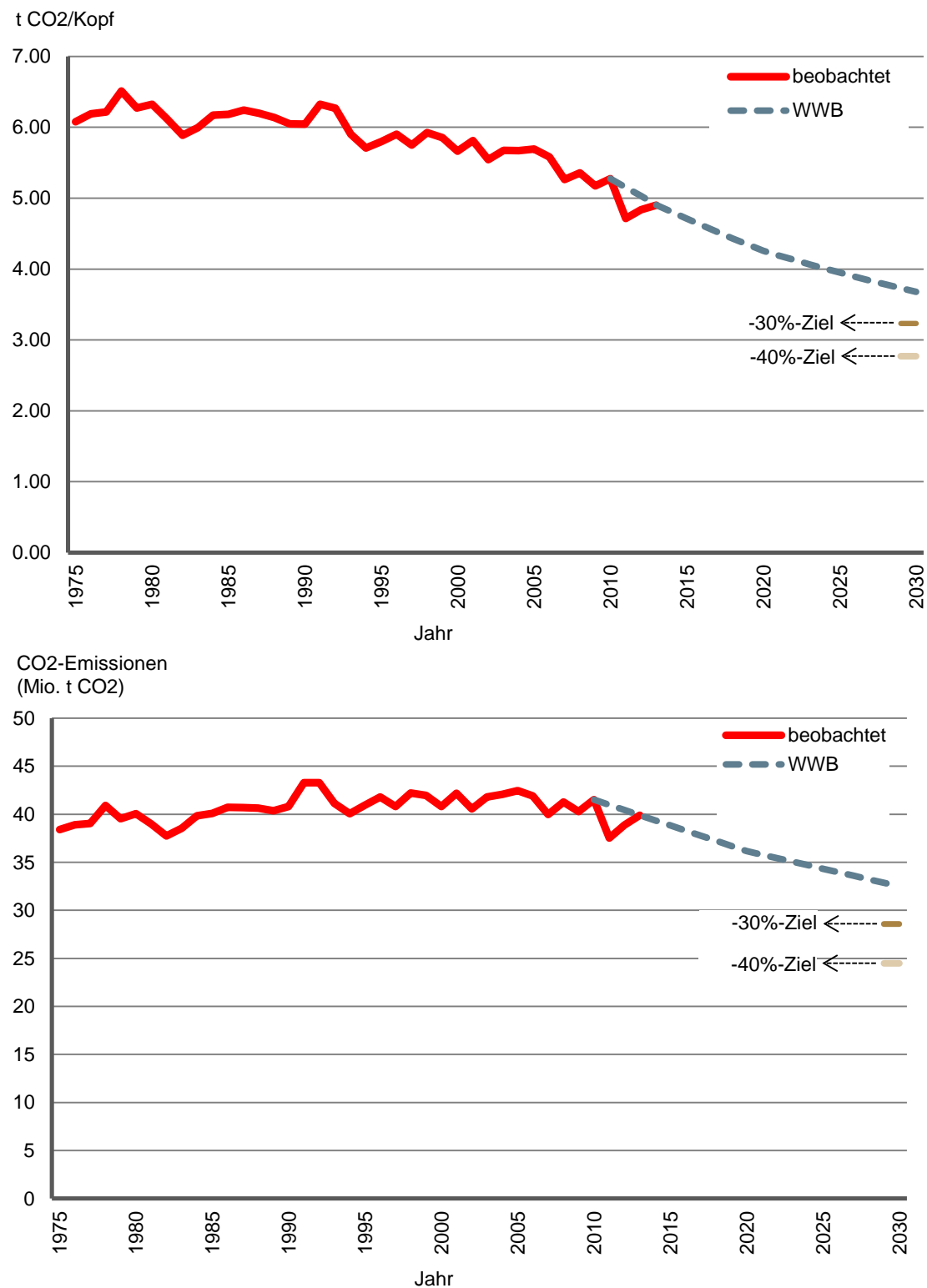


Abbildung 2-2: Entwicklung der energiebedingten CO₂-Emissionen ab 1975

Anmerkung: Dargestellt sind die energiebedingten CO₂-Emissionen inklusive dem Einsatz von fossilen Energien zur Stromproduktion. Im Szenario WWB wird das Stromangebotsvariante C&E unterstellt. Die Jahreswerte zwischen 2010 bis 2020 und 2020 bis 2030 wurden linear interpoliert.

Klima- und energiepolitische Instrumente: Vier Varianten einer CO₂-Abgabe

Es werden vier verschiedene Varianten einer CO₂-Abgabe auf ihren Zielerreichungsgrad untersucht (vgl. nachfolgende Abbildung):

- Abgabevariante 1: In dieser Variante steigt die CO₂-Abgabe auf Brennstoffe bis ins Jahr 2030 auf 168 CHF/t CO₂. Eine Abgabe auf Treibstoffe wird nicht eingeführt.
- Abgabevariante 2: Die CO₂-Abgabe auf Brennstoffe steigt bis 2030 auf 240 CHF/t CO₂. Auf eine Abgabe auf Treibstoffe wird verzichtet.
- Abgabevariante 3: Die CO₂-Abgabe auf Brennstoffe entspricht derjenigen in Abgabevariante 2. Zusätzlich wird eine CO₂-Abgabe auf Treibstoffen eingeführt (Abgabehöhe 2030: 56 CHF/t CO₂).
- Abgabevariante 4: Die CO₂-Abgabe auf Brennstoffe steigt bis 2030 auf 336 CHF/t CO₂. Die Treibstoffe werden bis ins Jahr 2030 mit 112 CHF/tCO₂ belastet.

Abbildung 2-3: Klima- und energiepolitische Instrumente im Szenario WWB und den vier Varianten

Massnahmen	WWB	Abgabe- variante 1	Abgabe- variante 2	Abgabe- variante 3	Abgabe- variante 4
CO2-Abgabe auf Brennstoffe	72 CHF/t CO2	2021: 96 2030: 168	2021: 120 2030: 240	2021: 120 2030: 240	2021: 120 2030: 336
CO2-Abgabe auf Treibstoffe	0 CHF/t CO2	0	0	2021: 5.6 2030: 56.0	2021: 11.2 2030: 112.0
Stromabgabe	Netzzuschlag von 2.3 Rp./kWh	uniforme Abgabe auf dem Stromverbrauch (endogen berechnet für ein für alle Abgabevarianten gleiches Stromverbrauchsziel)			
Subventionen Gebäudeprogramm	200 Mio. CHF/a	Gebäudeprogramm wird nur bis 2025 weitergeführt, ab 2025 werden keine Subventionen mehr gewährt			
Ausnahmeregelung bei CO2- und Stromabgabe	gemäss heutiger Regelung CO2 und Strom (PI 12.400)				
Rückverteilung der CO2- und Stromabgabe	an Haushalte (pro Kopf) und Wirtschaft (gemäss AHV-Lohnsumme), Anteile gemäss jeweiligen Einnahmen nach Abzug von Aufwendungen für Gebäudeprogramm, Netzzuschlag, Kompensation Treibstoffsteuern, Einnahme aus der Auktionierung im ETS-System werden ebenfalls rückverteilt (Arbeitshypothese für das Jahr 2030, Aufwendungen für das Gebäudeprogramm für die Abgabevarianten 1 bis 4 nur bis 2025)				
Zielvereinbarung	Zielvereinbarungen wirken (Vermeidungskosten in den Sektoren mit Zielvereinbarung in der Höhe von 50% der CO2-Abgabe)				
Stromangebot	Stromvariante C&E (planmässiger Ausstieg aus der Kernenergie, Ausbau der erneuerbaren Stromproduktion mittels KEV und erdgasbetriebenen GuD)				
Treibstoffe	Senkung der CO2-Emissionen von Neuwagen von 130 g/km bis 2015 auf 95 g/km bis 2030, kein breiter Einsatz von biogenen Treibstoffen				

Anmerkung: Das Szenario WWB wurde prognos (2012) entnommen und enthält einige Verschärfungen im Vergleich zu den bereits bestehenden oder beschlossenen Massnahmen (bspw. Abgabehöhe) bzw. ist nicht mehr ganz aktuell (bspw. Höhe der Subventionen zum Gebäudeprogramm).

In den nachfolgenden Kapiteln zeigen wir die zusätzlichen Auswirkungen der Erhöhung der CO₂-Abgabe und der höheren Belastung auf Strom im Vergleich zum Szenario WWB für das **Jahr 2030**. Für die Sektoren im Emissionshandelssystem (ETS) wurde unterstellt, dass die Minderungsziele entsprechend den vorgegebenen Reduktionszielen der Zielszenarien -30% bzw. -40% ebenfalls entsprechend verschärft werden. Die Auswirkungen werden immer im Vergleich zum Szenario WWB (Weiter wie bisher) ausgewiesen. Das Szenario WWB enthält bereits einige Verschärfungen zu den bereits heute in Kraft gesetzten Massnahmen (vgl. obige Abbildung). Es werden also einzig die Zusatzeffekte zum Szenario WWB ausgewiesen.

In allen Abgabeverarianten werden folgende Instrumente eingesetzt und auch für die Berechnung der Auswirkungen modellmässig erfasst:

Emissionshandelssystem (ETS)

Es wird unterstellt, dass die Schweiz am EU ETS teilnimmt. Der EU-ETS-Preis wird im Jahr 2030 beim Szenario -30% auf 42 CHF/t CO₂ exogen festgelegt. Dies entspricht der Annahme, welche auch in der Energiestrategie 2050 für das Szenario POM unterstellt wurde. Für das Szenario -40% wird der EU-ETS-Preis auf 96 CHF/t CO₂ fixiert, was dem Preis des Szenarios NEP in der Energiestrategie 2050 entspricht. Weiter wird unterstellt, dass auch der internationale Flugverkehr dem EU-ETS unterstellt ist.

Ausnahmeregelung bei CO₂- und Stromabgabe:

Für die CO₂-Abgabe wird in etwa von der heutigen Befreiung der CO₂-Abgabe ausgegangen. Im Strombereich wird die Befreiung bzw. Rückerstattung des Netzzuschlags gemäss parlamentarischer Initiative 12.400 unterstellt.

Zielvereinbarungen

Bei allen von der CO₂- bzw. Stromabgabe befreiten Unternehmen wurde unterstellt, dass sie entweder am EU-ETS teilnehmen oder eine verpflichtende Zielvereinbarung mit dem Bund eingehen. Die Ziele werden definiert in Abhängigkeit der Höhe der CO₂- bzw. Stromabgabe. Es wird unterstellt, dass bei einer funktionierenden Zielvereinbarung bzw. Verminderungsverpflichtungen eine CO₂-Emissions- bzw. Stromverbrauchsreduktion bis zu Grenzkosten in der Höhe von 50% der jeweiligen Abgabe erreicht werden können.

Rückverteilung der CO₂- und Stromabgabe

Die Einnahmen aus der CO₂- und Stromabgabe sowie der Erlös aus der Auktionierung der Emissionsrechte im Rahmen des ETS-Systems⁴ werden nach Massgabe der Abgabezahlungen an Wirtschaft und Bevölkerung zurückerstattet:

- Pro-Kopf-Rückverteilung an Bevölkerung
- Rückverteilung gemäss AHV-Lohnsumme an die Wirtschaft

Rückverteilt wird allerdings nur derjenige Anteil, der nach Abzug folgender Ausgaben bzw. Kompensationszahlungen übrig bleibt:

- Aufwendungen für die Subventionierung im Rahmen des Gebäudeprogramms (gilt im Jahr 2030 nur im Szenario WWB, Subventionen in der Höhe von 200 Mio. CHF/Jahr)

⁴ Wie das EU-ETS-System im Jahr 2030 ausgestaltet ist, ist noch nicht bekannt. Wir gehen davon aus, dass die Emissionsrechte auktioniert werden. Wie die Einnahmen aus dieser Auktionierung verwendet werden, ist noch offen. Wir haben – als Arbeitshypothese - für die vorliegenden Berechnungen angenommen, dass der Schweizer Einnahmenanteil auch der Schweiz zugutekommt und für eine Rückverteilung gemäss AHV-Lohnsumme zur Verfügung steht.

- Netzzuschlag, u.a. für den Ausbau der erneuerbaren Stromproduktion, im Umfang von 2.3 Rp./kWh.⁵

Weiter wird angenommen, dass der Rückgang bei den Mineralölsteuern, welche sich aufgrund der lenkenden Wirkung der CO₂-Abgabe auf Treibstoffen ergibt, kompensiert wird.

Stromangebot und KEV

Es wird die Stromangebotsvariante C&E der Energiestrategie 2050 unterstellt. Dies hat einen verstärkten Einsatz von erneuerbarer Stromproduktion und erdgasbetriebenen GuD zur Folge. Finanziert wird dieser verstärkte Ausbau der erneuerbaren Stromproduktion durch eine Erhöhung des Netzzuschlags auf rund 2.3 Rp./kWh.

Da der verstärkte Einsatz von erneuerbarer Stromproduktion und der schrittweise Ausstieg aus der Kernenergie bereits im Referenzszenario WWB unterstellt sind, werden in den vorliegenden Berechnungen die Kosten des Ausstiegs aus der Kernkraft nicht berechnet.

Weiter zu beachten ist, dass auch die Kosten der heute bereits implementierten Massnahmen nicht berechnet werden. Mit dem vorliegenden Bericht werden also nur die volkswirtschaftlichen Kosten und Nutzen der zusätzlichen bzw. verschärften Massnahmen berücksichtigt.

Treibstoffe

Im Verkehrsbereich wurde unterstellt, dass die spezifischen CO₂-Emissionen für Neuwagen von 130 (bis zum Jahr 2015) auf 95 g/km (bis zum Jahr 2030) gesenkt werden. Weiter wurde – in Abweichung zu den Annahmen in den Energieperspektiven 2050 (prognos 2012) – kein breiter Einsatz von biogenen Treibstoffen angenommen.

⁵ Im Rahmen der vorliegenden Berechnungen gehen wir von einem Netzzuschlag von 2.3 Rp./kWh aus, der bis zum Jahr 2030 gilt (vgl. dazu auch die Ausführungen in der Fussnote 2). Es besteht die Absicht, dass ab 2030 keine neuen Projekte für die erneuerbare Stromproduktion über die kostendeckende Einspeisung (KEV) finanziert werden.

Exkurs: Berechnung des Stromreduktionsziels

Der Bundesrat schlägt mit dem vorgeschlagenen Art. 3, Abs. 2 im Rahmen der zur Diskussion gestellten Revision des Energiegesetzes eine Senkung des Elektrizitätsverbrauchs vor: „Beim durchschnittlichen Elektrizitätsverbrauch pro Person und Jahr ist gegenüber dem Stand im Jahr 2000 eine Senkung um 3 Prozent bis zum Jahr 2020 und eine Senkung um 13 Prozent bis zum Jahr 2035 anzustreben.“ In Bezug auf das Jahr 2030 entspricht dies gegenüber dem Jahr 2000 eine Senkung des Pro-Kopf-Stromverbrauchs von rund 10%. Im Vergleich zum Szenario WWB entspricht dies einer Reduktion von 10.8% (vgl. nachfolgende Abbildung).

Abbildung 2-4: Stromverbrauchsreduktionsziel

		Jahr			
		2000	2008	2010	2030
Bevölkerung	Mio.	7.20	7.71	7.88	8.78
Stromverbrauch WWB	PJ	185	208	212	228
Stromreduktionsziel Verbrauch/Person i.Vgl. 2000	%				-10.0%
Stromverbrauch/Person	GJ/Kopf	25.7	27.0	26.8	23.1
Stromziel absolut	PJ	185	208	212	203
Stromreduktionsziel i.Vgl. zu WWB		0%	0%	0%	-10.8%

3 Das Gleichgewichtsmodell im Überblick

Berechenbares Gleichgewichtsmodell für die Schweiz

Die volkswirtschaftlichen Auswirkungen der Energiestrategie 2050 werden mit dem berechenbaren Gleichgewichtsmodell SWISSGEM_E für die Schweiz berechnet. Das Gleichgewichtsmodell baut auf den energetischen Resultaten der bottom-up-Modelle auf und zeichnet sich durch eine hohe Disaggregation bei den Wirtschaftssektoren (62 Branchen) und den Haushalten (15 Haushaltstypen) aus. Weiter wird das Steuersystem der Schweiz detailliert abgebildet. Es wird differenziert zwischen Mehrwertsteuer, Einkommenssteuern, Lohnnebenkosten, Gewinn- und übrigen Steuern.

Nachfolgend werden zuerst die wirtschaftstheoretischen Grundlagen kurz dargelegt und dann auf die wichtigsten Eigenschaften des Modells eingegangen. Weitere Details zur Modellierung und Parametrisierung des Modells finden sich im Anhang A.

Wirtschaftstheoretische Grundlagen

Grundlage für die allgemeine Gleichgewichtstheorie ist die (so genannte "neoklassische") Wohlfahrts-Theorie. Sie geht in ihrer einfachsten Form davon aus, dass unter bestimmten Bedingungen (z.B. keine externen Kosten – also kein Marktversagen, d.h. alle Preise zeigen die tatsächlichen Kosten, keine Monopole) die Marktwirtschaft mit freien Wettbewerbsmärkten diejenige Wirtschaftsform ist, die am ehesten einen volkswirtschaftlich optimalen Einsatz knapper Ressourcen gewährleisten kann. In der klassischen Theorie geht man von vollständiger Konkurrenz in den verschiedenen Märkten aus. Die zentralen Annahmen zum Verhalten der Wirtschaftssubjekte sind:

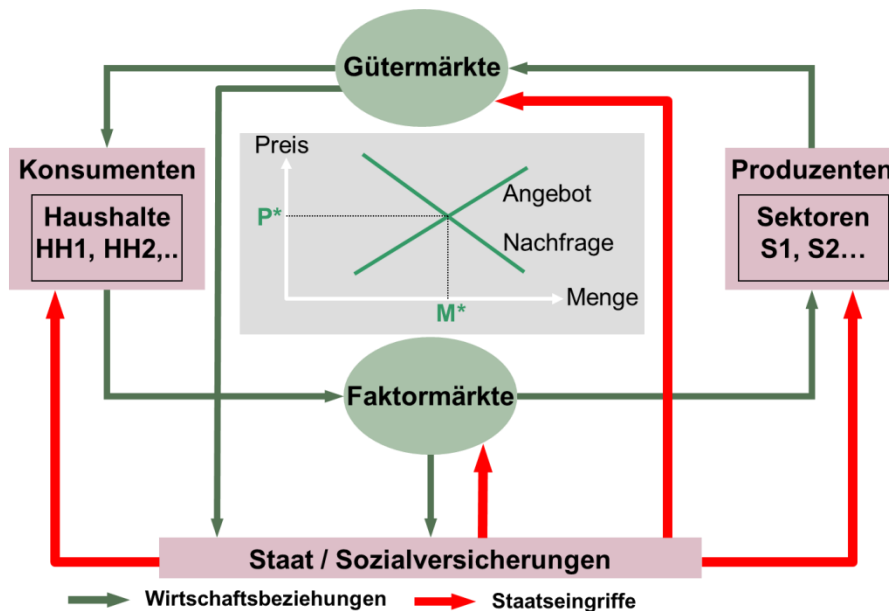
- Haushalte maximieren ihren Nutzen.
- Unternehmen maximieren ihren Gewinn.
- Haushalte und Unternehmen gehen bei ihrer Nutzen- bzw. Gewinnmaximierung zweckrational vor - es gilt das ökonomische Prinzip: Mit gegebenen Mitteln soll ein maximaler Erfolg erzielt werden (Maximierungsprinzip) bzw. ein vorgegebenes Ziel soll mit geringstmöglichen Mitteln erreicht werden (Minimierungsprinzip).

Grundstruktur von allgemeinen Gleichgewichtsmodellen

Die Gleichgewichtstheorie ist die mathematisch-analytische Fortführung der mikroökonomisch fundierten Wohlfahrtstheorie. Die Gleichgewichtstheorie kombiniert das Modell des Optimierungsverhaltens mit der Untersuchung von Gleichgewichtszuständen: Es geht darum, auf den Faktor- und Gütermärkten auf Grund von Nachfrage- und Angebotsfunktionen ein Gleichgewicht zu finden (vgl. Abbildung 3-1). Das Verhalten der Haushalte wird dabei mittels Nutzenfunktionen und dasjenige der Unternehmen mittels Produktionsfunktionen beschrieben.

Die Preise spielen bei der Koordination von Angebots- und Nachfrageentscheidungen der Wirtschaftssubjekte eine zentrale Rolle. Über die Preise sind alle Märkte miteinander verknüpft. Im Gleichgewicht bleibt der Preis nach seinem Zustandekommen konstant.

Abbildung 3-1: Staatseingriffe im Gleichgewichtsmodell



Der grosse Vorteil von Gleichgewichtsmodellen liegt in der expliziten Formulierung und modellmässigen Erfassung von Staatseingriffen in das Wirtschaftsgeschehen (vgl. Abbildung 3-1). Für die Modellierung des Klima- und Energielenkungssystems werden folgende zusätzliche staatliche Eingriffe erfasst:

- Gütermärkte: Die fossilen Energiegüter und der Strom werden mittels einer CO_2 - und Stromlenkungsabgabe verteuert.
- Faktormärkte (Arbeit und Kapital): Ein Teil der Einnahmen aus der CO_2 - und Stromabgabe wird dazu verwendet, die Lohnnebenkosten zu senken.
- Haushalte: Ein Teil der Einnahmen aus der CO_2 - und Stromabgabe wird über eine Pro-Kopf-Pauschale an die Haushalte zurückverteilt.
- Produzenten: Ein Teil der Produzenten wird dem EU ETS unterstellt bzw. wird von der Stromabgabe ausgenommen.

Exkurs: SWISSGEM_E - Modellcharakterisierung

SWISSGEM_E kann wie folgt zusammenfassend charakterisiert werden:

- *Berechenbares Einländer-Gleichgewichtsmodell* für die Schweiz basierend auf der Input-Output-Tabelle 2008 (inkl. Energiedaten 2008), vorwärtskalibriert auf die unterstellte Rahmenentwicklung gemäss Energiestrategie 2050. Wir unterstellen myopisches Verhalten der Wirtschaftsakteure, d.h. die Wirtschaftsakteure lassen sich in ihren Entscheidungen von den aktuellen Preisen leiten, sind also nicht informiert über die in der Zukunft liegende Preisentwicklung.⁶
- *Wirtschaftsakteure:*
 - 62 Wirtschaftssektoren
 - 15 verschiedene Haushaltstypen, unterteilt nach Lebensstandard (Quintile), Erwerbsstatus (Erwerbstätige und Rentner), Familientyp (mit/ohne Kinder).
 - Staat (Bund, Kantone und Gemeinde) und Ausland mit Armington-Formulierung (siehe Anhang A)
- Spezielle Berücksichtigung der *Energiesektoren*
- Bottom-up-Formulierung der *Elektrizitätsproduktion* (Unterteilung in folgende Stromerzeugungstechnologien: Laufwasserkraftwerke, Speicherkraftwerke, Kernkraftwerke, Gasbefeuerte Kraftwerke (Gas Kombikraftwerke, WKK), Rest (KVA, fossile Kraftwerke), Biomasse, Wind, Photovoltaik, Geothermie). Bei der bottom-up-Formulierung wurde auch berücksichtigt, dass die stochastische Einspeisung der Photovoltaik und Windkraft zusätzliche Netzkosten von 0.31 Rp./kWh_{el} verursacht.
- *Kalibrierung der Energienachfrageentwicklung auf die bottom-up-Modellresultate (Prognos 2012)* des Szenarios „Weiter wie bisher“ der Energiestrategie 2050
- *Detaillierte Erfassung des Schweizer Steuersystems:*
 - Mehrwertsteuer, unter Berücksichtigung der Schattenbesteuerung auf Vorleistungen und Investitionen gemäss Input-Output-Tabelle 2008
 - Direkte Bundessteuer für natürliche Personen
 - Einkommenssteuer Kantone/Gemeinde
 - Lohnnebenkosten (AHV-Beiträge usw.)
 - Gewinnsteuer (ad hoc als „Trade tax“ auf dem Kapitaleinsatz)
 - Restliche Outputsteuern und Produktionssubventionen
- Homogener und geräumter *Arbeitsmarkt* (nur freiwillige „Arbeitslosigkeit“) mit flexiblem Arbeitsangebot (Labor-Leisure-Choice). Das Beschäftigungspotenzial wird durch die Bevölkerungsperspektiven vorgegeben. Weiter wird unterstellt, dass das Klima- und Energielenkungssystem zu keiner zusätzlichen Migration führt.
- Internationale Kapitalmobilität: Kapital ist international mobil, wobei Kapitalimport und Kapitalexport mit Transaktionskosten im Umfang von 1% verbunden sind. Ist diese Transaktionsschwelle überschritten, gilt vollständige Kapitalmobilität.

⁶ Bei einem volldynamischen Modell entscheiden die Wirtschaftsakteure auf Basis der heutigen und der künftigen Preise, d.h. die Wirtschaftsakteure sind vollständig informiert („perfect foresight“). Bei einem volldynamischen Modell besteht keine Unsicherheit zur künftigen Preisentwicklung.

Modellierte Massnahmen / Instrumente

Mit dem Gleichgewichtsmodell werden die mittel- bis längerfristigen volkswirtschaftlichen Auswirkungen der verschiedenen Varianten von CO₂- und Stromabgabe (Abgabevariante 1 bis 4) berechnet. Folgende energie- und klimapolitische Instrumente werden modellmässig erfasst

- **CO₂-Abgabe:** Für die Schweiz wird eine Lenkungsabgabe nach Massgabe der CO₂-Emissionen erfasst: Die CO₂-Abgabe wird auf Brennstoffen und in der Abgabevariante 3 und 4 auch auf Treibstoffen erhoben. Die CO₂-Abgaben werden exogen vorgegeben und die erreichte CO₂-Minderung berechnet.
- **Stromabgabe:** Auf der Stromseite wird eine uniforme Stromabgabe nach Massgabe des Stromverbrauchs erfasst. Die Stromreduktionsziele werden exogen vorgegeben (Stromreduktion von -10.8% im Vergleich zum Szenario WWB) und die zur Zielerreichung nötige Stromabgabe wird endogen berechnet.
- **ETS und Ausnahmeregelung bei CO₂- und Stromabgabe:** Für die CO₂-Abgabe wird in etwa von der heutigen Befreiung der CO₂-Abgabe ausgegangen. Im Strombereich wird die Befreiung bzw. Rückerstattung des Netzzuschlags gemäss Parlamentarischer Initiative 12.400 unterstellt. Im bestehenden Modell können – ohne aufwendige Daten- und Modellergänzung – nur ganze Sektoren von der Abgabe ausgenommen werden. Dies bedeutet, dass wir die obigen Ausnahmeregelungen nur annäherungsweise modellmässig erfassen können. Die nachfolgende Abbildung 3-2 zeigt die im Modell befreiten Sektoren im CO₂- und Strombereich.

Die unter der Ausnahmeregelung ausgewiesenen CO₂-Emissionen sind höher, als die tatsächlich im ETS eingebundenen Treibhausgasemissionen. Diese Abweichung ist unter anderem darin begründet, dass für die Berechnung der Szenarien nur ganze Sektoren, nicht aber spezifische Tätigkeiten gemäss Anhang 6 und 7 der CO₂-Verordnung beigezogen werden können. Der gesamte Stromverbrauch aller Unternehmen mit mehr als 0.5 GWh/Jahr beläuft sich in etwa auf 20 TWh/Jahr.⁷ Da nicht anzunehmen ist, dass alle Unternehmen mit mehr als 0.5 GWh/Jahr von der Ausnahmeregelung Gebrauch machen, haben wir nur die stromintensivsten Sektoren mit einem Stromverbrauch von 12.5 TWh von der Abgabe befreit.

⁷ Vgl. Ecoplan, EBP (2013), Volkswirtschaftliche Massnahmenanalyse zur Energiestrategie 2050, Abbildung 5-9.

Abbildung 3-2: ETS und Ausnahmeregelung im CO₂- und Strombereich

	Ausnahmeregelungen		
		CO ₂ [Mio t CO ₂ , 2005]	Strom [TWh, 2005]
Bergbau, Steine und Erden	EU-ETS	0.06	ZV-Strom
Papier- und Kartongewerbe	EU-ETS	0.54	ZV-Strom
Mineralölverarbeitung	EU-ETS	1.01	
Chemische Industrie	EU-ETS	1.43	
Gummi- und Kunststoffwaren	EU-ETS	0.13	
Prod. aus nichtmet. Mineralien	EU-ETS	3.31	ZV-Strom
Erzeugung, Bearbeitung von Metall	EU-ETS	0.55	ZV-Strom
Stromerzeugung	EU-ETS	0.81	
Total (ohne Luftverkehr)		7.83	
Luftverkehr	EU-ETS	4.09	
Total (inkl. Luftverkehr)		11.91	
Nahrungs- und Genussmittel	VV-CO ₂	0.86	
Textilgewerbe	VV-CO ₂	0.13	
Be- und Verarbeitung von Holz			ZV-Strom
Total (inkl. Luftverkehr)		12.90	5.1

EU-ETS = Teilnahme am EU-ETS

VV-CO₂ = CO₂-Verminderungsverpflichtung (verpflichtende Zielvereinbarungen mit dem Bund)

ZV-Strom = verpflichtende Zielvereinbarung mit dem Bund zur Reduktion des Stromverbrauchs

Für die Implementierung der Szenarienvorgaben im Gleichgewichtsmodell sind vier verschiedene Regime zu unterscheiden:

- **Sektoren ohne Ausnahmeregelung:** Alle Unternehmen bzw. Sektoren, welche nicht dem EU-ETS unterstellt sind, bzw. für welche keine Verminderungsverpflichtung besteht bzw. keine verpflichtende Zielvereinbarung mit dem Bund abgeschlossen wird, werden der CO₂-Abgabe und der Stromabgabe unterstellt
- **EU-ETS:** In der vorliegenden Studie wird davon ausgegangen, dass die energieintensiven Sektoren (vgl. Abbildung 3-2) in einem mit dem EU ETS verknüpften Emissionshandelssystem Emissionsrechte frei handeln können. Es wird davon ausgegangen, dass sämtliche Emissionsrechte auktioniert werden. Der Preis für die EU-ETS-Allowances wird exogen vorgegeben. Zu beachten ist, dass die Stromerzeugung und die internationale Luftfahrt ebenfalls unter das EU ETS fallen.
- **VV-CO₂** – Ausnahmeregime im CO₂-Bereich: Die in Abbildung 3-2 betroffenen Sektoren werden von der CO₂-Abgabe befreit, müssen aber im Gegenzug eine CO₂-Verminderungsverpflichtung mit dem Bund abschliessen.

Für die abgabebefreiten Sektoren mit CO₂-Verminderungsverpflichtung werden Vorgaben gemacht, bis zu welchen Grenzvermeidungskosten die Zielvereinbarungen greifen. Es gibt gute Gründe dafür, dass die Grenzvermeidungskosten bei Unternehmen mit Verminderungsverpflichtung auch bei funktionierenden Zielvereinbarungen deutlich unter dem CO₂-Abgabesatz liegen werden: (1) Zwischen Unternehmen und Vollzugs-

behörde besteht Informationsasymmetrie, die Unternehmen werden ihren Informationsvorsprung zu ihren Gunsten auslegen. (2) Auch bei gegenseitig vollständiger Information sind unter den Zielvereinbarungen nur diejenigen Massnahmen durchzuführen, welche wirtschaftlich tragbar sind, was auch bei konsequentem Vollzug nach vorgegebenen Regeln einen gewissen Ermessensspielraum offen lassen wird.

Im Modell wird die Verminderungsverpflichtung bzw. die Zielvereinbarung wie folgt umgesetzt: Die Sektoren/Unternehmen zahlen für CO₂-Emissionen bis zu vorgegebenen Grenzvermeidungskosten eine fiktive "Abgabe". Die "Einnahmen der Abgabe" werden aber nicht an den Staat oder einen Fonds abgeliefert, sondern bleiben beim Unternehmen und werden rezykliert als Outputsubstitution. Diese Modellierung kommt dem ursprünglichen Ziel der Zielvereinbarung nahe und entspricht der Modellierung einer Output-based-Allocation.

Die Ziele werden definiert in Abhängigkeit der Höhe der CO₂- bzw. Stromabgabe. Es wird unterstellt, dass bei einer funktionierenden Zielvereinbarung bzw. Verminderungsverpflichtungen eine CO₂-Emissions- bzw. Stromverbrauchsreduktion bis zu Grenzkosten in der Höhe von **50%** der jeweiligen Abgabe erreicht werden können.

- **ZV-Strom** – Ausnahmeregime im Strombereich: Die in Abbildung 3-2 genannten Sektoren werden von der Stromabgabe befreit, müssen aber im Gegenzug eine verpflichtende Zielvereinbarung mit dem Bund zur Reduktion ihres Stromverbrauchs abschliessen.

Die Zielvereinbarung Strom wird im Modell analog der CO₂-Verminderungsverpflichtung umgesetzt.

- **Weitere Massnahmen:** Die bereits implementierten Massnahmen wie auch die Verschärfung der Neuwagenregelung wurden über Energieeffizienzfortschritte erfasst, welche aus den Vorgaben zur Referenzentwicklung („Weiter wie bisher“) abgeleitet werden.

- **Stromangebot und KEV**

Wie bereits erwähnt wird die Stromangebotsvariante C&E der Energieperspektiven 2050 unterstellt (prognos 2012). Die zusätzliche erneuerbare Stromproduktion wird über einen Netzzuschlag von rund 2.3 Rp./kWh finanziert. Im Modell wird unterstellt, dass die Stromangebotsvariante C&E bereits im Szenario WWB („Weiter wie bisher“) umgesetzt wird. Da wir die Resultate der Zielszenarien -30% und -40% CO₂-Emissionen auftragsgemäss auf das Referenzszenario WWB referenzieren, sind die Kosten des Ausbaus der erneuerbaren Stromproduktion in unseren Resultaten nicht enthalten.

- **Rückverteilung der CO₂- und Stromabgabe**

Einnahmen werden erzielt (i) aus der CO₂-Abgabe und (ii) der Stromabgabe (inkl. Netzzuschlag) sowie (iii) dem Erlös aus der Auktionierung der Emissionsrechte im Rahmen des ETS-Systems.⁸ Diese Einnahmen werden nach Abzug der Gebäudesubventionen, des

⁸ Wie das EU-ETS-System im Jahr 2030 ausgestaltet ist, ist noch nicht bekannt. Wir gehen davon aus, dass die Emissionsrechte auktioniert werden. Wie die Einnahmen aus dieser Auktionierung verwendet werden, ist noch offen. Wir haben – als Arbeitshypothese – für die vorliegenden Berechnungen angenommen, dass der Schweizer

Netzzuschlags und der Kompensation für die Mineralölsteuern nach Massgabe der Abgabebzahlungen an Wirtschaft (gemäss AHV-Lohnsumme) und Bevölkerung (pro Kopf), vgl. dazu auch die Ausführungen im Kapitel 2.

Rahmenentwicklung

Es wurden dieselben Rahmenentwicklungen unterstellt, wie in den Berechnungen zur Energiestrategie 2050. Die nachfolgende Abbildung zeigt die unterstellten Rahmenentwicklungen.

Abbildung 3-3: Zentrale Annahmen zur Rahmenentwicklung

		2008	2030
Rahmenentwicklung: Für alle Szenarien			
Bevölkerung	Mio.	7.71	8.78
BIP, real in Preisen von 2010	Mrd. CHF	543	672
Energiebezugsflächen (EBF)	Mio. m ²	659	825
EUR/CHF-Wechselkurs		0.63	0.72
USDollar/CHF-Wechselkurs		0.92	1.09
Preisentwicklung für Szenario -30%			
Rohöl Weltmarktpreis, real in Preisen von 2010	US\$/b	95	111
Rohölpreis, real in Preisen von 2010	CHF/t	857	928
Gas Preis, real in Preisen von 2010	CHF/t	640	824
CO ₂ -Preis aus ETS, real in Preisen von 2010	\$/t CO ₂	20	46
CO ₂ -Preis aus ETS, real in Preisen von 2010	CHF/t CO ₂	22	42
Preisentwicklung für Szenario -40%			
Rohöl Weltmarktpreis, real in Preisen von 2010	US\$/b	95	91
Rohölpreis, real in Preisen von 2010	CHF/t	857	766
Gas Preis, real in Preisen von 2010	CHF/t	640	722
CO ₂ -Preis aus ETS, real in Preisen von 2010	\$/t CO ₂	20	105
CO ₂ -Preis aus ETS, real in Preisen von 2010	CHF/t CO ₂	22	96

Anmerkung: Im Zielszenario -40% wurde angenommen, dass neben der Schweiz auch andere Länder ihre Klimapolitik verstärken. Dies führt zu höheren ETS-Preisen und zu tieferen Ölpreisen als im Zielszenario -30% bei dem keine verstärkte Klimapolitik in den anderen Ländern unterstellt wurde.

Umsetzung der Szenarien im Gleichgewichtsmodell:

- Es gelten für das Szenario WWB jeweils die entsprechenden Preise der Zielszenarien.
- Die international koordinierte Politik im Zielszenario -40% führt zu einem leicht höheren technischen Fortschritt, von dem auch die Schweiz profitieren kann (bspw. bei den Geräten, den Fahrzeugen usw.). Den technischen Fortschritt haben wir soweit erhöht, dass sowohl im Zielszenario -30% und dem Zielszenario -40% trotz unterschiedlichen Weltmarktpreisen für die fossilen Energien im Non-ETS-Bereich dieselben CO₂-Emissionen im Szenario WWB erreicht werden. Die Zielszenarien mit ihrem jeweiligen Szenario WWB sind somit in Bezug auf die vorgegebenen Rahmenbedingungen konsistent und zugleich ist die Kompatibilität mit den Annahmen gemäss Energieperspektiven 2050 (prognos, 2050) hergestellt, welche nur ein Szenario WWB ausweist.

Quelle: Gemäss prognos (2012), ergänzt/angepasst durch Ecoplan.

Einnahmenanteil auch der Schweiz zugutekommt und für eine Rückverteilung gemäss AHV-Lohnsumme zur Verfügung steht.

Parametrisierung des Modells

Das Modell verwendet die neuesten ökonometrischen Resultate (Elastizitäten gemäss Mohler und Müller 2012). Sie ermöglichen Aussagen zu mittelfristigen Auswirkungen von Preisänderungen auf die Wirtschaft. Für die Aussagen zum Zeithorizont von 2020 sind die Resultate dieser ökonometrischen Studie im Modell verwendet worden. Langfristig kann die Wirtschaft auf diese Preiserhöhungen flexibler (elastischer) reagieren, weshalb wir im Modell davon ausgegangen sind, dass die ökonometrisch ermittelten Elastizitäten u.a. auch aufgrund des technischen Fortschritts bis ins Jahr 2030 um 17% zunehmen.⁹

Weiter wurde bei der Parametrisierung des Modells die Reaktion des Tanktourismus berücksichtigt (vgl. dazu die Ausführungen in Kapitel 10).

Innovationsanreize und First Mover Vorteile nicht berücksichtigt

Empirisch gibt es Belege, dass energiepolitische Massnahmen in Einzelfällen Innovationsanreize auslösen können. In Bezug auf die generelle, gesamtwirtschaftliche Innovationswirkung einer CO₂- oder Stromabgabe gibt es kaum empirische Evidenz. Grundsätzlich darf aber davon ausgegangen werden, dass zumindest das Potenzial bzw. das Umfeld für Innovationen vergrössert bzw. verbessert wird. Verschiedene Berichte der OECD¹⁰ weisen darauf hin, dass mit Energieabgaben oder allgemeiner Umweltabgaben die Innovation gefördert wird.

Ähnliches wie für die Innovationsanreize gilt auch für die First Mover Vorteile: Grundsätzlich hat die Schweiz – immer noch – eine relativ gute Ausgangslage für Energieeffizienztechnologieexporte (hohe Welthandelsanteile und Patente im Bereich von Energieeffizienz-Technologien).¹¹ Allerdings ist festzuhalten, dass durch eine Abgabe veränderte relative inländische Preise lediglich einen einzelnen Einflussfaktor für die technologische Leistungs- und Exportfähigkeit der Schweizer Energieeffizienz-Branchen darstellen.

In den nachfolgenden Berechnungen werden Innovationsanreize und First Mover Vorteile nicht berücksichtigt.

⁹ Die unterstellten Elastizitäten gelten für die kurze- bis mittlere Frist – in etwa bis 2020. Ab 2020 bis 2050 wurde eine konstante, lineare Zunahme der Elastizitäten um insgesamt 50% unterstellt. Bis 2030 wurde daher eine Zunahme der Elastizitäten um 17% angenommen.

Begründung: Verschiedene Studien zeigen, dass die Substitutionselastizitäten aus einer längerfristigen Sicht (in der Regel ökonometrisch geschätzt mittels Querschnittsanalysen) in etwa doppelt so hoch sind wie die kurz- und mittelfristigen Elastizitäten (geschätzt mittels Zeitreihenanalyse oder Paneldaten), vgl. bspw. Koetse, de Groot, Florax (2006), Capital-Energy Substitution and Shifts in Factor Demand: A Meta-Analysis. Auch ein Review für die Schweiz zeigt, dass die Elastizitäten in der langen Frist höher sind als in der kurzen Frist, vgl. Simmons-Süer, Atukeren, Busch (2011), Elastizitäten und Substitutionsmöglichkeiten der Elektrizitätsnachfrage.

¹⁰ Vgl. bspw. OECD (2006) und OECD (2010).

¹¹ Vgl. dazu Econcept (2008) oder den Masterplan Cleantech des Bundesamts für Berufsbildung und Technologie (2011) bzw. insbesondere die darin zitierten Studien Ostertag (2011) und Arvanitis, Ley, Wörter (2011). Diese und weitere Studien zu dieser Thematik sind zu finden unter www.cleantech.admin.ch.

Klimaschäden, atomare Risiken und externe Kosten nicht berücksichtigt

Nicht berücksichtigt, da nur sehr schwierig quantifizierbar, werden die mit dem Klima- und Energielenkungssystem anvisierte Vermeidung von Klimaschäden und die atomaren Risiken. Wie viele der klimabedingten Folgeschäden tatsächlich vermieden werden können, hängt im Wesentlichen von der internationalen Klimapolitik ab. Auf die ökonomische Bewertung atomarer Risiken verzichten wir, da dies impliziert, dass man den möglichen Schaden (bspw. ein GAU) und den Nutzen der risikobehafteten atomaren Stromproduktion gegeneinander abwägen könne. Entscheidungen über den Umgang mit solchen Katastrophenrisiken müssen aus unserer Sicht letztlich in einem gesellschaftlichen und politischen Diskurs gefällt werden.

Das Klima- und Energielenkungssystem bringt Wohlfahrtsgewinne durch geringere Luftverschmutzung, Lärm und Unfällen. Diese Sekundärnutzen wurden in Ecoplan (2012a und b) quantifiziert. Dazu wurden die externen Kosten in der Strom- und Wärmeproduktion sowie im Verkehrsbereich auf Basis der im Jahr 2012 vorliegenden Grundlagen abgeschätzt (vgl. Ecoplan (2012a), Anhang C). In der Zwischenzeit wurde ein umfassendes Update der externen Effekte des Verkehrs erarbeitet, vgl. Ecoplan, infras (2014). Diese neuen Grundlagen konnten wir im Rahmen der vorliegenden Studie nicht mehr berücksichtigen. Die Ausführungen in Ecoplan (2012a und b) zeigen aber, dass die Sekundärnutzen beachtlich sind. Sie liegen für das Szenario POM bzw. NEP für das Jahr 2035 bei 0.17% bzw. 0.43% Wohlfahrtsgewinn (vgl. bspw. Ecoplan (2012a), Abbildung 4).

In den nachfolgenden Berechnungen werden also Klimaschäden, atomare Risiken und Sekundärnutzen (Rückgang der externen Kosten) nicht berücksichtigt.

Modell berechnet Auswirkungen i. Vgl. zum Referenzszenario „Weiter wie bisher“

Mit dem Gleichgewichtsmodell SWISSGEM_E wird berechnet, welche Abweichungen vom Referenzszenario „Weiter wie bisher“ bei einem politischen Eingriff zu gewärtigen sind. Wie im vorgängigen Kapitel dargestellt, werden zwei verschiedene Szenarien mit unterschiedlichen Zielen bei der CO₂-Minderung für das Jahr 2030 von -30% bzw. -40% i.Vgl. zum Jahr 1990 und vier verschiedene Varianten einer exogen vorgegebenen CO₂-Abgabe sowie eine endogen berechnete uniforme CO₂-Abgabe, welche die vorgegebenen Ziele erreicht, untersucht.

Exkurs: Interpretationshilfe für das Verständnis der Modellresultate aus SWISSGEM_E

Nachfolgend wollen wir einige Aspekte zur Resultatinterpretation aufgreifen, die in der Diskussion von Modellresultaten und dem Vergleich von Resultaten aus anderen Modellen immer wieder auftauchen.

Modelling for insights not for numbers – Resultate sind Orientierungshilfe, keine Absolutaussagen

SWISSGEM_E ist ein optimierendes Systemmodell, das alternative Energieszenarien mit einem Referenzszenario vergleicht. Es werden also keine Prognosen gemacht, sondern szenarische Vergleiche vorgenommen. Hinzu kommt, dass wir einen langen Zeithorizont (bis 2030) abdecken mit grossen Unsicherheiten in Bezug auf die exogene Rahmenentwicklung (Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum,

Energietechnologiefortschritte usw.). Die Resultate aus SWISSGEM-E werden daher nicht als absolute Grössen dargestellt, sondern dienen als Orientierungshilfe in Form eines Relativvergleichs zwischen alternativen Szenarien (modelling for insights not for numbers).

SWISSGEM_E – kein „starres“ Modell, sondern flexibel reagierende Akteure

Gleichgewichtsmodelle wie SWISSGEM_E basieren auf einem bestimmten Benchmarkjahr (in unserem Fall das Jahr 2008) und bilden die wirtschaftliche Verflechtung im Rahmen der Input-Output-Tabelle detailliert ab. Die Vorleistungskoeffizienten aus der Input-Output-Tabelle sind nur für das Benchmarkjahr 2008 fix, danach sind alle Vorleistungs- und Faktorbeziehungen flexibel, d.h. die Wirtschaftsakteure sind bspw. in der Lage höheren Energiepreisen mit Effizienzmassnahmen auszuweichen. Weiter ist zu erwähnen, dass das Modell keine „starren“ Preiselastizitäten kennt, sondern steigende Grenzkosten aufweist.

SWISSGEM_E – auch ein „free lunch“ ist möglich

Den Gleichgewichtsmodellen wird vorgeworfen, dass sie per Definition nur „negative“ Resultate einer ambitionierteren Energiepolitik berechnen. Dem wäre so, wenn im Gleichgewichtsmodell in der Ausgangslage keine Ineffizienzen wie zum Beispiel verzerrende Steuern, Subventionen oder institutionelle Hemmnisse berücksichtigt werden. In SWISSGEM_E werden u.a. das bestehende verzerrende Steuersystem sowie Subventionen berücksichtigt. Es ist also durchaus möglich, dass energiepolitische Massnahmen sogar ohne Berücksichtigung von externen Kosten positive Resultate berechnet, ein sog. „free lunch“ ist also auch in Gleichgewichtsmodellen möglich.¹²

SWISSGEM_E – berücksichtigt technologischen Fortschritt, nicht aber endogenen Fortschritt

SWISSGEM_E baut für die kurz- bis mittelfristige Sicht (bis zum Jahr 2020) auf den heute beobachtbaren Substitutionsmöglichkeiten der Akteure auf. In Zukunft werden neue, bessere Effizienz- und Produktionstechnologien zur Verfügung stehen, die ein noch flexibleres Reagieren auf bspw. Energieabgaben ermöglichen. Dies wurde berücksichtigt, indem die Substitutionselastizitäten nach 2020 kontinuierlich erhöht wurden. Nicht berücksichtigt wurde aber der durch die Energiepolitik allenfalls zusätzlich ausgelöste Innovationsimpuls – sogenannter endogene technische Fortschritt. Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse werden Berechnungen mit höheren Substitutionselastizitäten durchgeführt. Weiter wird im Kapitel 6 dargelegt, welche Auswirkungen ein höherer oder tieferer technischer Fortschritt hat.

SWISSGEM_E und die heute bestehende Effizienzlücke

Viele Massnahmen wären heute eigentlich – wenn man sie isoliert betrachtet – für sich rentabel. Dies bedeutet aber nicht, dass energiepolitische Massnahmen zu volkswirtschaftlichen Gewinnen führen müssen. Die Gründe dafür können wir wie folgt zusammenfassen:

- *Referenzszenario – rechnet mit Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch:* Die heute zur Verfügung stehenden Technologien sind aufgrund des technischen Fortschrittes effizienter als die heute installierte Technologie. Die Energieeffizienzlücke, die sich aus dieser Diskrepanz berechnen lässt, wird aber in der unterstellten Referenzentwicklung bereits ausgeschöpft. Die Berechnungen von prognos (2012) zeigen, dass damit eine Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch bereits im Referenzszenario erreicht werden kann.
- *Technologische Rentabilitätsrechnungen von Energie-Effizienzmassnahmen kalkulieren nicht mit volkswirtschaftlichen Grenzkosten:* Ein illustratives Beispiel: Ein Unternehmen investiert in Stromeffizienzmassnahmen. Die eingesparte kWh kostet das Unternehmen bspw. 12 Rp./kWh. Dies ist aus

¹² Vgl. bspw. Ecoplan (2012b), in dem bei einigen Rückverteilungsvarianten bei moderaten Energieabgaben auch ohne Berücksichtigung der externen Kosten positive Resultate erzielt werden.

Sicht des Unternehmens rentabel, weil diese 12 Rp./kWh unter dem vom Unternehmen zu bezahlenden Strompreis liegen. Aus einzelbetrieblicher Sicht ist dies eine heute schon rentable Massnahme mit negativen Vermeidungskosten. Aus volkswirtschaftlicher Sicht muss diese Massnahme aber nicht rentabel sein, da bspw. hauptsächlich Kosten bei der Stromproduktion (zu Grenzkosten von bspw. 8 Rp./kWh) nicht aber bei den Netzkosten eingespart werden. In diesem Falle lägen die volkswirtschaftlichen Grenzvermeidungskosten unter diesen 12 Rp./kWh und die Massnahme wäre aus volkswirtschaftlicher Sicht nicht rentabel.

- *Technologische Rentabilitätsrechnungen von Energie-Effizienzmassnahmen berücksichtigen die Opportunitätskosten nicht:* Bei der Rentabilitätsrechnung für Einzelmassnahmen im Energieeffizienzbereich wird davon ausgegangen, dass es keine anderen noch rentablere Investitionen mehr gibt. Die volkswirtschaftliche Analyse geht aber davon aus, dass es neben den Energieeinspar-Investitionen noch andere rentable Investitionen gibt, die mit den Energieeinspar-Investitionen konkurrieren. Dies gilt insbesondere für Investitionen in das produktive „Kerngeschäft“ bei Unternehmen. Die Berücksichtigung dieser Opportunitätskosten erklärt einen guten Teil der Differenz zwischen der technologischen Rentabilitätsrechnung von Einzelmassnahmen und der gesamtwirtschaftlichen Analyse. Die Opportunitätskosten sind auch einer der wesentlichen Gründe, weshalb aus den technologischen Rentabilitätsberechnungen von Einzelmassnahmen nicht direkt auf die gesamtwirtschaftlichen Kosten geschlossen werden kann. Negative Einsparkosten bedeuten nicht, dass man gesamtwirtschaftlich Geld spart, wenn man in diese Einsparmassnahmen investiert.
- *Energiepolitische Massnahmen kosten (Vollzugskosten, Transaktionskosten usw.):* Aus gesamtwirtschaftlicher Sicht sind auch die Kosten der energiepolitischen Massnahmen zu berücksichtigen. Es sind dies bspw. Vollzugskosten beim Staat oder die Transaktionskosten bei den privaten Akteuren (bspw. die Zeit und den Aufwand für die Informationsbeschaffung, Projektorganisation usw.) oder volkswirtschaftliche „verzerrende“ Wirkungen von Abgaben zur Finanzierung von Förderbeiträgen. Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass wenn „rentabel“ erscheinende Massnahmen nicht freiwillig gemacht werden, irgendwelche Hindernisse vorhanden sind (bspw. Marktversagen bzw. Marktbarrieren in Bezug auf Liquiditätsrestriktionen, Vermieter-Mieter-Dilemma, Informationsdefizite usw.).
- *Rebound-Effekt:* Der technologische Fortschritt ist ein wichtiger Treiber für die sich verbessernde Energieeffizienz. Werden bspw. Geräte immer energieeffizienter, so müssen Haushalte und Unternehmen weniger Geld für den Betrieb dieser Geräte aufwenden. Das frei werdende Geld wird aber anderweitig eingesetzt: Bspw. können dafür mehr solcher Geräte (typisches Beispiel ist die Beleuchtung) oder grössere Geräte (bspw. Kühlschränke) eingesetzt werden. In diesem Fall spricht man von einem Rebound-Effekt. Aber auch dann, wenn das frei werdende Geld nicht direkt in ein „mehr vom selben“ gesteckt wird, wird der Konsum von anderen Gütern steigen und damit auch der Energieverbrauch. Damit wird selbstverständlich nicht der ganze Energieeinspareffekt kompensiert, aber es findet zumindest eine teilweise Kompensation über den Mehrkonsum anderer Güter statt, was im gesamtwirtschaftlichen Gleichgewichtsmodell SWISSGEM_E berücksichtigt wird.

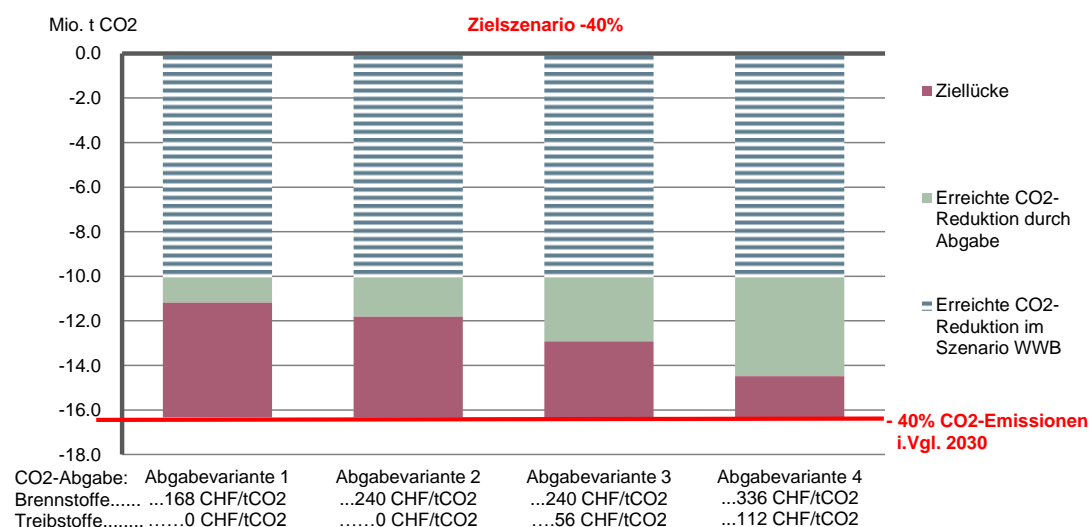
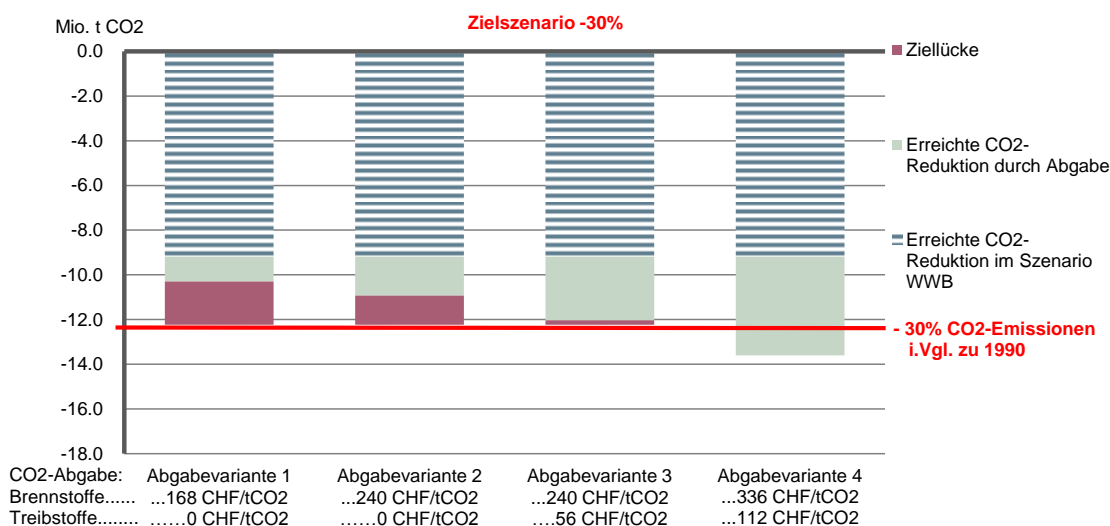
4 Ziellücken unterschiedlich hoher CO₂-Abgaben

4.1 Ziellücken bei unterschiedlich hohen Abgaben

In der vorgängigen Abbildung 2-1 sind die Zielvorgaben der beiden klima- und energiepolitischen Szenarien dargestellt und Abbildung 2-3 fasst die zu untersuchenden Instrumentenvarianten (Abgabevariante 1 bis Abgabevariante 4) zusammen.

Die Abbildung 4-1 zeigt, ob mit den zu untersuchenden Massnahmen (Abgabevariante 1 bis 4) die gesteckten Ziele erreicht werden können und wie gross eine allfällige Ziellücke ist. Weiter wird auch aufgezeigt, dass bereits im Referenzszenario WWB („Weiter wie bisher“) eine beträchtliche Reduktion der CO₂-Emissionen erzielt wird. Die detaillierten Zahlen und Berechnungen zur Ziellücke und zum Zielerreichungsgrad sind Abbildung 4-2 und Abbildung 4-3 zu entnehmen.

Abbildung 4-1: Ziellücken im Jahr 2030 im Vergleich zum Referenzjahr 1990 für die Zielszenarien -30% und -40%



Für das Jahr 1990 werden die CO₂-Emissionen (exkl. internationale Luftfahrt) auf rund 40.8 Mio. t CO₂ geschätzt. Bei einem Minderungsziel von -30% im Jahr 2030 im Vergleich zu 1990 ergibt sich eine notwendige Reduktion der CO₂-Emissionen um 12.2 Mio. t CO₂. Bei einem Ziel von -40% berechnet sich die Reduktion auf 16.3 Mio. t CO₂. Die beiden obigen Abbildungen zeigen die notwendige Reduktion im Jahr 2030 im Vergleich zu 1990 mit der „roten“ Linie (CO₂-Ziel).

Bereits im Szenario WWB grosse CO₂-Emissions-Minderung bis 2030

Die heute geltenden Massnahmen, der autonome technische Fortschritt¹³ sowie der Strukturwandel (Szenario WWB) bringen gemäss Modellrechnungen von prognos (2012) zwischen 1990 bis 2030 bereits eine beträchtliche CO₂-Emissionsreduktion von -9.2 Mio. t CO₂ (Zielszenario -30%) bzw. -10 Mio. t CO₂ (Zielszenario -40%). Der Beitrag des technischen Fortschritts und der bestehenden Massnahmen an die CO₂-Emissions-Minderung bis 2030 wurde nicht mit dem vorliegenden Modell erklärt, sondern entspricht den Abschätzungen von prognos (2012) (Szenario WWB) und wurde für die vorliegende Analyse vorgegeben. Die um 0.8 Mio. t CO₂ höhere Minderung im Zielszenario -40% ergibt sich aus der stärkeren Minderung in den EU-ETS-Sektoren.¹⁴ Hier wurde unterstellt, dass das Zielszenario -40% koordiniert mit der EU umgesetzt wird und entsprechend die Zielsetzungen im EU-ETS, welche für die Schweiz und die EU gelten, verschärft werden. Für alle anderen Massnahmen im Nicht-ETS-Bereich gelten hingegen dieselben Annahmen.

Zielszenario -30%: Nur mit Abgabevariante 4 kann Ziel erreicht werden

Mit der Abgabevariante 4, also einer Brennstoffabgabe von 336 CHF/t CO₂ und einer Treibstoffabgabe von 112 CHF/t CO₂, kann das Ziel von -30% erreicht, gar übertroffen werden.¹⁵ Bei der Abgabevariante 3 (240 bzw. 56 CHF/ tCO₂) wird das -30%-Ziel knapp verfehlt. Bei den beiden Varianten ohne Treibstoffabgabe (Abgabevariante 1 und Abgabevariante 2) wird das Reduktionsziel mehr oder weniger deutlich verfehlt. Die Abgabevariante 2 hat mit 240 CHF / t CO₂ eine doch schon spürbare Abgabe auf Brennstoffen. Allerdings nimmt bis 2030 der fossile Brennstoffeinsatz bereits aufgrund des unterstellten technischen Fortschritts und der bestehenden Massnahmen drastisch ab – deutlich stärker als der Treibstoffeinsatz. Im Szenario WWB beträgt der Anteil der CO₂-Emissionen aus Brennstoffen im Nicht-ETS-Bereich nur noch 45%, die restlichen 55% fallen auf CO₂-Emissionen aus Treibstoffen. Die „Steuerbasis“ für die Treibstoffabgabe ist somit im Jahre 2030 deutlich grösser als diejenige

¹³ Im Szenario WWB werden keine Technologiesprünge unterstellt. Im Begriff „technischer Fortschritt“, wie wir ihn in dieser Studie benutzen, beinhaltet bspw. auch den Ersatz von bestehenden, ineffizienten Geräte durch heute schon auf dem Markt befindliche Geräte. „Technischer Fortschritt“ ist somit ein Überbegriff, der sowohl den breiteren Einsatz bereits vorhandener Effizienztechnologien als auch neue effiziente Technologien wie auch den Strukturwandel umfasst (vgl. dazu die Ausführungen in Kapitel 6).

¹⁴ Weiter unterscheiden sich auch die Weltmarktpreise, was ebenfalls zu leichten Differenzen zwischen den beiden Szenarien führt.

¹⁵ Bei der Berechnung der Zielerreichung wurde unterstellt, dass die EU-ETS-Sektoren keine Ziellücke aufweisen, da diese durch Kauf von EU-ETS-Zertifikaten gedeckt werden kann (vgl. Abbildung 4-2 bzw. Abbildung 4-3).

für die Brennstoffabgabe. Dies ist einer der Gründe, wieso die Ziele trotz spürbarer CO₂-Abgabe auf Brennstoffe ohne CO₂-Abgabe auf Treibstoffe nicht erreicht werden.

Zielszenario -40%: Mit keiner der Abgabevariante kann Ziel erreicht werden

Wird bis ins Jahr 2030 eine CO₂-Reduktion von -40% gegenüber 1990 angestrebt, kann mit keiner der vier Abgabevariante das Ziel erreicht werden.

Abbildung 4-2: Ziellücken: Zielszenario -30%

		Zielszenario -30%, Jahr 2030					
		WWB	Abgabe- variante 1	Abgabe- variante 2	Abgabe- variante 3	Abgabe- variante 4	Uniforme Abgabe
Ziellücke ETS-Bereich i.Vgl. zu WWB (inkl. int. Luftfahrt)							
Ziel ETS	Mio. t CO ₂	9.1	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7
Emissionen CH im ETS	Mio. t CO ₂	9.6	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
Kauf von CO ₂ -Zertifikaten EU	Mio. t CO ₂	0.5	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8
Angerechnete Emissionen ETS	Mio. t CO ₂	9.1	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7
Zielerreichung ETS	%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Ziellücke ETS	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Ziellücke Non-ETS-Bereich i.Vgl. zu WWB (inkl. Sektoren mit Zielvereinbarungen)							
Emissionen im WWB	Mio. t CO ₂	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5
Ziel Non-ETS	Mio. t CO ₂		21.4	21.4	21.4	21.4	21.4
CO ₂ -Reduktion zur Zielerreichung	Mio. t CO ₂		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Emissionen der Varianten	Mio. t CO ₂		23.4	22.7	21.6	20.1	21.4
Erreichte CO ₂ -Reduktion durch CO ₂ -Abgabe	Mio. t CO ₂		1.1	1.7	2.9	4.4	3.0
Zielerreichung Non-ETS	%		37%	57%	94%	145%	100%
Ziellücke Non-ETS	%	100%	63%	43%	6%	-45%	0%
Total Ziellücke i. Vgl. zum Jahr 1990 (exkl. internationale Luftfahrt)							
CO ₂ -Emissionen im Jahr 1990 (exkl. int. Luftfahrt)	Mio. t CO ₂	40.8	40.8	40.8	40.8	40.8	40.8
CO ₂ -Ziel 2030	Mio. t CO ₂		28.6	28.6	28.6	28.6	28.6
CO ₂ -Emissionsreduktion Ziel 1990 -> 2030	Mio. t CO ₂		12.2	12.2	12.2	12.2	12.2
Ziellücke	Mio. t CO ₂	3.0	1.9	1.3	0.2	-1.4	0.0
Zielerreichung i.Vgl. zu 1990 inkl. Massnahmen des Szenarios WWB	%	75%	84%	89%	98%	111%	100%
Ziellücke i.Vgl. zu 1990	%	25%	16%	11%	2%	-11%	0%

Anmerkungen:

- (i) Das Ziel im Non-ETS beträgt 21.4 Mio. t CO₂. Im Szenario WWB erhalten wir 24.5 Mio. t CO₂. Die Reduktion i.Vgl. zum WWB beträgt -12.45% und liegt damit leicht über den vorgegebener Zielreduktion von -12.1%. Diese kleineren Abweichungen sind auf die Kalibrierung des Szenarios WWB zurückzuführen, welche leichte Abweichungen zu den Vorgaben aufweisen kann.
- (ii) Bei den ETS-Sektoren wurde unterstellt, dass diese dieselben Reduktionsziele haben wie der Non-ETS-Bereich. Dies gilt sowohl für die Zielszenarien -30% und -40% als auch für das Szenario WWB.

Abbildung 4-3: Ziellücken: Zielszenario -40%

		Zielszenario -40%, Jahr 2030					
		WWB	Abgabe- variante 1	Abgabe- variante 2	Abgabe- variante 3	Abgabe- variante 4	Uniforme Abgabe
Ziellücke ETS-Bereich i.Vgl. zu WWB (inkl. int. Luftfahrt)							
Ziel ETS	Mio. t CO ₂	9.1	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
Emissionen CH im ETS	Mio. t CO ₂	8.9	8.8	8.8	8.8	8.7	8.7
Kauf von CO ₂ -Zertifikaten EU	Mio. t CO ₂	-0.2	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
Angerechnete Emissionen ETS	Mio. t CO ₂	9.1	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
Zielerreichung ETS	%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Ziellücke ETS	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Ziellücke Non-ETS-Bereich i.Vgl. zu WWB (inkl. Sektoren mit Zielvereinbarungen)							
Emissionen im WWB	Mio. t CO ₂	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5
Ziel Non-ETS	Mio. t CO ₂		18.2	18.2	18.2	18.2	18.2
CO ₂ -Reduktion zur Zielerreichung	Mio. t CO ₂		6.3	6.3	6.3	6.3	6.3
Emissionen der Varianten	Mio. t CO ₂		23.4	22.7	21.6	20.1	18.2
Erreichte CO ₂ -Reduktion durch CO ₂ -Abgabe	Mio. t CO ₂		1.1	1.8	2.9	4.4	6.3
Zielerreichung Non-ETS	%		18%	28%	46%	71%	100%
Ziellücke Non-ETS	%	100%	82%	72%	54%	29%	0%
Total Ziellücke i. Vgl. zum Jahr 1990 (exkl. internationale Luftfahrt)							
CO ₂ -Emissionen im Jahr 1990 (exkl. int. Luftfahrt)	Mio. t CO ₂	40.8	40.8	40.8	40.8	40.8	40.8
CO ₂ -Ziel 2030	Mio. t CO ₂		24.5	24.5	24.5	24.5	24.5
CO ₂ -Emissionsreduktion Ziel 1990 -> 2030	Mio. t CO ₂		16.3	16.3	16.3	16.3	16.3
Ziellücke	Mio. t CO ₂	6.3	5.1	4.5	3.4	1.8	0.0
Zielerreichung i.Vgl. zu 1990 inkl. Massnahmen des Szenarios WWB	%	62%	68%	72%	79%	89%	100%
Ziellücke i.Vgl. zu 1990	%	38%	32%	28%	21%	11%	0%

Die Anmerkungen der Abbildung 4-2 gelten hier sinngemäss.

4.2 Abgabeaufkommen und Rückverteilung

Abbildung 4-4 (für Szenario -30%) und Abbildung 4-5 (für Szenario -40%) zeigen das Aufkommen aus dem ETS, der CO₂-Abgabe und der Stromabgabe sowie die Rückverteilung an Bevölkerung und Wirtschaft.

Bei der Berechnung des Abgabeaufkommens sind folgende Punkte berücksichtigt:

- *EU-ETS-Sektoren:* Für das Jahr 2030 wird unterstellt, dass die Emissionsrechte auktioniert werden. Für den sich ergebenden EU-ETS-Zertifikatspreis gelten die Annahmen gemäss Energiestrategie 2050 (vgl. dazu Abbildung 3-3).
- *Sektoren mit verbindlicher Zielvereinbarung mit dem Bund:* Diese Sektoren (vgl. Abbildung 3-2) sind von der Abgabe (sowohl Strom- als auch CO₂-Abgabe) befreit, generieren also kein Abgabeaufkommen.
- *Übrige Sektoren und Haushalte* zahlen die entsprechende CO₂- und Stromabgabe.

Bei der Rückverteilung des Abgabeaufkommens wurde berücksichtigt, dass ein Teil des Abgabeaufkommens nicht an Bevölkerung und Wirtschaft rückverteilt wird:

- *Gebäudeprogramm:* Im Szenario WWB wurde unterstellt, dass das Gebäudeprogramm mit einem Betrag von 200 Mio. CHF, finanziert über die CO₂-Abgabe, weitergeführt wird (entspricht dem Szenario WWB gemäss Energiestrategie 2050). In den beiden

Zielszenarien -30% und -40% wird angenommen, dass das Gebäudeprogramm schon vor 2030 (d.h. bis 2025) vollständig zurückgefahren wird.

- *Netzzuschlag beim Strom:* Wir haben in allen Szenarien die Stromangebotsvariante C&E unterstellt (forcierte erneuerbare Stromproduktion und GuD). Die Finanzierung dieser Stromangebotsvariante wird mittels einer Erhöhung des Netzzuschlags auf 2.3 Rp./kWh finanziert und steht daher für die Rückverteilung nicht mehr zur Verfügung.¹⁶
- *Kompensation der Mineralölsteuer beim Treibstoff:* Bei den Varianten mit einer CO₂-Abgabe auf Treibstoffen wird der Treibstoffkonsum gedrosselt und die zweckgebundenen Einnahmen aus der Mineralölsteuer gehen zurück. Dieser Rückgang des Mineralösteueraufkommens soll aus dem Abgabeaufkommen kompensiert werden und steht für die Rückverteilung an Wirtschaft und Bevölkerung nicht mehr zur Verfügung.

Die nachfolgenden beiden Abbildungen zeigen neben den Abgabevarianten 1 bis 4, welche die gesteckten Ziele in der Regel nicht erreichen, auch das Abgabeaufkommen und die Rückverteilung einer uniformen CO₂-Abgabe. Die Höhe dieser uniformen CO₂-Abgabe ist so bemessen, dass damit gerade die Ziele erreicht werden. Die Abbildungen zeigen immer das gesamte Abgabeaufkommen und die Rückverteilungsvolumen. Die zusätzlichen Abgabeaufkommen und Rückverteilungsvolumen zum Szenario WWB können als Differenz zwischen den Abgabevarianten 1 bis 4 bzw. der uniformen CO₂-Abgabe und dem Szenario WWB berechnet werden.

Zielszenario -30%: 5.4 Mrd. CHF Abgabeaufkommen, davon 68% rückverteilt

Die notwendige uniforme Abgabe zur Erreichung einer CO₂-Reduktion von -30% bis ins Jahr 2030 im Vergleich zum Jahr 1990 generiert ein gesamtes Abgabeaufkommen von 5.39 Mrd. CHF. Da bereits im Szenario WWB aufgrund der CO₂-Abgabe auf Brennstoffen von 72 CHF/t CO₂ und des Netzzuschlags sowie aus dem ETS ein Abgabeaufkommen von 2.29 Mrd. CHF erzielt wird, ergeben sich insgesamt zusätzliche Einnahmen von 3.1 Mrd. CHF.

Von den 5.39 Mrd. CHF werden 68% an Wirtschaft und Bevölkerung rückverteilt. Die restlichen 32% werden für den Netzzuschlag und die Kompensation bei den Mineralösteuern¹⁷ verwendet. 30%, oder 182 CHF/Kopf, werden an die Bevölkerung verteilt, 38% gemäss AHV-Lohnsumme an die Wirtschaft.

¹⁶ Die 2.3 Rp./kWh entsprechen dem gesamten Netzzuschlag und dienen nicht ausschliesslich der Subventionierung der erneuerbaren Stromproduktion.

¹⁷ Die Abgabe auf Treibstoffe führt zu einer geringeren Treibstoffnachfrage. Das führt zu geringeren Einnahmen bei den Mineralösteuern. Dieser Einnahmefall bei den Mineralösteuern soll kompensiert werden. Wie dies in der Praxis erfolgen soll, wird hier nicht thematisiert. Zu erwähnen ist, dass eine solche Kompensation bei anderen Massnahmen – bspw. strengere CO₂-Emissionsvorschriften – bisher nicht diskutiert wurde.

Abbildung 4-4: Einnahmen und Rückverteilung CO₂-, Stromabgabe, ETS: Zielszenario -30%

		Zielszenario -30%, Jahr 2030											
		WWB		Abgabe- variante 1		Abgabe- variante 2		Abgabe- variante 3		Abgabe- variante 4		Uniforme Abgabe	
Total CH-Einnahmen CO2-, Stromabgabe/ETS	Mrd. CHF	2.29	100%	4.17	100%	4.64	100%	5.29	100%	6.39	100%	5.39	100%
TOTAL Rückverteilung/Verwendung	Mrd. CHF	2.29	100%	4.17	100%	4.64	100%	5.29	100%	6.39	100%	5.39	100%
Nicht rückverteilt (Netzzuschlag/Gebäude/Komp.)	Mrd. CHF	1.38	60%	1.08	26%	1.08	23%	1.41	27%	1.66	26%	1.74	32%
an Bevölkerung und Wirtschaft	Mrd. CHF	0.91	40%	3.09	74%	3.55	77%	3.89	73%	4.74	74%	3.65	68%
- davon an Haushalte (pro Kopf): Total	Mrd. CHF	0.41	18%	1.27	30%	1.55	33%	1.76	33%	2.26	35%	1.60	30%
pro Kopf	CHF/Kopf	47		145		176		200		258		182	
- davon an Wirtschaft (gem. AHV-Lohnsumme)	Mrd. CHF	0.50	22%	1.82	44%	2.01	43%	2.13	40%	2.47	39%	2.05	38%
Total CH-Nettoeinnahmen CO2-Abgabe und ETS	Mrd. CHF	1.11	49%	1.90	46%	2.42	52%	3.09	58%	4.27	67%	3.11	58%
- davon ETS-Nettoeinnahmen	Mrd. CHF	0.36	16%	0.33	8%	0.33	7%	0.33	6%	0.33	5%	0.33	6%
Zielmenge im ETS	Mio. t CO2	9.10		8.65	207%	8.65	186%	8.65	163%	8.65	135%	8.65	161%
ETS-Preis	CHF/t CO2	42.00		42.00		42.00		42.00		42.00		42.00	
Total Einnahmen (inkl. Importe)	Mrd. CHF	0.38		0.36	9%	0.36	8%	0.36	7%	0.36	6%	0.36	7%
Nettoimporte CO2-Zertifikate	Mio. t CO2	0.51		0.85	20%	0.85	18%	0.83	16%	0.82	13%	0.82	15%
abzüglich Zertifikatszahlungen an EU	Mrd. CHF	0.02		0.04	1%	0.04	1%	0.04	1%	0.03	1%	0.03	1%
Total ETS-Nettoeinnahmen in CH	Mrd. CHF	0.36		0.33	8%	0.33	7%	0.33	6%	0.33	5%	0.33	6%
- davon Einnahmen CO2-Abgabe	Mrd. CHF	0.75	33%	1.57	38%	2.09	45%	2.76	52%	3.94	62%	2.78	52%
Rückverteilung/Verwendung CO2-Abgabe und ETS	Mrd. CHF	1.11	49%	1.90	46%	2.42	52%	3.09	58%	4.27	67%	3.11	58%
Gebäudeprogr./Kompensation Treibstoffsteuern	Mrd. CHF	0.20	9%	0.00	0%	0.00	0%	0.32	6%	0.57	9%	0.65	12%
an Bevölkerung und Wirtschaft	Mrd. CHF	0.91	40%	1.90	46%	2.42	52%	2.77	52%	3.69	58%	2.45	46%
- davon an Haushalte (pro Kopf): Total	Mrd. CHF	0.41	18%	0.87	21%	1.17	25%	1.38	26%	1.91	30%	1.20	22%
pro Kopf	CHF/Kopf	47		99		133		157		218		136	
- davon an Wirtschaft (gem. AHV-Lohnsumme)	Mrd. CHF	0.50	22%	1.03	25%	1.26	27%	1.39	26%	1.78	28%	1.26	23%
Total Einnahmen Stromabgabe	Mrd. CHF	1.18	51%	2.27	54%	2.22	48%	2.21	42%	2.13	33%	2.28	42%
Rückverteilung/Verwendung Stromabgabe	Mrd. CHF	1.18	51%	2.27	54%	2.22	48%	2.21	42%	2.13	33%	2.28	42%
Netzzuschlag	Mrd. CHF	1.18	51%	1.08	26%	1.08	23%	1.08	20%	1.08	17%	1.08	20%
an Bevölkerung und Wirtschaft	Mrd. CHF	0.00	0%	1.19	28%	1.13	24%	1.12	21%	1.05	16%	1.20	22%
- davon an Haushalte (pro Kopf): Total	Mrd. CHF	0.00	0%	0.40	10%	0.38	8%	0.38	7%	0.35	5%	0.40	7%
pro Kopf	CHF/Kopf	0		46		43		43		40		46	
- davon an Wirtschaft (gem. AHV-Lohnsumme)	Mrd. CHF	0.00	0%	0.79	19%	0.75	16%	0.74	14%	0.69	11%	0.79	15%

Zielszenario -40%: 8.1 Mrd. CHF Abgabeaufkommen, davon 72% rückverteilt

Die notwendige, uniforme Abgabe zur Erreichung einer CO₂-Reduktion von -40% bis ins Jahr 2030 im Vergleich zum Jahr 1990 generiert ein gesamtes Abgabeaufkommen von 8.07 Mrd. CHF. Da bereits im Szenario WWB aufgrund der CO₂-Abgabe auf Brennstoffen von 72 CHF/t CO₂ und des Netzzuschlags sowie aus dem ETS ein Abgabeaufkommen von 2.78 Mrd. CHF erzielt wird, ergeben sich insgesamt zusätzliche Einnahmen von 5.3 Mrd. CHF.

Von den 8.07 Mrd. CHF werden 72% an Wirtschaft und Bevölkerung rückverteilt. Die restlichen 28% werden für den Netzzuschlag und die Kompensation bei den Mineralösteuern verwendet. 33%, oder 306 CHF/Kopf, werden an die Bevölkerung verteilt, 39% gemäss AHV-Lohnsumme an die Wirtschaft.

Abbildung 4-5: Einnahmen und Rückverteilung CO₂-, Stromabgabe, ETS: Zielszenario -40%

			Zielszenario -40%, Jahr 2030											
			WWB		Abgabe- variante 1		Abgabe- variante 2		Abgabe- variante 3		Abgabe- variante 4		Uniforme Abgabe	
Total CH-Einnahmen CO2-, Stromabgabe/ETS	Mrd. CHF		2.78	100%	4.43	100%	4.89	100%	5.55	100%	6.65	100%	8.07	100%
TOTAL Rückverteilung/Verwendung	Mrd. CHF		2.78	100%	4.43	100%	4.89	100%	5.55	100%	6.65	100%	8.07	100%
Nicht rückverteilt (Netzzuschlag/Gebäude/Komp.)	Mrd. CHF		1.38	50%	1.08	24%	1.08	22%	1.41	25%	1.66	25%	2.26	28%
an Bevölkerung und Wirtschaft	Mrd. CHF		1.40	50%	3.34	76%	3.81	78%	4.14	75%	4.99	75%	5.81	72%
- davon an Haushalte (pro Kopf): Total	Mrd. CHF		0.41	15%	1.24	28%	1.52	31%	1.73	31%	2.24	34%	2.69	33%
pro Kopf	CHF/Kopf		47		141		173		197		255		306	
- davon an Wirtschaft (gem. AHV-Lohnsumme)	Mrd. CHF		0.99	36%	2.10	47%	2.29	47%	2.41	43%	2.75	41%	3.12	39%
Total CH-Nettoeinnahmen CO2-Abgabe und ETS	Mrd. CHF		1.60	58%	2.24	51%	2.76	56%	3.43	62%	4.60	69%	6.02	75%
- davon ETS-Nettoeinnahmen	Mrd. CHF		0.89	32%	0.57	13%	0.57	12%	0.57	10%	0.57	9%	0.57	7%
Zielmenge im ETS	Mio. t CO2		9.10		7.35	166%	7.35	150%	7.35	132%	7.35	110%	7.35	91%
ETS-Preis	CHF/t CO2		96.00		96.00		96.00		96.00		96.00		96.00	
Total Einnahmen (inkl. Importe)	Mrd. CHF		0.87		0.71	16%	0.71	14%	0.71	13%	0.71	11%	0.71	9%
Nettoimporte CO2-Zertifikate	Mio. t CO2		-0.22		1.43	32%	1.43	29%	1.41	25%	1.40	21%	1.37	17%
abzüglich Zertifikatszahlungen an EU	Mrd. CHF		-0.02		0.14	3%	0.14	3%	0.14	2%	0.13	2%	0.13	2%
Total ETS-Nettoeinnahmen in CH	Mrd. CHF		0.89		0.57	13%	0.57	12%	0.57	10%	0.57	9%	0.57	7%
- davon Einnahmen CO2-Abgabe	Mrd. CHF		0.71	25%	1.67	38%	2.19	45%	2.86	51%	4.03	61%	5.45	67%
Rückverteilung/Verwendung CO2-Abgabe und ETS	Mrd. CHF		1.60	58%	2.24	51%	2.76	56%	3.43	62%	4.60	69%	6.02	75%
Gebäudeprogr./Kompensation Treibstoffsteuern	Mrd. CHF		0.20	7%	0.00	0%	0.00	0%	0.32	6%	0.58	9%	1.17	15%
an Bevölkerung und Wirtschaft	Mrd. CHF		1.40	50%	2.24	51%	2.76	56%	3.10	56%	4.02	60%	4.85	60%
- davon an Haushalte (pro Kopf): Total	Mrd. CHF		0.41	15%	0.87	20%	1.17	24%	1.38	25%	1.91	29%	2.36	29%
pro Kopf	CHF/Kopf		47		99		133		157		218		269	
- davon an Wirtschaft (gem. AHV-Lohnsumme)	Mrd. CHF		0.99	36%	1.37	31%	1.59	33%	1.72	31%	2.11	32%	2.48	31%
Total Einnahmen Stromabgabe	Mrd. CHF		1.18	42%	2.19	49%	2.13	44%	2.12	38%	2.05	31%	2.05	25%
Rückverteilung/Verwendung Stromabgabe	Mrd. CHF		1.18	42%	2.19	49%	2.13	44%	2.12	38%	2.05	31%	2.05	25%
Netzzuschlag	Mrd. CHF		1.18	42%	1.08	24%	1.08	22%	1.08	20%	1.08	16%	1.08	13%
an Bevölkerung und Wirtschaft	Mrd. CHF		0.00	0%	1.10	25%	1.05	21%	1.04	19%	0.96	14%	0.97	12%
- davon an Haushalte (pro Kopf): Total	Mrd. CHF		0.00	0%	0.37	8%	0.35	7%	0.35	6%	0.32	5%	0.32	4%
pro Kopf	CHF/Kopf		0		42		40		40		37		37	
- davon an Wirtschaft (gem. AHV-Lohnsumme)	Mrd. CHF		0.00	0%	0.73	17%	0.69	14%	0.69	12%	0.64	10%	0.64	8%

Abgabevariante 1 bis 4: 4.2 bis 6.6 Mrd. CHF Abgabeaufkommen, davon rund 75% rückverteilt

Die Abgabevarianten 1 bis 4 generieren insgesamt Einnahmen zwischen 4.2 bis 6.6 Mrd. CHF. Rund 75% dieser Einnahmen werden rückverteilt, wenn Netzzuschlag und die Kompensation der Mineralölsteuer abgezogen sind. Die Rückverteilung an die Bevölkerung entspricht rund 140 bis 260 CHF/Kopf. Werden davon die rund 50 CHF/Kopf im Szenario WWB abgezogen, so werden zusätzlich zum WWB zwischen 90 (Abgabevariante 1, Zielszenario -30%) bis 210 (Abgabevariante 4, Zielszenario -40%) CHF/Kopf rückverteilt.

4.3 Volkswirtschaftliche Auswirkungen unterschiedlich hoher Abgaben und verbleibender Handlungsbedarf

In Abbildung 4-7 und Abbildung 4-8 werden für die beiden Zielszenarien -30% und -40% die berechneten Abgabeverarianten, die Ziellücken der Abgabeverarianten 1 bis 4 sowie die notwendige Abgabehöhe bei einer endogenen, uniformen CO₂-Abgabe zusammenfassend dargestellt. Weiter werden die volkswirtschaftlichen Auswirkungen für folgende Grössen aufgezeigt:

- Wohlfahrt und Konsum
- BIP und Beschäftigung
- Aussenhandel (Importe und Exporte).

Dabei ist zu beachten, dass mit den berechneten Abgabeverarianten die Ziele nur teilweise erreicht werden. Die volkswirtschaftlichen Effekte der verschiedenen Abgabeverarianten sind daher nicht miteinander vergleichbar, da sie einen unterschiedlichen Zielerreichungsgrad haben. Zudem beinhalten die Ergebnisse bis 2030 eine Teilzweckbindung der Stromabgabe für die KEV. Somit entsprechen die Berechnungen noch der Übergangsphase und nicht der Endphase, welche die Ablösung dieser Fördermassnahme vorsieht.

4.3.1 Notwendige Abgabehöhe zur Erreichung der Ziele

Zielszenario -30%: Abgabe von 134 CHF/t CO₂, Stromabgabe von knapp 5 Rp./kWh¹⁸

Mit einer uniformen CO₂-Abgabe auf Brenn- und Treibstoffe von rund 134 CHF/t CO₂ könnte bei gegebenen Annahmen (vgl. dazu auch die Ausführungen der Kapitel 6, 7, 8) das -30%-Ziel per 2030 erreicht werden. Die Stromabgabe berechnet sich auf knapp 5 Rp./kWh, was einem Zuschlag von rund 20% auf dem Strompreis für Haushalte entspricht. Zu beachten ist, dass der relative Zuschlag für grössere, nicht von der Stromabgabe befreite Stromkonsumenten in Industrie, Dienstleistung und Gewerbe deutlich höher ist, da diese teilweise deutlich tiefere Strompreise haben als die Haushalte.

Zielszenario -40%: Abgabe von 309 CHF/t CO₂, Stromabgabe von knapp 5 Rp./kWh

Wird das CO₂-Ziel auf -40% verschärft, wäre eine deutlich höhere CO₂-Abgabe auf Brenn- und Treibstoffen von 309 CHF/t CO₂ notwendig. Die Stromabgabe würde weiterhin unter 5 Rp./kWh bleiben. Eine Substitution hin zu vermehrten Elektrizitätsverbrauch findet zwar statt, diesem wirkt allerdings der durch die CO₂-Abgabe ausgelöste Strukturwandel und die geringere Wirtschaftstätigkeit entgegen. Weiter ist anzumerken, dass die direkte Substitutionswirkung der Treibstoffabgabe hin zum Strom bis ins Jahr 2030 noch nicht sehr hoch ist.

¹⁸ Bei der Stromabgabe ist jeweils ein Netzzuschlag von 2.3 Rp./kWh enthalten.

4.3.2 Auswirkungen auf die Wohlfahrt

Die Wohlfahrt ist ein besseres Mass zur Beurteilung der politischen Massnahmen als das BIP. Das BIP zeigt einzig die Veränderung der wirtschaftlichen Leistung, die Wohlfahrt hingegen zeigt die Veränderung des Nutzenniveaus der Haushalte. Bei den nachfolgend dargestellten Wohlfahrtseffekten werden nur die wirtschaftlichen Effekte monetär bewertet.¹⁹ Der eigentliche Primärnutzen der Energiestrategie 2050 (Erreichung der Klimaziele und damit u.U. weniger Klimaschäden und atomare Risiken) werden nicht berücksichtigt. Auch allfällige endogene Wachstumsimpulse und „first mover advantages“ und Sekundärnutzen (Rückgang der externen Kosten) werden nicht berücksichtigt. Weiter werden nur die Auswirkungen der Abgabeverarianten aufgezeigt. Da die Abgabeverarianten die gesteckten Ziele nicht immer erreichen, sind weitere Massnahmen notwendig (bspw. Standards). Die Kosten dieser weiteren Massnahmen sind in den nachfolgend aufgezeigten Auswirkungen ebenfalls nicht enthalten (vgl. dazu die qualitativen Ausführungen im Kapitel 4.5).

Abgabeverarianten 1 bis 4: Geringe Wohlfahrtsverluste

In den Abgabeverarianten 1 bis 4 ist mit Wohlfahrtsverlusten im Jahr 2030 von -0.08% bis maximal -0.24% zu rechnen. Die Wohlfahrt liegt im Jahr 2030 also bis maximal -0.24% tiefer als beim Referenzszenario WWB (für einen grafischen Überblick vgl. Abbildung 4-6, die Details sind Abbildung 4-7 und Abbildung 4-8 zu entnehmen). Wie sind diese Wohlfahrtseffekte zu erklären?

- *Negative Wirkung der CO₂- und Stromabgabe:* Die zusätzliche CO₂- und Stromabgabe verteuert die Energie und damit auch die energieintensiven Güter. Der Konsumentenpreisindex steigt, die Realeinkommen sinken. Für die Haushalte steht somit weniger Geld für Konsum zur Verfügung, die Wohlfahrt sinkt.
- *Positive Wirkung der Rückverteilung der Einnahmen aus CO₂- und Stromabgabe:* Werden die Einnahmen an Haushalte (Pro-Kopf) und an die Wirtschaft (mittels Senkung der Lohnnebenkosten) rückverteilt, ergeben sich positive Wohlfahrtswirkungen. Bei der Senkung der Lohnnebenkosten werden heute bestehende Steuern gesenkt, was zusätzlich einen positiven Anreiz im Hinblick auf die Arbeitsentscheidung der Haushalte ergibt.
- Per Saldo überwiegen die negativen Effekte leicht, so dass sich leichte Wohlfahrtseinbussen einstellen.

¹⁹ Bei der Messung der Wohlfahrts- bzw. Effizienzeffekte benutzen wird die so genannte Hicks' äquivalente Variation (HEV). Die HEV gibt an, wie viel Einkommen, gemessen zu Preisen des Referenzszenarios WWB, den Haushalten gegeben resp. genommen werden müsste, damit sie gleich gut wie in den berechneten Abgabeverarianten 1 bis 4 gestellt werden. Bei der Berechnung der HEV werden somit die veränderten Arbeits- und Kapital- sowie Konsumgüterpreise berücksichtigt.

Wohlfahrtsverluste bei uniformer CO₂-Abgabe

Werden die CO₂-Ziele von -30% bzw. -40% mittels einer uniformen CO₂-Abgabe in der Höhe von 134 bzw. 309 CHF/t CO₂ erreicht, ist im Jahre 2030 mit Wohlfahrtsverlusten von -0.14% bzw. -0.35% zu rechnen (immer im Vergleich zum Szenario WWB).

Abbildung 4-6: Wohlfahrtseffekte (exkl. Klima- und Sekundärnutzen) und erreichte CO₂-Minderung

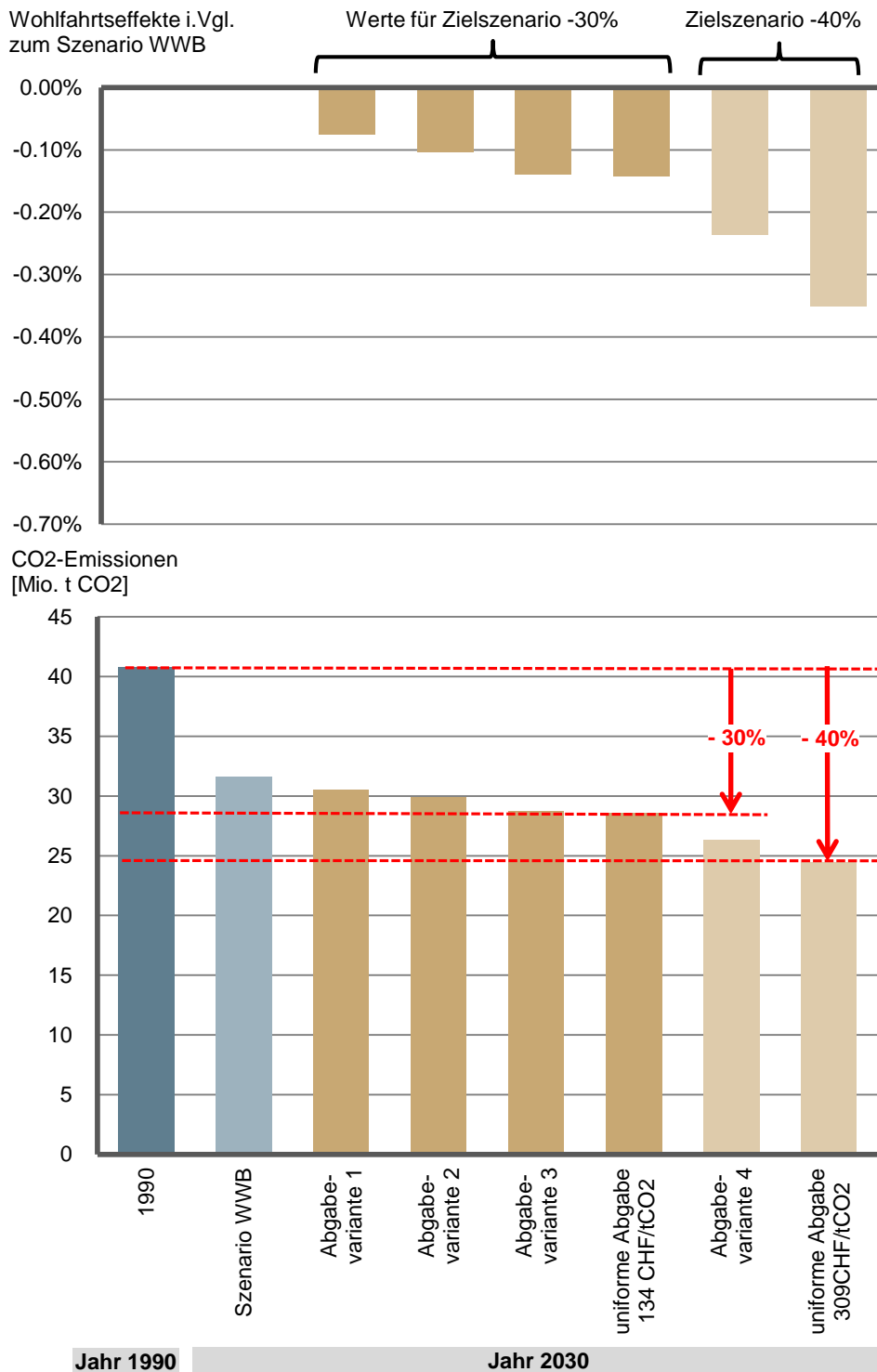


Abbildung 4-7: Volkswirtschaftliche Auswirkungen unterschiedlich hoher Abgaben und verbleibende Zielerreichungslücke im Vergleich zum Szenario WWB: Zielszenario -30%, Jahr 2030

Anmerkung: Die zusätzlichen volkswirtschaftlichen Kosten zur Erreichung der Ziele über strengere Vorschriften sind nicht enthalten, d.h. es werden nur die Kosten der Abgaben ermittelt.			Zielszenario -30%, Jahr 2030				
			WWB	Abgabe-variante 1	Abgabe-variante 2	Abgabe-variante 3	Abgabe-variante 4
CO2- und Stromabgaben							
CO2-Abgabe auf Brennstoffe	CHF/t CO2	72	168	240	240	336	134
"	CHF/l HEL	0.19	0.44	0.63	0.63	0.89	0.32
CO2-Abgabe auf Treibstoffe	CHF/t CO2	0	0	0	56	112	134
"	CHF/l Benzin	0	0	0	0.13	0.27	0.35
Stromabgabe	in % durchschn. Haushaltstrompreis	10%	21%	21%	20%	20%	20%
	Rp./kWh	2.3	4.8	4.8	4.7	4.7	4.5
Ziellücke Non-ETS-Bereich i.Vgl. zu WWB (inkl. Sektoren mit Zielvereinbarungen)							
Ziellücke	Mio. t CO2	3.0	1.9	1.3	0.2	-1.4	0.0
"	in %	100%	63%	43%	6%	-45%	0%
Auswirkungen auf Wohlfahrt und Konsum i.Vgl. zum WWB							
Wohlfahrt (exkl. Klima- und Sekundärnutzen)	Δ % WWB		-0.08 %	-0.10 %	-0.14 %	-0.22 %	-0.14 %
Konsum	Δ % WWB		-0.2 %	-0.3 %	-0.4 %	-0.6 %	-0.4 %
Auswirkungen auf BIP und Beschäftigung i.Vgl. zum WWB							
BIP	Δ % WWB		-0.3 %	-0.4 %	-0.6 %	-0.9 %	-0.6 %
Beschäftigung	Δ % WWB		-0.07 %	-0.1 %	-0.2 %	-0.3 %	-0.2 %
Auswirkungen auf Aussenhandel i.Vgl. zum WWB							
Exporte	Δ % WWB		-0.6 %	-0.7 %	-1.0 %	-1.4 %	-1.2 %
Importe	Δ % WWB		-0.5 %	-0.6 %	-0.9 %	-1.3 %	-1.2 %

Abbildung 4-8: Volkswirtschaftliche Auswirkungen unterschiedlich hoher Abgaben und verbleibende Zielerreichungslücke im Vergleich zum Szenario WWB: Zielszenario -40%, Jahr 2030

Anmerkung: Die zusätzlichen volkswirtschaftlichen Kosten zur Erreichung der Ziele über strengere Vorschriften sind nicht enthalten, d.h. es werden nur die Kosten der Abgaben ermittelt.			Zielszenario -40%, Jahr 2030					
			WWB	Abgabe-variante 1	Abgabe-variante 2	Abgabe-variante 3	Abgabe-variante 4	Uniforme Abgabe
CO2- und Stromabgaben								
CO2-Abgabe auf Brennstoffe	CHF/t CO2	72	168	240	240	336	309	
"	CHF/l HEL	0.19	0.44	0.63	0.63	0.89	0.81	
CO2-Abgabe auf Treibstoffe	CHF/t CO2	0	0	0	56	112	309	
"	CHF/l Benzin	0	0	0	0.13	0.27	0.73	
Stromabgabe	in % durchschn. Haushaltstrompreis	10%	20%	20%	20%	19%	19%	
	Rp./kWh	2.3	4.6	4.5	4.5	4.3	4.3	
Ziellücke Non-ETS-Bereich i.Vgl. zu WWB (inkl. Sektoren mit Zielvereinbarungen)								
Ziellücke	Mio. t CO2	6.3	5.1	4.5	3.4	1.8	0.0	
"	in %	100% ❌	82% ❌	72% ❌	54% ❌	29% ❌	0% ✅	
Auswirkungen auf Wohlfahrt und Konsum i.Vgl. zum WWB								
Wohlfahrt (exkl. Klima- und Sekundärnutzen)	Δ % WWB		-0.10 %	-0.13 %	-0.16 %	-0.24 %	-0.35 %	
Konsum	Δ % WWB		-0.2 %	-0.3 %	-0.4 %	-0.6 %	-0.9 %	
Auswirkungen auf BIP und Beschäftigung i.Vgl. zum WWB								
BIP	Δ % WWB		-0.3 %	-0.4 %	-0.6 %	-0.9 %	-1.3 %	
Beschäftigung	Δ % WWB		-0.08 %	-0.1 %	-0.2 %	-0.3 %	-0.5 %	
Auswirkungen auf Aussenhandel i.Vgl. zum WWB								
Exporte	Δ % WWB		-0.5 %	-0.7 %	-1.0 %	-1.4 %	-2.1 %	
Importe	Δ % WWB		-0.5 %	-0.6 %	-0.9 %	-1.3 %	-2.0 %	

Anmerkung: Die kleinen Unterschiede in den Auswirkungen der Abgabevarianten 1 bis 4 zwischen den Zielszenarien -30% und -40% sind auf die unterschiedlichen Weltmarktpreise und die unterschiedliche Zielsetzung beim ETS zurückzuführen.

4.3.3 Auswirkungen auf BIP, Beschäftigung und Konsum

Bruttoinlandprodukt (BIP, als Indikator für die Wirtschaftsleistung)

CO₂- und Stromabgaben führen zu einem Niveaueffekt in Bezug auf die Nachfrage nach Arbeit und Kapital (Faktornachfrage) und zu einem Substitutionseffekt, weg von Energie, hin zu Arbeit und Kapital. Der Niveaueffekt zusätzlicher CO₂- und Stromabgaben ist negativ. Die Wirtschaft sieht sich konfrontiert mit einer zusätzlichen Belastung und vermindert die Faktornachfrage. Der Substitutionseffekt wirkt dagegen positiv auf die Faktornachfrage: CO₂- und Stromabgabe verringern den Einsatz von Energie in der Produktion und damit die Produktivität der Faktoren Arbeit und Kapital. Dies führt zu einem Sinken der realen Faktorentlohnung und damit zu einer relativen Verbilligung der Faktoren Arbeit und Kapital gegenüber Energie. Da ein Teil der CO₂- und Stromabgaben für eine Senkung der Lohnnebenkosten eingesetzt wird, führt dies zu einer weiteren Verbilligung des Faktors Arbeit gegenüber Energie.

Insgesamt überwiegt der Niveaueffekt, so dass das Bruttoinlandprodukt (BIP) in den Abgabevarianten 1 bis 4 im Vergleich zum Referenzszenario WWB um -0.3% (Abgabevariante 1) bis -0.9% (Abgabevariante 4) abnimmt. Diese BIP-Abnahme ist so zu interpretieren, dass das BIP im Jahre 2030 um -0.9% unter dem BIP des Referenzszenarios WWB liegt. Wird dieser Niveauunterschied im BIP in jährliche BIP-Wachstumsraten umgerechnet, so entspricht dies einer Wachstumseinbusse von rund -0.05% pro Jahr.

Die grösste BIP-Einbusse von -1.3% resultiert im Zielszenario -40% mit einer uniformen Abgabe von 309 CHF/t CO₂.

Beschäftigung und Konsum

Aufgrund von Substitutionseffekten fällt der Verlust an Beschäftigung weniger stark aus als der Rückgang des BIPs. Es muss mit Beschäftigungseinbussen von -0.07% (Abgabevariante 1) bis zu -0.3% (Abgabevariante 4) gerechnet werden. Die maximalen Beschäftigungseinbussen von -0.48% sind im Zielszenario -40% und uniformer Abgabe zu erwarten.

Dass die Beschäftigung insgesamt sinkt, hängt mit den sinkenden Nettoreallöhnen zusammen. Hier spielen zwei Effekte eine zentrale Rolle: Einerseits führen die CO₂- und Stromabgaben – wie erwähnt – zu einer Verminderung der Produktivität des Faktors Arbeit. Die Abgabelast wird also – zumindest teilweise – auf den Faktor Arbeit überwälzt. Andererseits führt die Rückverteilung der Einnahmen aus der CO₂- und Stromabgabe an die Wirtschaft (gemäss AHV-Lohnsumme) zu einer Erhöhung der Reallöhne. Da insgesamt der Verlust an Produktivität überwiegt, sinken die Nettoreallöhne. Sinkende Reallöhne und der leichte Rückgang der Beschäftigung lassen auch den Konsum sinken.

4.4 Auswirkungen einer Anpassung beim Rückverteilungssystem

In den bisherigen Berechnungen wurde die Rückverteilung nach Massgabe der AHV-Lohnsumme vorgenommen. Sektoren mit hohen Durchschnittslöhnen erhalten damit eine entsprechend höhere Rückverteilung. Um die relative Bevorzugung von „Hochlohnbranchen“ zu vermeiden, soll nachfolgend eine „Kappung“ bei der Berechnung des Indikators „AHV-pflichtige Lohnsumme“ gemäss dem maximal versicherten Lohn im Rahmen der obligatorischen Unfallversicherung UVG (derzeit 126'000 CHF) geprüft werden.

Hochlohnsektoren – Auswertung der Lohnstrukturerhebung

Die Abbildung 4-9 zeigt die Rückverteilung pro Beschäftigten, wenn 1 Mrd. CHF an die Wirtschaft rückverteilt würde. Dies für zwei verschiedene Rückverteilungen:

- *ohne CAP*: alle Löhne fliessen in die Bemessung der Rückverteilung ein
- *mit CAP*: nur der Lohnanteil bis 126'000 CHF wird für die Rückverteilung berücksichtigt

Die Abbildung zeigt, dass durch einen CAP bei 126'000 CHF in erster Linie die Banken, aber auch Versicherungen, Vermietung, Informatik, Forschung und Entwicklung und als einzige Industriebranche auch die Chemie schlechter gestellt würden. Alle anderen Sektoren würden – wenn auch nur leicht – besser gestellt.

Volkswirtschaftliche Auswirkungen

Die nachfolgende Abbildung 4-9 vergleicht die wichtigsten Makrogrössen zwischen den beiden Rückverteilungsbemessungen *ohne CAP* und *mit CAP*. Die Einführung eines solchen CAP wäre mit ganz leicht negativen volkswirtschaftlichen Auswirkungen verbunden – die Wohlfahrt würde um -0.02% verschlechtert.

Abbildung 4-9: Rückverteilungsberechtigte Lohnsumme bis 126'000 CHF/a: Makroeffekte
(am Beispiel des Zielszenarios -40% und Abgabeveriante 4)

	ohne CAP	mit CAP	Besser- / Schlechterstellung mit CAP
Auswirkungen auf Wohlfahrt und Konsum i.Vgl. zum WWB			
Wohlfahrt	-0.24%	-0.25%	-0.02%
Konsum	-0.62%	-0.68%	-0.06%
Auswirkungen auf BIP und Beschäftigung i.Vgl. zum WWB			
BIP	-0.89%	-0.97%	-0.08%
Beschäftigung	-0.30%	-0.34%	-0.04%

Struktureffekte

Die Abbildung 4-11 zeigt die Besser- bzw. Schlechterstellung durch die Einführung eines CAP in Bezug auf den sektoralen Output. Die grössten Outputeinbussen von bis zu -1.5% sind in der Chemie, Forschung und Entwicklung und bei den Banken (Kreditgewerbe) zu erwarten. Zu den Gewinnern eines solchen CAP zählen insbesondere Möbel-, Fahrzeugbau- und Metallindustrie. Der Outputzuwachs ist spürbar, liegt aber immer unter +2%.

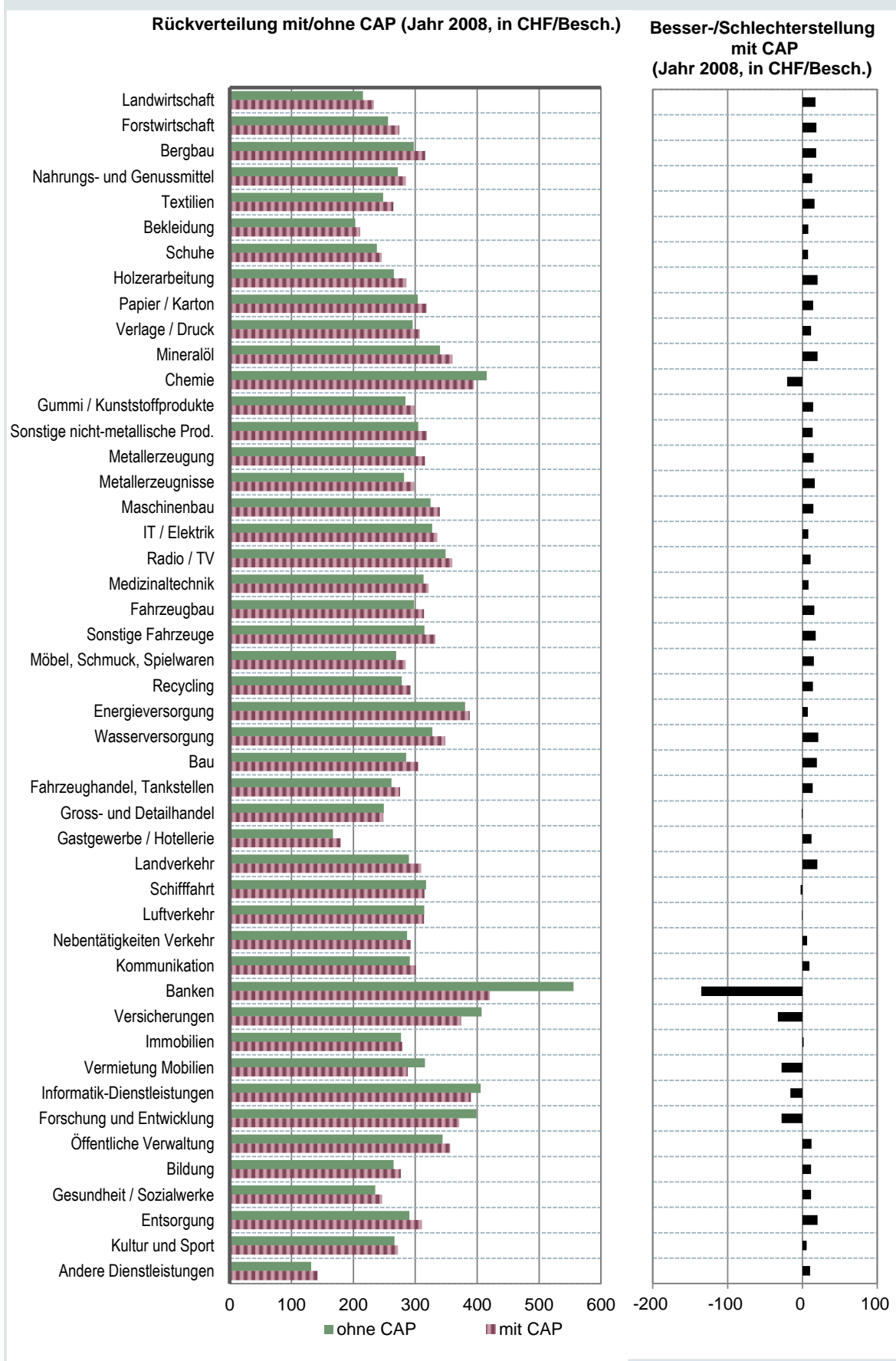
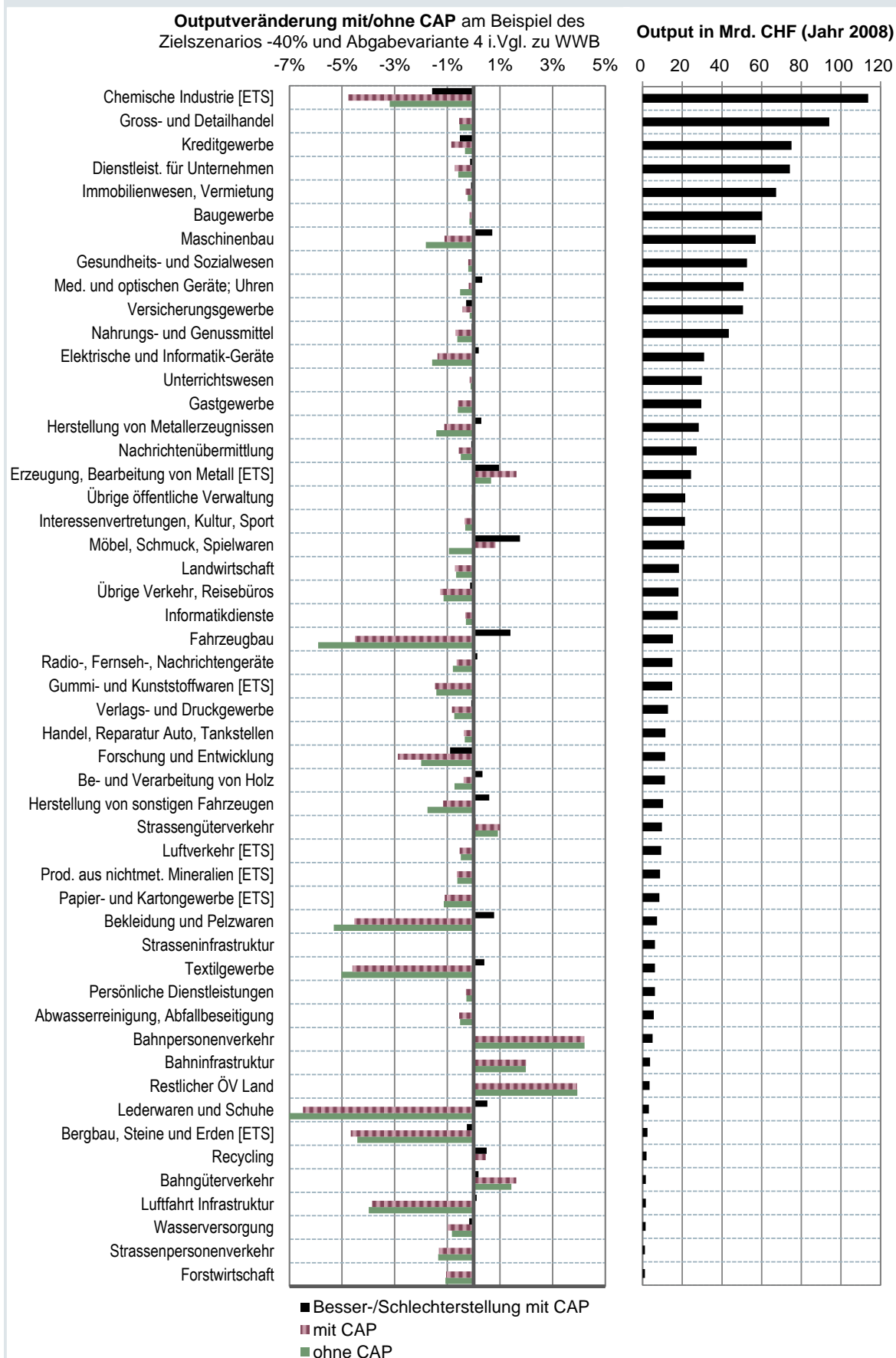
Abbildung 4-10: Rückverteilungsberechtigte Lohnsumme bis 126'000 CHF/a: LSE-Auswertung

Abbildung 4-11: Rückverteilungsberechtigte Lohnsumme bis 126'000 CHF/a: Struktureffekte



4.5 Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Ziellückenschliessung

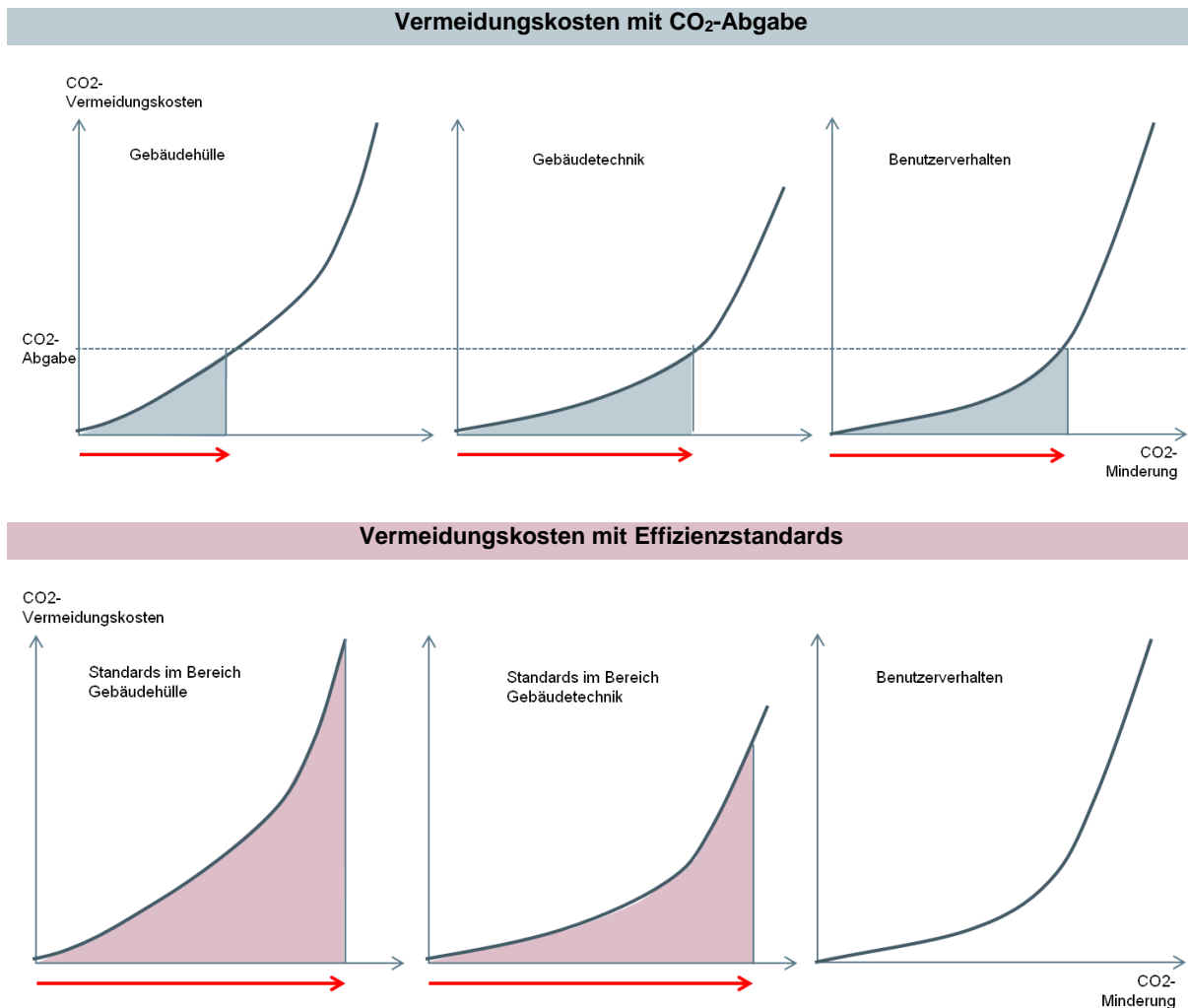
Wie wir in den vorgängigen Ausführungen aufgezeigt haben, können mit den Abgabeverarianten 1 bis 4 die Ziellücken in den meisten Fällen nicht ganz geschlossen werden. Nachfolgend soll qualitativ aufgezeigt werden, dass eine Ziellückenschliessung mit zusätzlichen Vorschriften/Standards zu hohen volkswirtschaftlichen Zusatzkosten führen kann.

Qualitative Vergleiche zwischen Lenkungs- und Fördersystem

Die nachfolgende Abbildung zeigt anhand eines illustrativen Beispiels die Unterschiede in den Vermeidungskosten eines Lenkungssystems im Vergleich zu einem Fördersystem. In beiden Grafiken (Vermeidungskosten mit CO₂-Abgabe bzw. Effizienzstandards) werden dieselben CO₂-Minderungen erzielt (die roten Pfeile zeigen die CO₂-Minderung, welche in beiden Grafik aufsummiert gleich gross sind).

Der Vorteil des Lenkungssystems mittels CO₂-Abgabe liegt darin, dass die günstigsten Potenziale umgesetzt werden und dies auch in Bereichen, wo Standards gar nicht oder nur mit grossen Umsetzungshindernissen einsetzbar sind (bspw. in der Beeinflussung des Benutzerverhaltens). Der Nachteil bei den Effizienzstandards liegt darin, dass die Vermeidungskosten zwischen den verschiedenen Standards nur mit grossen Unsicherheiten abschätzbar sind und daher unterschiedlich strenge Standards gesetzt werden. Dies führt zu unterschiedlichen Grenzvermeidungskosten und schlussendlich zu deutlich höheren Vermeidungskosten als mit einem Lenkungssystem (vgl. dazu die grau bzw. rot eingefärbten Flächen). Weiter haben Standards – wie erwähnt – den Nachteil, dass sie nicht in allen energieverbrauchsrelevanten vernünftig umsetzbar sind. Die Standards können nicht auf den Einzelfall Rücksicht nehmen, sondern sind immer Standards, die auf eine „durchschnittliche“ Situation (bspw. ein „Durchschnittsgebäude“) zugeschnitten sind. Dies alleine führt zu erhöhten Kosten, da einige Gebäude die Standards ohne grosse Mehrkosten überbieten könnten, bei anderen Gebäuden entstehen aber grosse Mehrkosten zur Erreichung der gesetzten Standards.

Auch das Abgabesystem hat Nachteile: Bspw. kann mit einer Abgabe das Vermieter-Mieter-Problem (Principal-Agent-Problem) ohne weitere flankierende Massnahmen nicht adressiert werden. Auch in einem Abgabesystem sind daher weitere Massnahmen notwendig, damit die Abgabe ihre volle Wirkung erzielen und ihre Kostenvorteile voll ausspielen kann.

Abbildung 4-12: CO₂-Vermeidungskosten bei einer CO₂-Abgabe im Vergleich zu Effizienzstandards

Lenkungssystem ist bei der „Steuerung“ den Effizienzstandards überlegen

Bei einem Lenkungssystem wird die Abgabe schrittweise und in im Voraus angekündigten Schritten erhöht. Dies erhöht die Planbarkeit und Investitionssicherheit für die Akteure. Werden die anvisierten Ziele nicht erreicht, ist die Abgabe in schnelleren Schritten zu erhöhen.

Eine Steuerung mittels Effizienzstandards ist deutlich schwieriger und mit sehr grossen Unsicherheiten verbunden: Unzählige verschiedene Standards müssen aufeinander abgestimmt werden und die zukünftige Situation muss bei der Festlegung der heutigen Standards bereits antizipiert werden. Weiter haben Standards immer auch unerwünschte Nebenwirkungen, welche schwer antizipierbar sind: Bspw. kann ein strenger Gebäudestandard dazu führen,

dass die Sanierungsrate zurückgeht.²⁰ Trotz höherem Standard wird nicht mehr erreicht als ohne Standard. Eine solche unerwünschte Nebenwirkung verlangt nach weiteren Massnahmen, wie bspw. eine Sanierungspflicht, welche die Kosten für ein auf Effizienzstandard basierendes System noch weiter in die Höhe treibt. Weiter besteht bei einem auf Effizienzstandards basierenden System die Gefahr einer nicht „optimalen“ Abstimmung der Effizienzstandards untereinander.

Anmerkung: Im Gleichgewichtsmodell haben wir die Auswirkungen von Standards aus zwei Gründen nicht berechnet: (i) die Ausgestaltung der Standards ist noch offen, (ii) die Modellierung von Standards ist aufwendig, sofern die gesamten ökonomischen Kosten abzubilden sind. Im Rahmen dieser Arbeiten haben wir die ökonomischen Kosten von Standards im Vergleich zu einem Lenkungssystem grob modelliert und abgeschätzt. Bei einer optimalen Setzung der Standards und der Möglichkeit eine Über- oder Untererfüllung von Standards bspw. mittels Zertifikaten zu handeln, ergeben sich ähnliche volkswirtschaftliche Kosten wie bei einem Lenkungssystem. Ist ein Handel aber nicht mehr vorgesehen und wird eine nicht optimale Standardsetzung unterstellt, können zusätzliche Kosten von jährlich mehreren Milliarden CHF entstehen. Je ambitionierter die Ziele, desto höher die zusätzlichen Kosten nicht optimal gesetzter Standards.

Fazit: Ein Lenkungssystem hat Effizienzvorteile (weniger Wohlfahrtsverluste), insbesondere bei ambitionierten Zielen. Die «Steuerung» über Effizienzstandards birgt die Gefahr von hohen volkswirtschaftlichen Kosten für die Energiewende – insbesondere bei ambitionierten Zielen. Ist die Energiewende aus volkswirtschaftlichen Sicht möglichst günstig zu gestalten, braucht es einen Paradigmawechsel: Abgaben als primäres Steuerungssystem – also Abgabevariante 3 (Zielszenario -30%) oder Abgabevariante 4 (Zielszenario -40%) bzw. noch besser eine uniforme CO₂-Abgabe auf Brenn- und Treibstoffen. Effizienzstandards und andere Massnahmen sind als subsidiäre Instrumente weiterhin zentral, müssen aber in erster Linie da ansetzen, wo die CO₂-Abgabe allein ihre Wirkung nicht voll entfalten kann. Für diesen Paradigmawechsel sprechen zusätzlich folgende Punkte:

- Hohe Vollzugs-, Umsetzungs- und Transaktionskosten von Effizienzstandards
- Effizienzstandards sind nicht ausgestaltet für den «Einzelfall», haben daher stark unterschiedliche Grenzvermeidungskosten (statische Ineffizienz)
- Effizienzstandards haben, insbesondere wenn sie nicht regelmässig dem technischen Fortschritt angepasst werden, schwächere oder fehlende Innovationsanreize (dynamisch nicht effizient)

²⁰ Beispiel: Angenommen es wird ein energetischer Standard für die Gebäudefassade festgelegt, der dann zum Zug kommt, wenn eine Fassadenrenovierung ansteht. Dieser Standard muss – sofern der Standard anstelle einer CO₂-Abgabe erhoben wird – auch nicht wirtschaftliche energetische Sanierungsmassnahmen auslösen. Der Bauherr wird somit versuchen, diese für ihn nicht direkt wirtschaftlichen Sanierungsmassnahmen entweder zu umgehen (bspw. mittels Pinselsanierung) oder hinauszuzögern.

5 Soziale und räumliche Verteilungswirkungen

5.1 Soziale Verteilungswirkungen

Die Auswirkungen der Abgabeverarianten auf die soziale Verteilungswirkung illustrieren wir anhand von verschiedenen Haushaltgruppen, die nach sozioökonomischen Kriterien unterteilt werden. Auf Basis der Haushaltbudgeterhebung (HABE für die Jahre 2007 bis 2009) wurden für insgesamt 15 Haushaltgruppen – unterteilt in erwerbstätige Haushalte mit und ohne Kinder sowie Rentner – die Einkommens- und Ausgabenstrukturen ausgewertet. Die 15 Haushaltgruppen bezeichnen wir wie folgt:

- *NoKids1 bis 5*: nach Quintilen des Lebensstandards unterteilte erwerbstätige Haushalte ohne Kinder. NoKids1 zählt dabei zu den 20% „ärmsten“ Haushalten und NoKids5 zu den 20% reichsten Haushalten.
- *Kids1 bis 5*: nach Quintilen des Lebensstandards unterteilte erwerbstätige Haushalte mit Kindern.
- *Rentner1 bis 5*: nach Quintilen des Lebensstandards unterteilte Rentnerhaushalte.

Zusätzlich wurde ein Haushaltstyp „Kapitalist“ eingeführt, der aus den nicht den Erwerbstätigen und Rentnerhaushalten zuweisbaren Kapitaleinkommen gebildet wurde.

Verteilungswirkung der „Lenkungskomponenten“ (Abgabe und Rückverteilung)

Die Wohlfahrtsveränderungen für die 15 Haushaltgruppen und den „Kapitalisten“ sind für die Abgabeverarianten 1 bis 4 und die uniforme Abgabe in Abbildung 5-1 (Zielszenario -30%) und Abbildung 5-3 (Zielszenario -40%) dargestellt. Trotz generellem Wohlfahrtsverlust kann für die ärmsten Familienhaushalte mit Kindern mit einem Wohlfahrtsgewinn gerechnet werden. Die CO₂-Abgabe selber wird sich regressiv auswirken, belastet also die ärmeren Haushalte prozentual stärker als die reichsten Haushalte. Positiv auf die ärmeren Familienhaushalte wirkt sich hingegen die Pro-Kopf-Rückverteilung der CO₂- und Stromabgabe aus. Am stärksten negativ betroffen sind die „Rentner“.

Verteilungswirkung einer Ziellückenschliessung mittels Standards

Abbildung 5-2 (Zielszenario -30%) und Abbildung 5-4 (Zielszenario -40%) zeigen die sozialen Verteilungswirkungen, wenn die Ziellücken mit zusätzlichen Effizienzstandards geschlossen werden. Wie und welche Standards zur Ziellückenschliessung zu verschärfen sind, ist noch nicht klar. Daher illustrieren wir die sozialen Verteilungswirkungen anhand eines **fiktiven, illustrativen Beispiel**: Beispielhaft haben wir die Verteilungswirkungen einer exogen vorgegebenen Verschärfung bei den Gebäudestandards sowie eines Systems mit effizienten Standards in den übrigen Sektoren grob abgeschätzt.

Die beiden illustrativen Abbildungen und der Vergleich mit den Verteilungswirkungen der „Lenkungs-komponente“ zeigen Folgendes:

- Ein Lenkungssystem (uniforme Abgabe) weist für fast alle Haushaltgruppen geringere Wohlfahrtsverluste aus als ein stärker auf Effizienzstandards basierendes System, dessen Effizienzstandards nicht optimal gesetzt werden.
- Effizienzstandards und CO₂- und Stromabgaben wirken regressiv – belasten die Ärmere relativ stärker²¹. Bei der CO₂- und Stromabgabe – also bei einem Lenkungssystem – kann diese regressiv wirkende Wirkung über die progressiv wirkende Rückverteilung kompensiert werden.
- Je höher der Anteil der Standards zur Zielerreichung, desto stärker werden die Ärmere belastet.
- Je höher der Anteil der Strom-, CO₂-Abgabe, desto stärker werden die Ärmere dank der Pro-Kopf-Rückverteilung entlastet.

Diese allgemeinen Aussagen zu den sozialen Verteilungswirkungen von Standards gelten sicherlich nicht für alle Standards.²² Allerdings dürfte die generelle Stossrichtung der dargestellten Verteilungswirkung auch für den vermutlich eingesetzten Mix an künftigen verschärften Standards gelten.

²¹ Dies hängt selbstverständlich von der Art der Standards ab, dürfte aber auf die meisten Standards zutreffen.

²² Bspw. zeigt ein Verbot von Schwimmbadheizungen selbstverständlich eine andere soziale Verteilungswirkung als Gebäude- oder Fahrzeugstandards.

Abbildung 5-1: Soziale Verteilungswirkungen – Wohlfahrtseffekte für die einzelnen Haushalte: Zielszenario -30%:
nur Wirkung der Abgabevariante, exkl. Wirkung der zur Ziellückenschließung notwendigen Standards

	Zielszenario -30%, Jahr 2030: NUR Abgabe (ohne Ziellückenschließung)				
	Abgabevariante 1	Abgabevariante 2	Abgabevariante 3	Abgabevariante 4	uniforme CO2-Abgabe
	(nur Wirkung der Abgabe exkl. Standards)				
Kapitalist	-0.03%	-0.05%	-0.08%	-0.13%	-0.09%
Kids1	0.02%	0.04%	0.12%	0.18%	0.13%
Kids2	0.00%	0.01%	0.02%	0.03%	0.01%
Kids3	-0.01%	-0.01%	-0.02%	-0.04%	-0.04%
Kids4	-0.02%	-0.02%	-0.04%	-0.08%	-0.05%
Kids5	-0.06%	-0.07%	-0.11%	-0.17%	-0.13%
NoKids1	-0.11%	-0.13%	-0.10%	-0.13%	-0.08%
NoKids2	-0.08%	-0.10%	-0.14%	-0.23%	-0.16%
NoKids3	-0.07%	-0.10%	-0.16%	-0.26%	-0.18%
NoKids4	-0.06%	-0.09%	-0.16%	-0.26%	-0.19%
NoKids5	-0.09%	-0.13%	-0.20%	-0.31%	-0.22%
Rentner1	-0.31%	-0.42%	-0.33%	-0.41%	-0.13%
Rentner2	-0.27%	-0.38%	-0.36%	-0.50%	-0.24%
Rentner3	-0.26%	-0.36%	-0.36%	-0.51%	-0.26%
Rentner4	-0.24%	-0.34%	-0.37%	-0.53%	-0.29%
Rentner5	-0.13%	-0.18%	-0.22%	-0.32%	-0.19%

Abbildung 5-2: Soziale Verteilungswirkungen: Zielszenario -30% (rein illustrativ):
Wirkung der Abgabevariante inkl. Standards auf Brennstoffe, keine Verschärfung für Treibstoffe

	Zielszenario -30%, Jahr 2030: Abgabe + Ziellückenschließung mit Effizienzstandards				
	Abgabevariante 1	Abgabevariante 2	Abgabevariante 3	Abgabevariante 4	uniforme CO2-Abgabe
	(Wirkung der Abgabe inkl. Standards)				
Kapitalist	-0.06%	-0.06%	-0.08%	-0.12%	-0.09%
Kids1	-0.16%	-0.10%	0.07%	0.14%	0.13%
Kids2	-0.13%	-0.09%	0.01%	0.04%	0.01%
Kids3	-0.12%	-0.09%	-0.01%	-0.01%	-0.04%
Kids4	-0.11%	-0.10%	-0.03%	-0.03%	-0.05%
Kids5	-0.12%	-0.12%	-0.09%	-0.13%	-0.13%
NoKids1	-0.26%	-0.24%	-0.14%	-0.16%	-0.08%
NoKids2	-0.19%	-0.19%	-0.13%	-0.19%	-0.16%
NoKids3	-0.16%	-0.17%	-0.13%	-0.19%	-0.18%
NoKids4	-0.14%	-0.15%	-0.12%	-0.18%	-0.19%
NoKids5	-0.15%	-0.16%	-0.16%	-0.25%	-0.22%
Rentner1	-0.52%	-0.58%	-0.44%	-0.57%	-0.13%
Rentner2	-0.43%	-0.49%	-0.44%	-0.61%	-0.24%
Rentner3	-0.39%	-0.45%	-0.43%	-0.59%	-0.26%
Rentner4	-0.35%	-0.41%	-0.41%	-0.58%	-0.29%
Rentner5	-0.19%	-0.22%	-0.23%	-0.34%	-0.19%

Abbildung 5-3: Soziale Verteilungswirkungen – Wohlfahrtseffekte für die einzelnen Haushalte: Zielszenario -40%:
nur Wirkung der Abgabeveriante, exkl. Wirkung der zur Ziellückenschließung notwendigen Standards

	Zielszenario -40%, Jahr 2030: NUR Abgabe (ohne Ziellückenschließung)				
	Abgabeveriante 1	Abgabeveriante 2	Abgabeveriante 3	Abgabeveriante 4	uniforme CO ₂ -Abgabe
	(nur Wirkung der Abgabe exkl. Standards)				
Kapitalist	-0.03%	-0.05%	-0.08%	-0.13%	-0.19%
Kids1	-0.02%	0.01%	0.08%	0.14%	0.20%
Kids2	-0.04%	-0.03%	-0.01%	-0.01%	-0.06%
Kids3	-0.04%	-0.05%	-0.05%	-0.08%	-0.15%
Kids4	-0.05%	-0.06%	-0.07%	-0.11%	-0.18%
Kids5	-0.08%	-0.10%	-0.13%	-0.19%	-0.30%
NoKids1	-0.14%	-0.16%	-0.13%	-0.16%	-0.20%
NoKids2	-0.11%	-0.14%	-0.18%	-0.26%	-0.42%
NoKids3	-0.11%	-0.14%	-0.19%	-0.30%	-0.47%
NoKids4	-0.10%	-0.13%	-0.19%	-0.30%	-0.49%
NoKids5	-0.12%	-0.15%	-0.22%	-0.33%	-0.51%
Rentner1	-0.32%	-0.42%	-0.34%	-0.42%	-0.29%
Rentner2	-0.27%	-0.37%	-0.37%	-0.51%	-0.54%
Rentner3	-0.26%	-0.35%	-0.37%	-0.51%	-0.58%
Rentner4	-0.24%	-0.34%	-0.37%	-0.53%	-0.63%
Rentner5	-0.13%	-0.18%	-0.22%	-0.32%	-0.41%

Abbildung 5-4: Soziale Verteilungswirkungen: Zielszenario -40% (rein illustrativ):
Wirkung der Abgabeveriante inkl. Standards auf Brennstoffe, keine Verschärfung für Treibstoffe

	Zielszenario -40%, Jahr 2030: Abgabe + Ziellückenschließung mit Effizienzstandards				
	Abgabeveriante 1	Abgabeveriante 2	Abgabeveriante 3	Abgabeveriante 4	uniforme CO ₂ -Abgabe
	(Wirkung der Abgabe inkl. Standards)				
Kapitalist	-0.12%	-0.12%	-0.13%	-0.15%	-0.19%
Kids1	-1.04%	-1.00%	-0.53%	-0.21%	0.20%
Kids2	-0.85%	-0.82%	-0.46%	-0.24%	-0.06%
Kids3	-0.75%	-0.73%	-0.43%	-0.25%	-0.15%
Kids4	-0.68%	-0.66%	-0.40%	-0.25%	-0.18%
Kids5	-0.56%	-0.55%	-0.36%	-0.28%	-0.30%
NoKids1	-1.09%	-1.07%	-0.66%	-0.44%	-0.20%
NoKids2	-0.91%	-0.90%	-0.58%	-0.44%	-0.42%
NoKids3	-0.82%	-0.81%	-0.54%	-0.42%	-0.47%
NoKids4	-0.73%	-0.72%	-0.48%	-0.39%	-0.49%
NoKids5	-0.59%	-0.60%	-0.43%	-0.39%	-0.51%
Rentner1	-1.67%	-1.68%	-1.09%	-0.86%	-0.29%
Rentner2	-1.33%	-1.35%	-0.94%	-0.83%	-0.54%
Rentner3	-1.17%	-1.19%	-0.85%	-0.78%	-0.58%
Rentner4	-1.01%	-1.04%	-0.77%	-0.73%	-0.63%
Rentner5	-0.52%	-0.53%	-0.42%	-0.42%	-0.41%

5.2 Räumliche Verteilungswirkungen

5.2.1 Wirtschaft

In den vorgängigen Modellberechnungen wurden verschiedene Abgabeverarianten gegenüber einem Referenzszenario „Weiter wie bisher“ für die ganze Schweiz berechnet. Dabei wurden unter anderem die strukturellen Effekte, also die Auswirkungen auf die Branchen, abgeschätzt (vgl. bspw. Abbildung 4-11).

Nachfolgend zeigen wir auf, wie stark die Kantone von diesen Strukturveränderungen potenziell betroffen sind. Dazu haben wir eine einfache Berechnung durchgeführt: In einem ersten Schritt wurde die Branchenstruktur der Kantone mit Hilfe der nach Kantonen und Branchen differenzierten Arbeitsplätze ermittelt. Danach wurden in einem zweiten Schritt die branchenspezifischen Outputeinbussen aus den vorgängigen Berechnungen mit der Branchenstruktur des jeweiligen Kantons gewichtet.

Die Abbildung 5-5 zeigt die berechneten kantonalen Outputveränderungen im Vergleich zum Szenario WWB am Beispiel der Abgabeveriante 4. Rot eingefärbt sind diejenigen Kantone, die im Durchschnitt über alle Branchen eine grössere Outputeinbusse zu erwarten haben als im Schweizer Durchschnitt (-0.97%). Grün sind diejenigen Kantone, deren Branchenstruktur weniger negativ von einem Lenkungssystem betroffen wäre. Die Abbildung 5-6 zeigt die Resultate für alle berechneten Abgabeverarianten.

Die Unterschiede in den Auswirkungen der Abgabeveriante 4 auf die Kantone sind auf die unterschiedliche Wirtschaftsstruktur der Kantone zurückzuführen. Die sechs Branchen, bei denen sich in der Abgabeveriante 4 die grössten Outputeinbussen berechnen, sind:

- Steine und Erden
- Textilgewerbe
- Bekleidungsindustrie
- Lederwaren und Schuhe
- Chemische Industrie
- Fahrzeugbau

Anzumerken ist, dass die chemische Industrie zu den ETS-Sektoren gehört und trotzdem zu denjenigen Sektoren mit den grössten Outputeinbussen gehört. Dies ist auf die Stromabgabe und die Vorleistungsverflechtung zurückzuführen.

Die Outputveränderungen ausgewählter Kantone können wie folgt erklärt werden:

- Im Kanton **Basel-Stadt** beträgt der Outputanteil an den sechs am stärksten betroffenen Sektoren knapp 43%, was deutlich über dem Schweizer Schnitt von knapp 12% liegt. Dies ist fast ausschliesslich auf die in Basel-Stadt stark vertretene chemische Industrie zurückzuführen.

- Auch der Kanton **Appenzell Ausserrhoden** weist einen hohen Outputanteil von knapp 21% an den am stärksten betroffenen Sektoren auf, was die im Vergleich zu den anderen Kantonen stärkere Betroffenheit des Kantons AR erklärt.
- Im Kanton **Zug** dagegen beträgt der Anteil der sechs am stärksten negativ betroffenen Sektoren am gesamten Kantonsoutput nur gut 3%. Weiter weist der Kanton Zug eine überdurchschnittlichen Outputanteil bei den Sektoren „Unternehmensdienstleistungen“ und „Gross- und Detailhandel“ auf, welche von der Abgabevariante 4 unterdurchschnittlich negativ betroffen sind. Zug ist damit derjenige Kanton, der im Vergleich zu den anderen Kantonen am besten fährt.
- Auch im Kanton **Jura** beträgt der Anteil der sechs am stärksten negativ betroffenen Sektoren nur rund 3%. Der Kanton Jura weist zudem einen überdurchschnittlichen Outputanteil im Uhrensektor auf, der ebenfalls weniger negativ betroffen ist als andere Sektoren. Daher fährt auch der Kanton Jura besser als die meisten anderen Kantone.

Die oben ausgewiesenen Unterschiede zwischen den Kantonen halten sich aber für die Abgabevariante 4 in Grenzen. Die Outputverluste schwanken zwischen -1.7% (Kanton BS) und -0.7% (Kanton ZG).

Abbildung 5-5: Outputveränderungen i.Vgl. zu WWB für die Abgabevariante 4 nach Kantonen

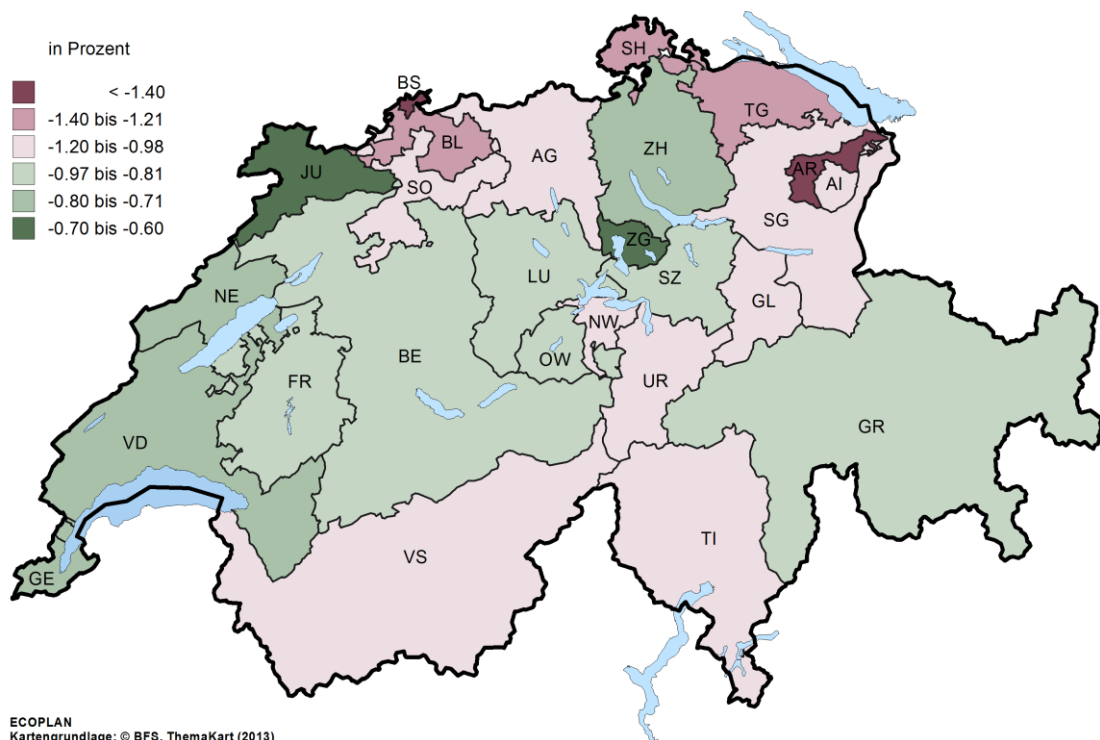


Abbildung 5-6: Outputveränderungen i.Vgl. zu WWB für alle Varianten nach Kantonen

Kanton	Outputveränderungen i. Vgl. zum Szenario WWB (Weiter wie bisher)					
	Ziel -30% (Abweichungen zu Ziel -40% sind minim)				Ziel - 30%	Ziel -40%
	Kombi 1	Kombi 2	Kombi 3	Kombi 4	uniforme Abgabe	uniforme Abgabe
Zürich	-0.23%	-0.32%	-0.48%	-0.72%	-0.52%	-1.08%
Bern	-0.29%	-0.40%	-0.57%	-0.85%	-0.59%	-1.21%
Luzern	-0.33%	-0.43%	-0.63%	-0.92%	-0.69%	-1.34%
Uri	-0.46%	-0.60%	-0.75%	-1.05%	-0.67%	-1.31%
Schwyz	-0.33%	-0.42%	-0.62%	-0.90%	-0.67%	-1.31%
Obwalden	-0.33%	-0.47%	-0.65%	-0.97%	-0.63%	-1.36%
Nidwalden	-0.39%	-0.61%	-0.75%	-1.12%	-0.56%	-1.38%
Glarus	-0.47%	-0.60%	-0.82%	-1.17%	-0.86%	-1.59%
Zug	-0.14%	-0.24%	-0.42%	-0.69%	-0.46%	-1.08%
Fribourg	-0.34%	-0.43%	-0.63%	-0.90%	-0.68%	-1.30%
Solothurn	-0.20%	-0.37%	-0.59%	-0.98%	-0.60%	-1.45%
Basel-Stadt	-1.26%	-1.20%	-1.50%	-1.68%	-1.85%	-2.17%
Basel-Landschaft	-0.76%	-0.80%	-1.08%	-1.36%	-1.29%	-1.88%
Schaffhausen	-0.71%	-0.77%	-1.04%	-1.33%	-1.22%	-1.83%
Appenzell A.Rh.	-0.60%	-0.75%	-1.02%	-1.45%	-1.08%	-1.94%
Appenzell I.Rh.	-0.38%	-0.48%	-0.68%	-0.99%	-0.72%	-1.39%
St. Gallen	-0.39%	-0.54%	-0.78%	-1.17%	-0.81%	-1.65%
Graubünden	-0.44%	-0.52%	-0.66%	-0.88%	-0.67%	-1.15%
Aargau	-0.54%	-0.63%	-0.88%	-1.19%	-0.99%	-1.67%
Thurgau	-0.51%	-0.69%	-0.93%	-1.36%	-0.93%	-1.86%
Ticino	-0.36%	-0.51%	-0.74%	-1.13%	-0.76%	-1.61%
Vaud	-0.31%	-0.38%	-0.53%	-0.75%	-0.58%	-1.07%
Wallis	-0.57%	-0.60%	-0.81%	-1.01%	-0.95%	-1.37%
Neuchâtel	-0.12%	-0.24%	-0.44%	-0.76%	-0.49%	-1.19%
Genève	-0.32%	-0.38%	-0.56%	-0.78%	-0.66%	-1.17%
Jura	0.08%	-0.07%	-0.31%	-0.70%	-0.34%	-1.21%
Schweiz	-0.40%	-0.49%	-0.69%	-0.97%	-0.76%	-1.38%

5.2.2 Haushalte

Haushalte in Lagen mit exponiertem Klima (bspw. in Alpenhochtäler) oder in peripheren Lagen, welche auf das Auto angewiesen sind, haben einen relativ höheren Brenn- oder Treibstoffbedarf. Für solche Haushalte ist die Belastung durch die CO₂-Abgabe höher als die pro Kopf-Rückverteilung. Nachfolgend untersuchen wir am Beispiel der Abgabevariante 4, wie ein kantonaler „Durchschnittshaushalt“ von der CO₂-Abgabe und der Rückverteilung betroffen ist. Schlussendlich interessiert uns der Saldo aus Abgabebzahlung und Rückverteilung.

Für die Berechnung haben wir folgende Annahmen getroffen:

- Es wird nur der rückverteilte Anteil der CO₂-Abgabe auf Brenn- und Treibstoffe berücksichtigt. Die Stromabgabe und auch der nicht rückverteilte Anteil der CO₂-Abgabe auf Treibstoffe, der für die Kompensation der Mineralölsteuer verwendet wird, wird nicht berücksichtigt, da diese keine nennenswerte zusätzliche interkantonale Umverteilung auf Haushaltebene aufweisen.
- Bei der Bestimmung der Abgabebzahlung des kantonalen Durchschnittshaushalts wurden folgende kantonale Unterschiede berücksichtigt:
 - *Mittlere, mit dem Auto zurückgelegte Distanz*: Kantone mit vielen zurückgelegten MIV-km (MIV = motorisierter Individualverkehr) zahlen anteilmässig mehr CO₂-Abgabe auf Treibstoffen.²³
 - *Heizgradtage*: Kantone mit Siedlungen in hohen Lagen, haben einen höheren Brennstoffbedarf und zahlen anteilmässig mehr CO₂-Abgabe auf Brennstoffen.²⁴
 - *Wohnfläche*: Kantone mit einem höheren Wohnflächenbedarf zahlen anteilmässig mehr CO₂-Abgabe auf Brennstoffen.²⁵

Aus den Heizgradtagen und der Heizgradkorrekturformel sowie der Wohnfläche wurde ein Index gebildet, der den Mehrverbrauch bzw. Minderverbrauch im Vergleich zum Schweizer Durchschnitt abbildet. Die Abbildung 5-7 zeigt die Mehr- bzw. Minderbelastung eines kantonalen Durchschnittshaushalts gegenüber einem Schweizer Durchschnittshaushalt am Beispiel der Abgabevariante 4. In der Abbildung 5-8 wird der Saldo visualisiert. Die Resultate für die anderen Abgabevarianten sind in Abbildung 5-9 zu finden.

Die wichtigsten Erkenntnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die Durchschnittshaushalte von Basel-Stadt und Genf profitieren am meisten von einem Lenkungssystem (geringer Treibstoffverbrauch und Wohnfläche):
 - Im Kanton **Basel-Stadt** ist der Saldo aus Rückverteilung und Abgabe pro Kopf deutlich höher als im Schweizer Durchschnitt. Dies ist auf den geringen Umfang an bezahlten Treibstoffabgaben pro Kopf zurückzuführen, weil im Kanton Basel-Stadt die zurückgelegten Distanzen pro Kopf mit dem MIV vergleichsweise kurz sind.

²³ Die Angaben zu den MIV-Distanzen stammen aus dem Mikrozensus Verkehr 2010.

²⁴ Die Heizgradtage wurden grob nach den Siedlungsschwerpunkten abgeschätzt.

²⁵ Es wurden die vom Bundesamt für Statistik publizierten Zahlen für das Jahr 2012 verwendet (Tabelle T 9.3.2.13).

- Im Kanton **Genf** fällt die Abgabe pro Kopf ebenfalls deutlich tiefer als die Rückverteilung pro Kopf aus. Ausschlaggebend sind dabei sowohl die tiefen Treibstoff- als auch die im Schweizer Vergleich tiefen Brennstoffverbräuche. Wie im Kanton Basel-Stadt liegen die MIV-Distanzen pro Einwohner unter dem Schweizer Durchschnitt. Gleichzeitig gibt es im Kanton Genf aber auch deutlich weniger Heizgradtage als im Schweizer Mittelwert.
- Nidwalden gehört aufgrund des hohen Treibstoffverbrauchs zu den Verlierern eines Lenkungssystems, sofern eine Abgabe auf Treibstoffen eingeführt würde.
 - Im Kanton **Nidwalden** fällt die Abgabelast pro Kopf deutlich höher aus als die Rückverteilung an die Haushalte pro Kopf. Dies ist insbesondere wegen der hohen Pro-Kopf-Abgabe für Treibstoffe zu erklären, weil die zurückgelegten MIV-Distanzen deutlich länger sind als im Schweizer Vergleich.

Der **Vergleich** zwischen den beiden Gebirgskantonen **Wallis** und **Graubünden** zeigt, dass im Kanton Graubünden die Abgabelast pro Kopf deutlich höher ist als im Kanton Wallis. Für die Differenz ist hauptsächlich die Anzahl Heizgradtage ausschlaggebend, welche im Kanton Graubünden deutlich über dem Schweizer Durchschnitt liegt. Demgegenüber gibt es im Kanton Wallis etwa gleich viele Heizgradtage wie im Schweizer Durchschnitt.

Abbildung 5-7: Mehr- und Minderbelastung durch Abgabelast und Rückverteilung i. Vgl. zum Schweizer Durchschnittshaushalt (am Beispiel der Abgabevariante 4)

Abgabe	Treibstoff- verbrauch	fossile Brennstoffe	Abgabe Treibstoffe	Abgabe Brenn- stoffe	Abgabe Total	Rückver- teilung an Haushalte	Saldo aus Abgabe und Rückver- teilung
Kombi 4							
Kanton	MIV-km pro Tag		CHF/Kopf	CHF/Kopf	CHF/Kopf	CHF/Kopf	CHF/Kopf
Zürich	20.7	100	39	123	162	170	8
Bern	25.1	102	47	125	173	170	-3
Luzern	24.8	99	47	123	170	170	0
Uri	30.7	97	58	120	178	170	-8
Schwyz	29.9	104	56	129	185	170	-15
Obwalden	30.7	102	58	126	184	170	-14
Nidwalden	33.8	104	64	129	193	170	-23
Glarus	30.7	106	58	130	188	170	-18
Zug	27.8	103	52	128	180	170	-10
Fribourg	29.0	101	55	124	179	170	-9
Solothurn	27.2	105	51	129	181	170	-11
Basel-Stadt	10.1	93	19	115	134	170	36
Basel-Landschaft	20.6	103	39	127	166	170	4
Schaffhausen	23.4	106	44	131	175	170	-5
Appenzell A.Rh.	27.9	106	53	131	184	170	-14
Appenzell I.Rh.	30.7	104	58	128	186	170	-16
St. Gallen	26.4	105	50	130	180	170	-10
Graubünden	24.3	110	46	136	182	170	-12
Aargau	28.8	104	54	128	183	170	-13
Thurgau	25.4	107	48	132	180	170	-10
Ticino	23.2	101	44	125	168	170	2
Vaud	27.3	94	52	116	167	170	3
Wallis	25.0	99	47	122	169	170	1
Neuchâtel	28.0	102	53	126	179	170	-9
Genève	15.1	89	28	110	138	170	32
Jura	32.0	100	60	124	184	170	-14
Schweiz	24.4	100	46	124	170	170	-

Abbildung 5-8: Mehr- und Minderbelastung durch Abgabelast und Rückverteilung i. Vgl. zum Schweizer Durchschnittshaushalt (am Beispiel der Abgabevariante 4)

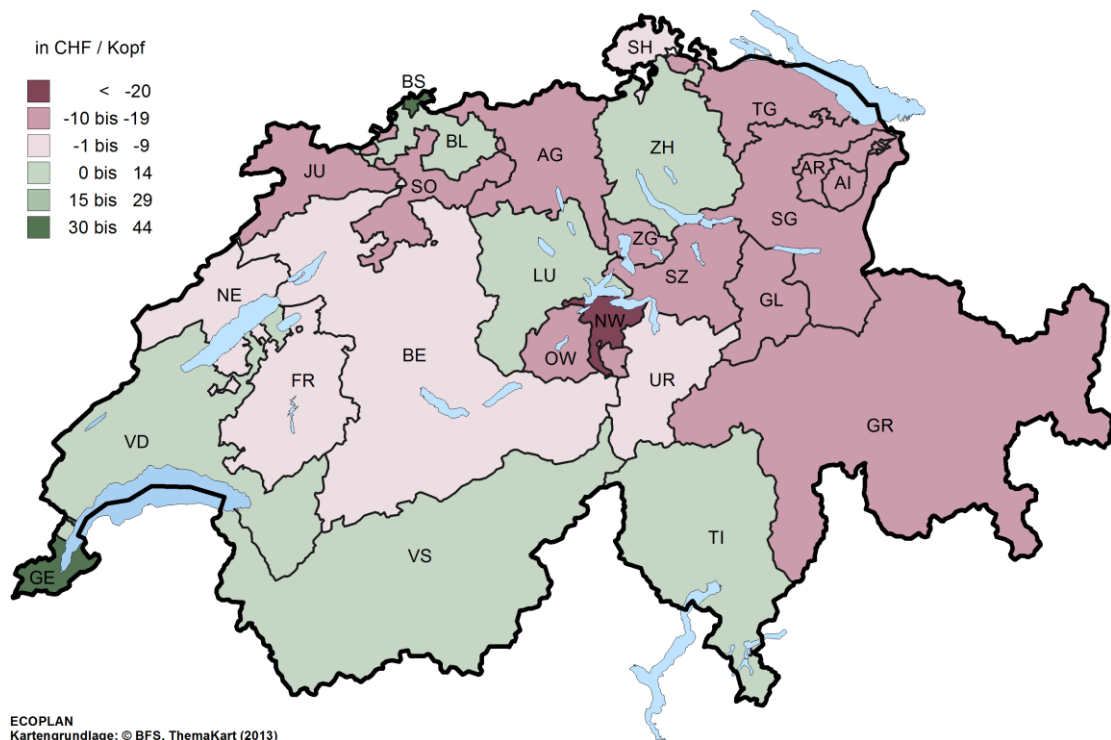


Abbildung 5-9: Mehr- und Minderbelastung durch Abgabelast und Rückverteilung i. Vgl. zum Schweizer Durchschnittshaushalt (alle Abgabevarianten)

	Saldo aus Abgabe und Rückverteilung					
	Ziel -30% (Abweichungen zu Ziel -40% sind minim)				Ziel - 30%	Ziel -40%
	Kombi 1	Kombi 2	Kombi 3	Kombi 4	uniforme Abgabe	uniforme Abgabe
Kanton	CHF/Kopf	CHF/Kopf	CHF/Kopf	CHF/Kopf	CHF/Kopf	CHF/Kopf
Zürich	0	1	4	8	9	18
Bern	-1	-1	-2	-3	-2	-4
Luzern	1	1	0	0	-1	-1
Uri	2	3	-4	-8	-13	-25
Schwyz	-2	-3	-9	-15	-14	-29
Obwalden	-1	-2	-8	-14	-15	-31
Nidwalden	-2	-3	-13	-23	-22	-47
Glarus	-3	-4	-11	-18	-16	-34
Zug	-2	-3	-6	-10	-9	-19
Fribourg	0	0	-5	-9	-10	-21
Solothurn	-2	-4	-7	-11	-8	-18
Basel-Stadt	4	6	21	36	35	73
Basel-Landschaft	-1	-2	2	4	8	14
Schaffhausen	-3	-5	-4	-5	0	-2
Appenzell A.Rh.	-3	-5	-8	-14	-10	-22
Appenzell I.Rh.	-2	-3	-9	-16	-15	-32
St. Gallen	-2	-4	-6	-10	-6	-14
Graubünden	-5	-8	-8	-12	-3	-10
Aargau	-2	-3	-8	-13	-11	-24
Thurgau	-3	-5	-6	-10	-5	-12
Ticino	0	0	1	2	3	5
Vaud	3	6	3	3	-4	-6
Wallis	1	1	1	1	-1	-1
Neuchâtel	-1	-1	-5	-9	-9	-18
Genève	6	10	19	32	25	55
Jura	0	0	-8	-14	-17	-34
Schweiz	0	0	0	0	0	0

6 Einfluss des technischen Fortschritts

6.1 Einleitung / historische Analyse / Sensitivitätsszenarien

In den nachfolgenden Ausführungen wollen wir aufzeigen, welchen Einfluss ein höherer und ein tieferer technischer Fortschritt auf die Auswirkungen der verschiedenen Abgabeverarianten hat. Der Begriff „technischer Fortschritt“ wird in der Literatur nicht einheitlich verwendet. Wir modellieren den „technischen Fortschritt“ nicht explizit im Modell, sondern untersuchen die Auswirkungen eines höheren oder tieferen Energieverbrauchs im Szenario WWB. Dazu stellen wir das von prognos (2012) mit bottom-up-Modellen berechnete Szenario WWB in einen historischen Kontext und treffen Annahmen über mögliche WWB-Sensitivitäten mit einem höheren und tieferen Energieverbrauch, der sich aus einem tieferen bzw. höheren „technischen Fortschritt“ ergibt. Es muss betont werden, dass es sich hier um eine Sensitivitätsbetrachtung handelt und keine stringenten und in sich konsistenten WWB-Szenarien konstruiert werden.

Definitionen: Gesamtwirtschaftliche Energieintensität und AEEI

Für die nachfolgende Diskussion verwenden wir zwei Grössen: Die gesamtwirtschaftliche Energieintensität und der autonome Energieeffizienz-Fortschritt (AEEI – autonomous energy efficiency improvement), die wir wie folgt definieren:

- Die **gesamtwirtschaftliche Energieintensität** entspricht dem Energieverbrauch in Bezug auf das BIP. Dies kann bezogen werden auf den gesamten Endenergieverbrauch oder aber auch auf den Energieverbrauch einzelner Energieträger.
- Der **AEEI**²⁶ umfasst den Energieeffizienzfortschritt und den Strukturwandel unter konstanten Energiepreisen. Der Einfluss der Energiepreise auf den Energieeffizienzfortschritt und den Strukturwandel ist also im AEEI nicht enthalten. Er entspricht somit jenem technischen Fortschritt, der sich auch ohne die Umsetzung klima- und energiepolitischer Massnahmen einstellen würde.

Für die Schweiz liegen keine Schätzungen zum AEEI vor. Als Annahmen für die Modellierung werden häufig Werte zwischen 0.5% bis 1.5% gewählt.²⁷ Schätzungen des AEEI aus den 90er-Jahren kommen für andere Länder bei Top-Down-Analysen auf Werte bis zu 1%²⁸ und für bottom-up-Modellwerte von 1.5% bis 3%.²⁹ Die grosse Bandbreite zeigt die Schwierigkeit bei der Wahl sinnvoller AEEIs für die Langzeitmodellierung. Das ist einer der Gründe, wieso wir im vorliegenden Fall die AEEIs nicht exogen vorgegeben haben,

²⁶ In der Literatur wird der AEEI uneinheitlich definiert. Klar ist, dass der AEEI den technischen Fortschritt und den Strukturwandel beinhaltet. Uneinig ist die Interpretation ob und in welchem Ausmass die Effekte von politischen Massnahmen im AEEI enthalten sind.

²⁷ Vgl. bspw. Bucher (2011), welcher zwei Szenarien berechnet, in denen er einen AEEI von 0.87% bzw. 1.67% unterstellt (nicht näher begründet).

²⁸ Bspw. Manne, Richels (1994), Hogan, Jorgenson (1992), Grubler, Nakicenovic (1997), zitiert aus Luciuk (1999).

²⁹ Bspw. Williams (1990), Nystrom (1997), zitiert aus Luciuk (1996).

sondern auf die von prognos (2012) berechnete Entwicklung gemäss Szenario WWB kalibriert haben.³⁰

Nachfolgend werden diese beiden Grössen in einer Grafik dargestellt, obwohl die beiden Grössen nicht dasselbe messen. Beim Vergleich dieser beiden Grössen ist also Vorsicht geboten: In der gesamtwirtschaftlichen Energieintensität sind auch die Effekte veränderter Preise und politischer Massnahmen enthalten.

Deskriptive Analyse der Entwicklung der Energieintensität 1975 bis 2030

Die Abbildung 6-1 zeigt die Entwicklung der Energieintensität für die beobachteten Jahre 1970 bis 2013 und die Jahre 2014 bis 2030 gemäss dem Szenario WWB von prognos (2012) in Indexform (1970 = 100). In derselben Grafik ist als Vergleich auch ein „hypothetischer“ bzw. rein „synthetischer“ AEEI in Indexform dargestellt. Die dargestellte Energieintensität enthält im Unterschied zum AEEI auch die Effekte zusätzlicher energie- bzw. klimapolitischer Massnahmen wie auch die preislichen Effekte. Als ergänzende Information ist untenstehend die reale Preisentwicklung für die wichtigsten Energieträger dargestellt. Die Abbildung kann wie folgt – vorsichtig - diskutiert werden:

- Von 1970 bis zu Beginn der 90er-Jahre hat die **gesamte Energieintensität** (Endverbrauch/BIP) kaum abgenommen. Spätestens ab Mitte 90er-Jahre nimmt die Energieintensität aber doch recht deutlich und kontinuierlich ab (knapp 1%/a).³¹ Ab Mitte der 00er-Jahre beschleunigt sich dieser Prozess (auf ca. 1.6%/a). Die szenarischen Berechnungen von prognos (2012) für das Szenario WWB (ca. 1.7%/a) entsprechen in Bezug auf die gesamte Energieintensität in etwa einer Fortschreibung der Trendentwicklung 2005 bis 2013.
- Bei der **Energieintensität für fossile Energieträger und Strom** ist der Energieverbrauch, der im Wärme- und Prozessbereich über Holz, Erneuerbare, Industrieabfälle, Fernwärme usw. gedeckt wird, nicht enthalten.³² In den Jahren 1970 bis 2005 hat die Energieintensität für fossile Energieträger und Strom im Vergleich zur gesamten Energieintensität um zusätzlich 0.2%/a abgenommen. Es hat also neben der allgemeinen Energieeffizienzsteigerung eine zusätzliche Substitution hin zu Erneuerbaren, Industrieabfällen und Fernwärme³³ stattgefunden. Für die Jahre 2005 bis 2013 wird eine entsprechende Substitutionswirkung von 0.3%/a beobachtet. Die szenarischen Berechnungen von prog-

³⁰ Folgende AEEI-Werte werden in ausgewählten Modellen verwendet (vgl. Löschel, 2001): OECD Green: AEEI = 1%, MIT-EPPA model: AEEI = 0.75%,

³¹ Die jährlichen Schwankungen kommen vor allem aufgrund des Witterungseinflusses zustande (warme vs. kalte Winter mit weniger bzw. mehr Energieverbrauch für die Beheizung der Gebäude).

³² Diese Messgrösse weist grössere Ungenauigkeiten auf, da für die Werte für Fernwärme und Industrieabfälle erst ab 1978 und diejenigen für neue Erneuerbare erst ab 1990 statistisch erhoben werden. Da diese Energieträger aber in den frühen Jahren noch keine sehr grosse Bedeutung hatten, können trotzdem zumindest qualitative Trendaussagen gemacht werden.

³³ In der Fernwärme ist auch ein Teil fossile Energie, die für die vorliegende deskriptive Analyse nicht separiert wurde.

nos (2012) für das Szenario WWB (ca. 0.3%/a) entsprechen in Bezug auf diese Substitutionswirkung in etwa einer Fortschreibung der Trendentwicklung 2005 bis 2013.

- Betrachten wir alleine die **Energieintensität für fossile Energieträger** so sinkt diese in den Jahren 1970 bis 2013 um rund 0.5%/a stärker als die gesamte Energieintensität. Die szenarischen Berechnungen von prognos (2012) für das Szenario WWB gehen von einer Trendverschärfung gegenüber den Jahren 2005 bis 2013 von +0.6% aus: Der Fortschritt bei der Energieintensität für fossile Energieträger beträgt in der Periode 2005 bis 2013 rund 2.0%/a, prognos (2012) berechnet in ihren bottom-up-Modellen für die Periode 2014 bis 2030 einen solchen von 2.6%/a.

Der Vergleich der Entwicklung der Energieintensitäten mit unterschiedlichen AEEI-Pfaden in den Jahren 1970 bis 2030 zeigt Folgendes:

- **Von 1970 bis Anfang der 90er Jahre** hat – wie erwähnt – die gesamte Energieintensität nicht abgenommen. Hingegen dürfte der Ölpreisanstieg im Zuge der 1. und 2. Ölkrise zu einer preisinduzierten Substitution weg von den fossilen Energieträgern geführt haben: Die Energieintensität der fossilen Energieträger hat in dieser Periode um gut 0.5%/a abgenommen. Diese Periode war somit geprägt von diesem Substitutionsprozess weg von den fossilen Energieträgern, aber weniger von einem technischen Fortschritt in Bezug auf einen effizienteren Einsatz von Energie. Der tatsächliche AEEI lag in dieser Periode nahe bei 0.
- **Ab Beginn der 90er-Jahre** können wir in Bezug auf die Energieintensität einen ersten Trendbruch festmachen. Daher haben wir in der Abbildung 6-2 dieselbe Grafik für den Zeithorizont ab 1990 noch einmal dargestellt und den hypothetischen AEEI in Indexform ab dem Jahre 1990 aufgezeigt. Bis Mitte der 00er-Jahre sinkt die gesamte Energieintensität um rund 1% pro Jahr. Da in dieser Periode keine grösseren Preisbewegungen stattgefunden haben, können wir davon ausgehen, dass der AEEI in dieser Periode in einer ähnlichen Größenordnung – also bei rund 1%/a – liegt. Die bereits in der Vorperiode festgestellten Substitutionsprozesse weg von den fossilen Energieträgern sind auch in der Periode 1990 bis Mitte der 00er-Jahre feststellbar: Die Energieintensität für die fossilen Energieträger nimmt jährlich um mehr als 1% ab.
- **Ab 2005** ist in Bezug auf die Energieintensität ein weiterer Trendbruch feststellbar: Dieser kann zurückgeführt werden auf die Energiepreiserhöhungen und zumindest teilweise auch auf die stringenter Energie- und Klimapolitik. Ob auch beim AEEI ein Trendbruch erfolgt ist, können wir aufgrund dieser deskriptiven Analyse nicht einschätzen.

Fazit: Das Szenario WWB von prognos (2012) entspricht in etwa einer Trendfortschreibung ab dem Jahr 2005 mit einer Trendverschärfung in Bezug auf den effizienteren Einsatz fossiler Energieträger. Aufgrund einer sehr groben deskriptiven Analyse gehen wir davon aus, dass der AEEI in der Periode 1970 bis 1990 nahe bei null lag und ab 1990 ein Trendbruch stattgefunden hat und der AEEI in Bezug auf die gesamte Energienachfrage bei jährlich rund 1% verortet werden kann. Ein weiterer Trendbruch in Bezug auf die Energieintensität ist ab dem Jahre 2005 feststellbar. Ob und inwieweit sich der AEEI dadurch verändert hat, kann mit der vorliegenden deskriptiven Analyse nicht abgeschätzt werden.

Abbildung 6-1: Entwicklung der Energieintensität und der Energiepreise 1970 - 2030

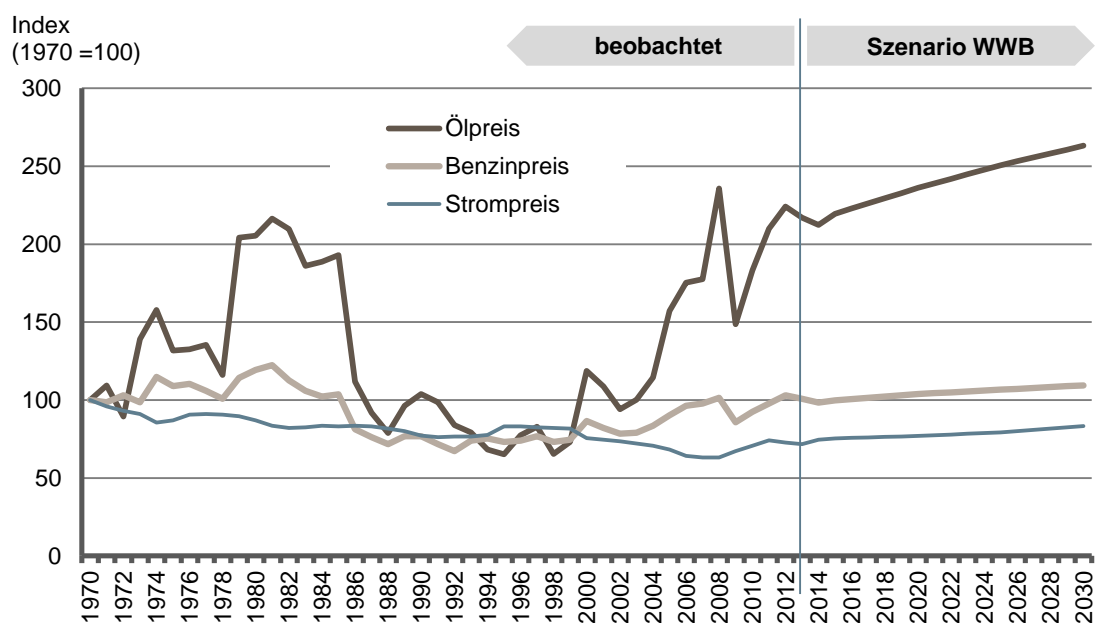
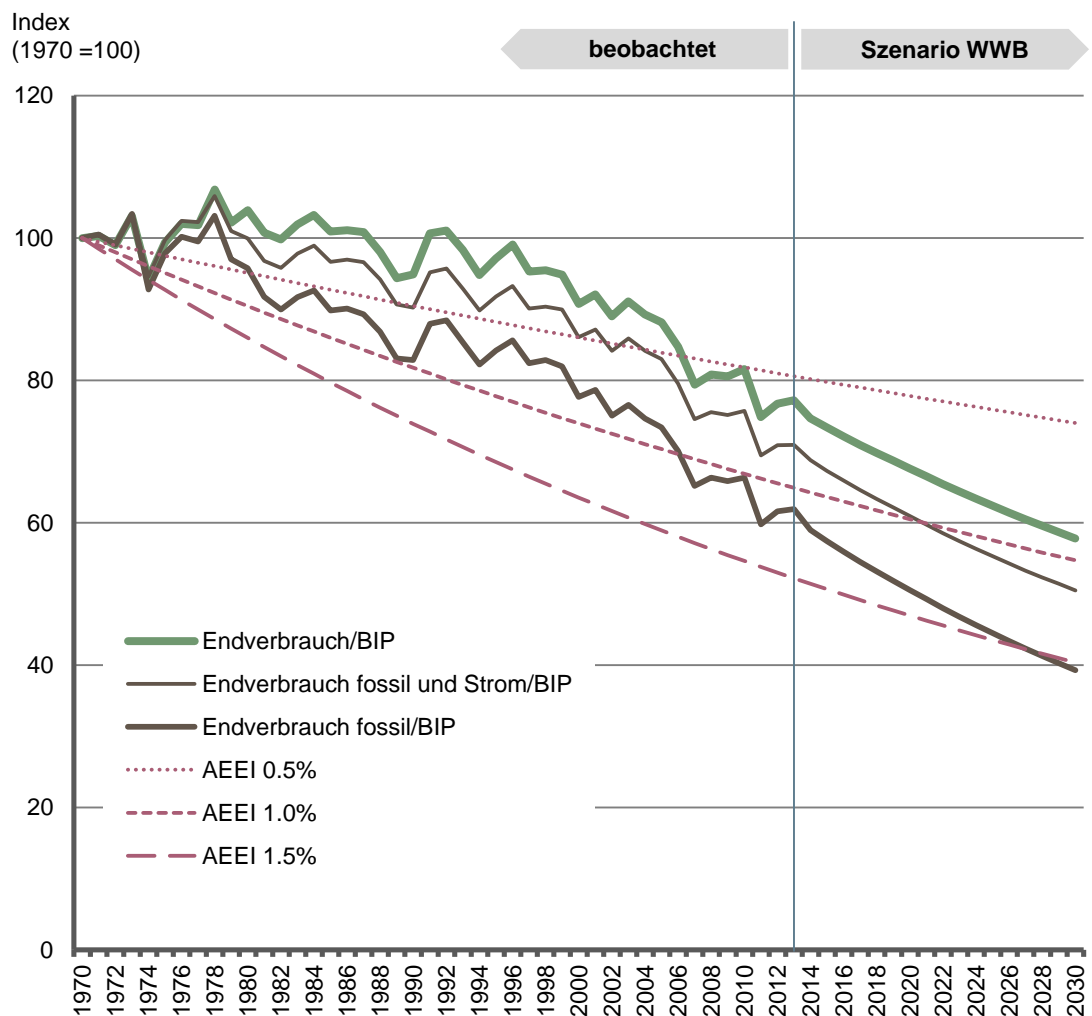
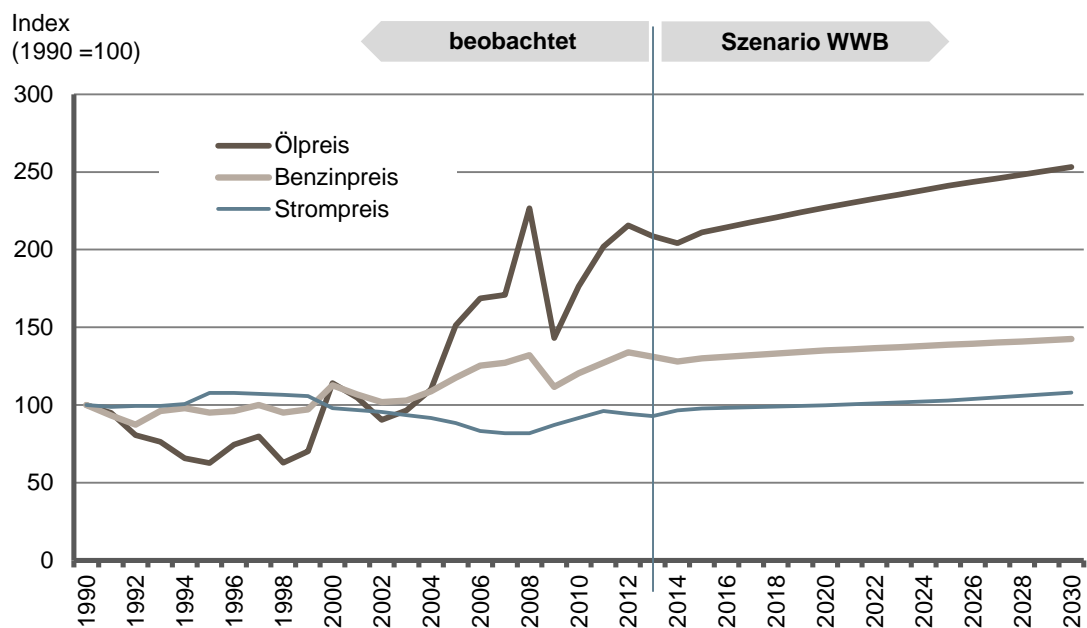
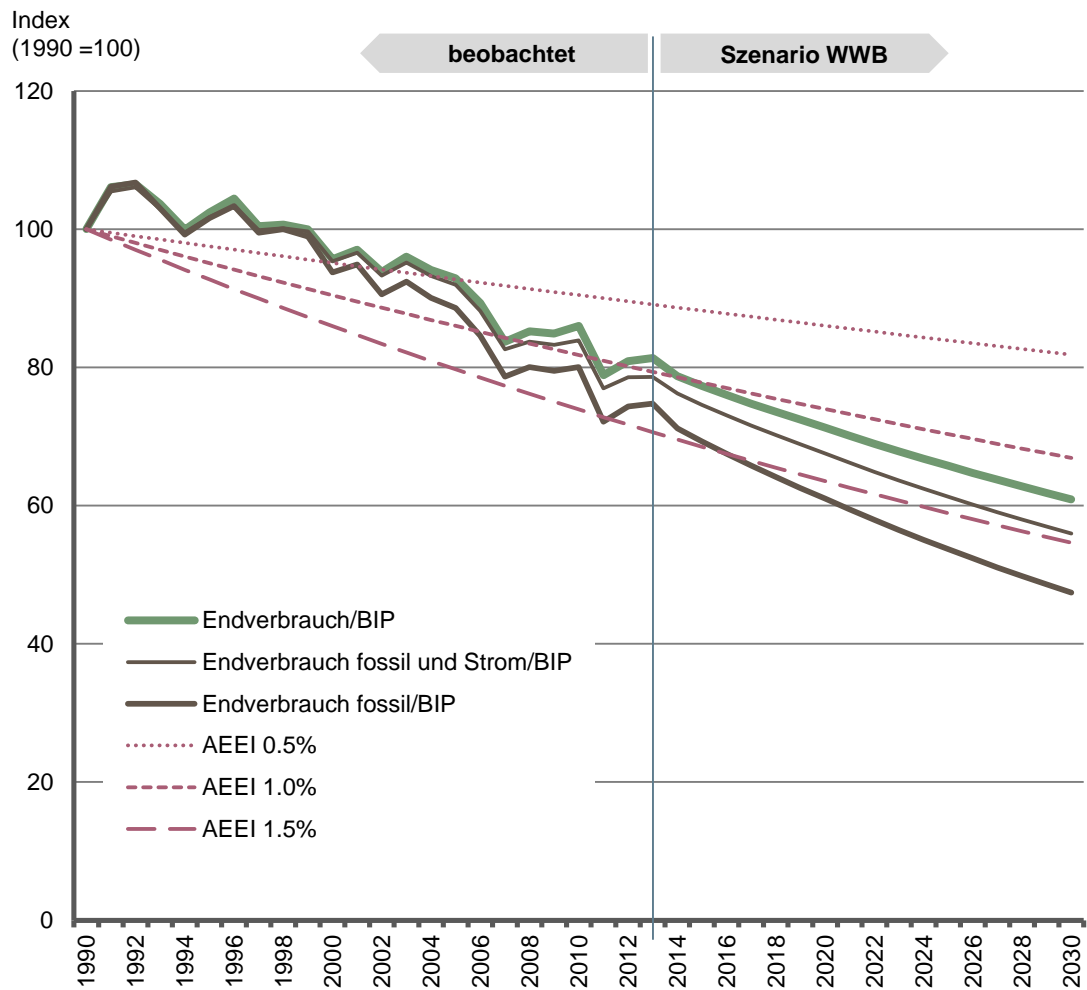


Abbildung 6-2: Entwicklung der Energieintensität und der Energiepreise 1990 - 2030



Die vorgängige Analyse hat auch gezeigt, dass mit Substitutionsprozessen zu rechnen ist. D.h. es macht wenig Sinn allgemeine abweichende AEEIs, welche für die gesamte Energienachfrage gelten, in den Sensitivitätsbetrachtungen vorzugeben. Für sinnvolle und plausible Annahmen gehen wir wie folgt vor:

- Wir setzen alternative Annahmen zum technischen Fortschritt (AEEI) auf jedem einzelnen Energieträger an. Die wichtigsten sind Strom, fossile Brennstoffe (Heizöl, Erdgas und Kohle) und fossile Treibstoffe (Benzin und Diesel). Die nachfolgende Abbildung 6-3 zeigt die historische Entwicklung der Energieintensitäten für diese drei Energieträger(gruppen) und die von prognos (2012) berechneten Verbräuche bis ins Jahr 2030.
- Als Ausgangsbasis dient uns immer das Szenario WWB von prognos (2012). Von diesem Szenario ausgehend setzen wir im Rahmen unserer Sensitivitätsbetrachtung einen höheren bzw. tieferen technischen Fortschritt. Aus dem vorgängigen Vergleich zwischen dem Szenario WWB und der historischen Entwicklung können wir nicht werten, ob das Szenario WWB tendenziell zu hoch oder zu tief berechnet wurde. Daher gehen wir in unseren Sensitivitätsbetrachtungen davon aus, dass sowohl ein höherer als auch tieferer technischer Fortschritt eintreten kann (symmetrische Annahme). Um den Einfluss des technischen Fortschritts aufzuzeigen, gehen wir von einem um 0.5%/a höheren bzw. tieferen energiespezifischen technischen Fortschritt aus. Welche Bandbreiten sich für die einzelnen Energieträger(gruppen) ergeben zeigt die Abbildung 6-4.

Fazit: Den Einfluss des technischen Fortschritts analysieren wir, indem wir einen um 0.5% höheren (Sensitivitätsszenario **AEEI +0.5%**) bzw. tieferen (Sensitivitätsszenario **AEEI -0.5%**) technischen Fortschritt je Energieträger im Vergleich zum Szenario WWB vorgeben.

Abbildung 6-3: Entwicklung der Energieintensität für Strom, fossile Treib- und Brennstoffe sowie der Energiepreise 1990 - 2030

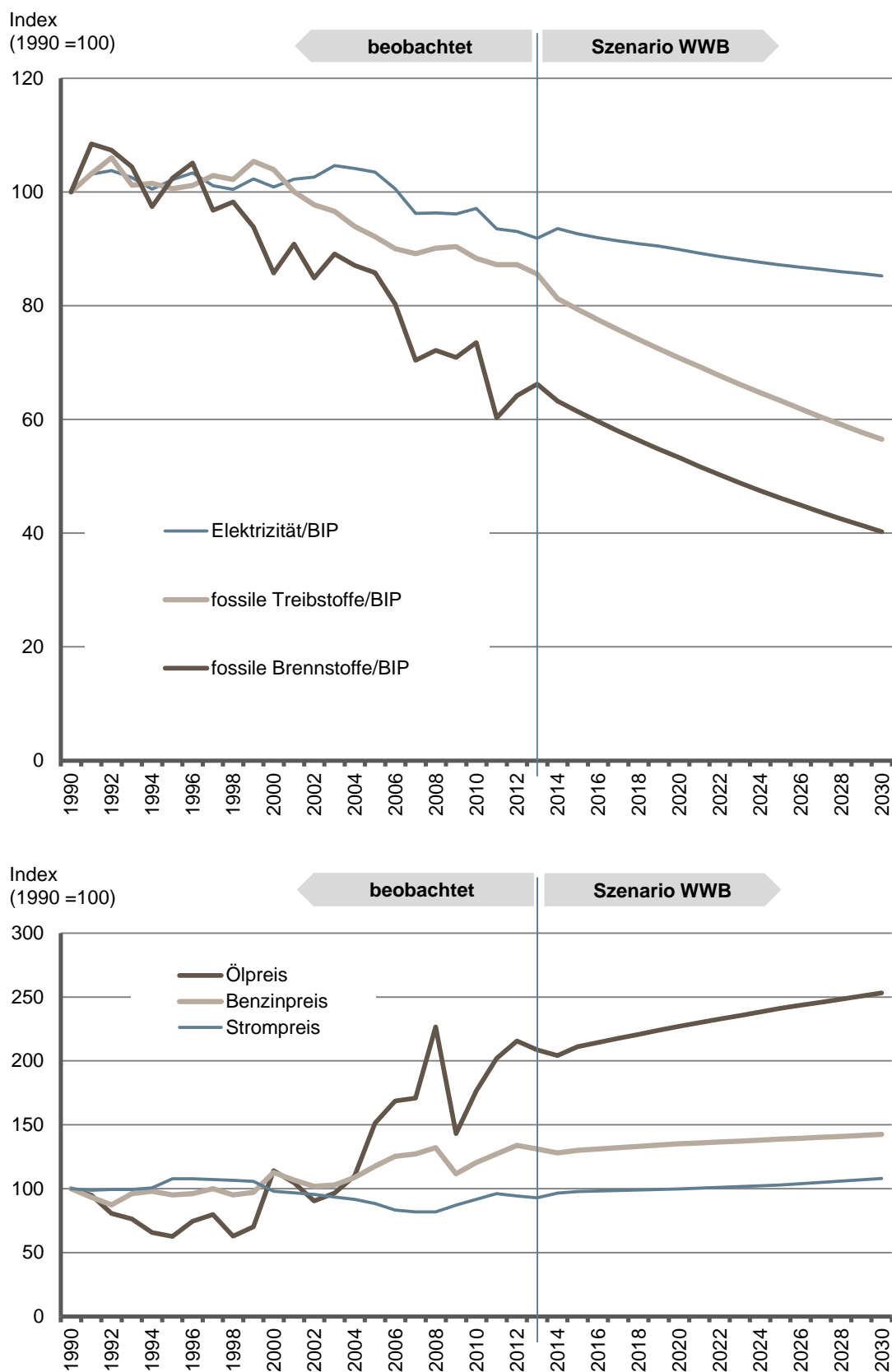
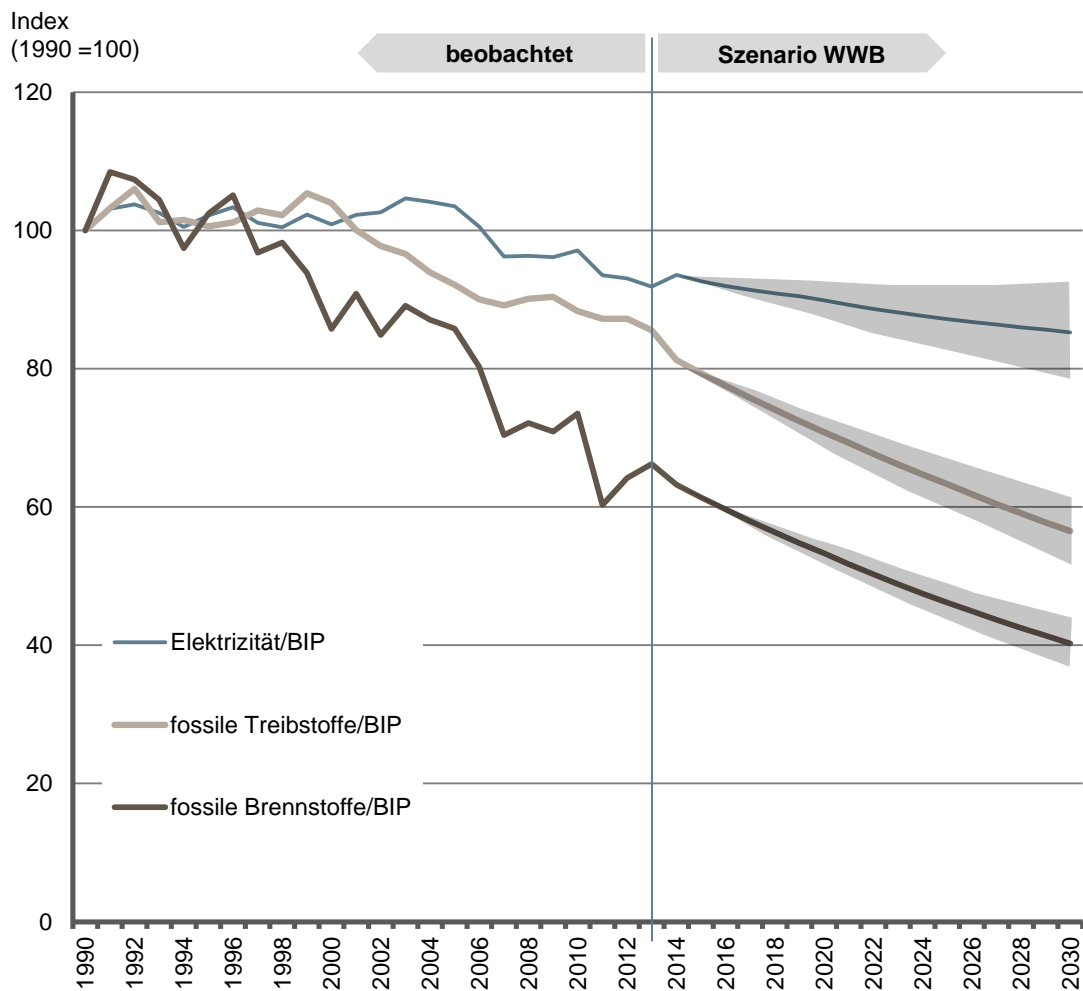


Abbildung 6-4: Bandbreite der Entwicklung der Energieintensität für Strom, fossile Treib- und Brennstoffe 2015 - 2030



6.2 Auswirkungen eines höheren und tieferen technischen Fortschritts auf die Ziellücken

Die Abbildung 6-5 zeigt für das Zielszenario -30%, ob mit den Abgabevarianten 1 bis 4 das gesteckte CO₂-Ziel von -30% erreicht werden kann und wie gross eine allfällige Ziellücke ist. Die mittlere Grafik zeigt die berechneten Ziellücken, wenn der technische Fortschritt gemäss Szenario WWB (prognos, 2012) unterstellt wird (vgl. dazu die Ausführungen zur Abbildung 4-1). Die erste Grafik zeigt die Ziellücken für den Fall, dass der technische Fortschritt um jährlich 0.5% höher liegt. Die Ziellücken für den Fall, dass der technische Fortschritt um jährlich 0.5% tiefer liegt, zeigt die unterste der drei Grafiken.

Wie der Vergleich dieser drei Grafiken zeigt, hat der technische Fortschritt einen sehr grossen Einfluss auf die Zielerreichung:

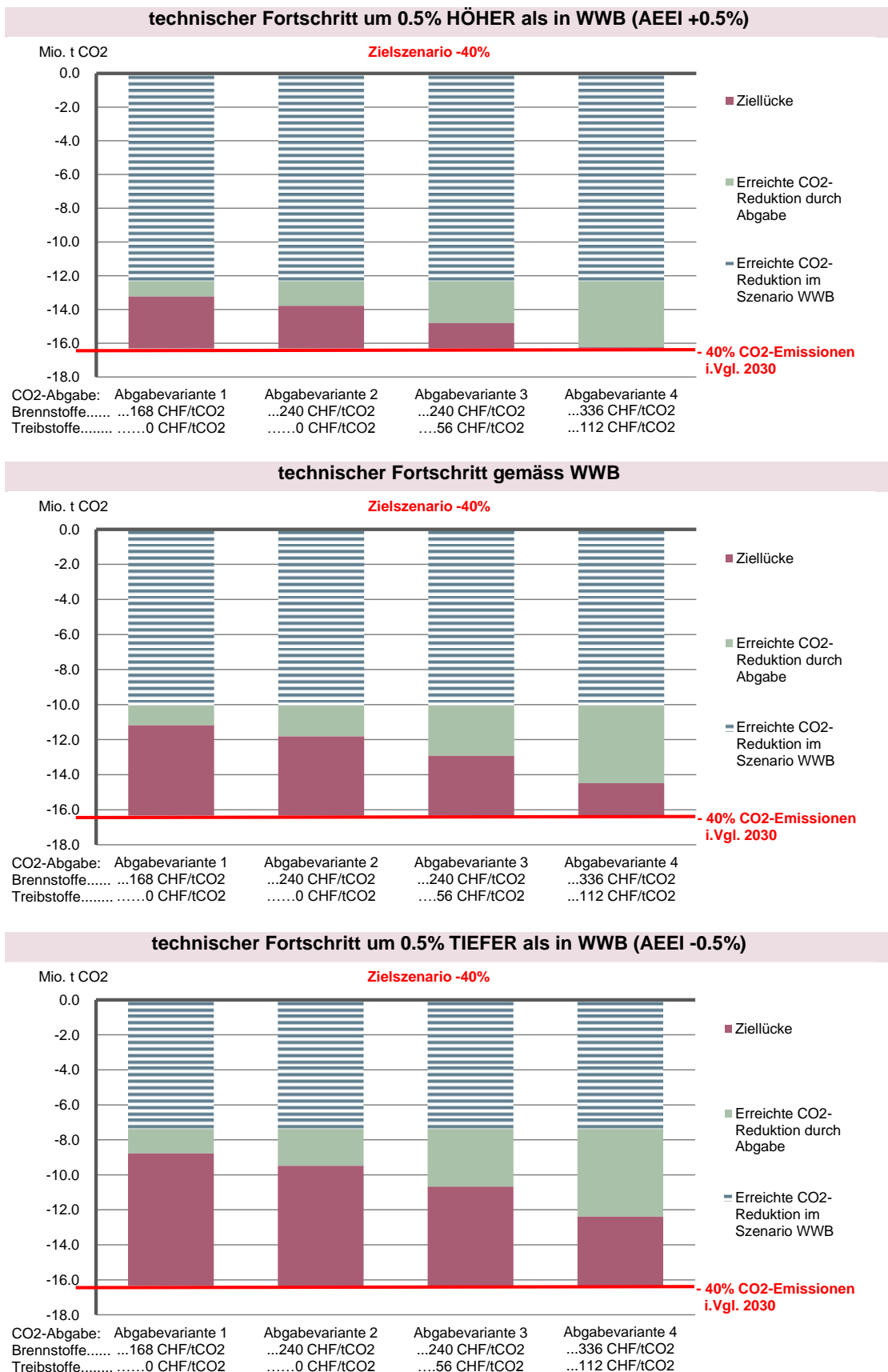
- Unter der Annahme eines technischen Fortschritts gemäss Szenario WWB kann nur mit der Abgabevariante 4 das CO₂-Ziel von -30% erreicht bzw. mehr oder weniger deutlich übertroffen werden.
- Wird ein technischer Fortschritt, der um 0.5% höher liegt als im Szenario WWB, unterstellt, so kann das CO₂-Ziel von -30% selbst mit der Abgabevariante 1 erreicht werden, welche keine CO₂-Abgabe auf Treibstoffe aufweist und auf Brennstoffen im Jahr 2030 eine Abgabe von 168 CHF/t CO₂ erhoben wird.
- Ist der technische Fortschritt um 0.5%/a tiefer als im Szenario WWB unterstellt, so kann das CO₂-Ziel von -30% mit keiner der vier Abgabevarianten erreicht werden.

Die Abbildung 6-9 zeigt dieselben Resultate für das Zielszenario -40%. Ein CO₂-Ziel von -40% kann nur bei der Abgabevariante 4 und der Annahme eines hohen technischen Fortschritts erreicht werden. Alle anderen Abgabevarianten verfehlen das -40%-Ziel relativ deutlich. Insbesondere bei der Annahme eines um -0.5%/a tieferen technischen Fortschritts wird selbst mit der Abgabevariante 4 das -40%-Ziel deutlich verfehlt.

Abbildung 6-5: Ziellücken im Jahr 2030 im Vergleich zum Referenzjahr 1990 für das Zielszenario -30% bei unterschiedlichem technischen Fortschritt



Abbildung 6-6: Ziellücken im Jahr 2030 im Vergleich zum Referenzjahr 1990 für das Zielszenario -40% bei unterschiedlichem technischen Fortschritt



6.3 Volkswirtschaftliche Auswirkungen eines höheren und tieferen technischen Fortschritts

In Abbildung 6-9 und Abbildung 6-10 werden für die beiden Zielszenarien -30% und -40% die berechneten Abgabeverarianten, die Ziellücken der Abgabeverarianten 1 bis 4 sowie die notwendige Abgabehöhe bei einer endogenen, uniformen CO₂-Abgabe *für einen höheren und tieferen technischen Fortschritt* zusammenfassend dargestellt. Weiter werden die Auswirkungen auf Wohlfahrt, Konsum, BIP, Beschäftigung und den Aussenhandel (Importe und Exporte) dargestellt. Zum Vergleich können die Abbildung 4-7 und Abbildung 4-8 herangezogen werden, welche die Resultate mit dem im Szenario WWB unterstellten technischen Fortschritt zeigen.

Es sei an dieser Stelle noch einmal erwähnt, dass mit den berechneten Abgabeverarianten die Ziele nur teilweise erreicht werden (vgl. vorgängige Ausführungen). Die volkswirtschaftlichen Effekte der verschiedenen Abgabeverarianten sind daher nicht miteinander vergleichbar, da sie einen unterschiedlichen Zielerreichungsgrad haben.

6.3.1 Notwendige Abgabehöhe zur Erreichung der Ziele bei unterschiedlichem technischen Fortschritt

Zielszenario -30%: CO₂-Abgabe von 54 bis 227 CHF/t CO₂, Stromabgabe von 2.3 bis 9.0 Rp./kWh³⁴

Mit einer uniformen CO₂-Abgabe auf Brenn- und Treibstoffe von rund 134 CHF/t CO₂ könnte bei dem im Szenario WWB unterstellten technischen Fortschritt das -30%-Ziel per 2030 erreicht werden. Bei einem höheren technischen Fortschritt (+0.5%/a) kann das CO₂-Ziel von -30% bereits mit einer moderaten uniformen Abgabe (auf Brenn- und Treibstoffe) von 54 CHF/t CO₂ erreicht werden. Liegt der technische Fortschritt um -0.5% tiefer als im Szenario WWB berechnet, so ist schon eine uniforme CO₂-Abgabe von 227 CHF/t CO₂ für die Zielerreichung notwendig. Die Bandbreite in Abhängigkeit eines höheren bzw. tieferen technischen Fortschritts liegt damit zwischen rund 50 bis 230 CHF/t CO₂.

Die Stromabgabe berechnet sich unter den Annahmen zum technischen Fortschritt gemäss Szenario WWB auf knapp 5 Rp./kWh, was einem Zuschlag von rund 20% auf dem Strompreis für Haushalte entspricht. Liegt der technische Fortschritt um 0.5% höher bzw. tiefer, so ergibt sich eine Bandbreite für die Stromabgabe von 2.3 bis 9.0 Rp./kWh, was einem Strompreiszuschlag bei den Haushalten von 10% bis 40% entspricht.

Zielszenario -40%: CO₂-Abgabe von 200 bis 450 CHF/t CO₂

Wird das CO₂-Ziel auf -40% verschärft, wäre unter den Annahmen gemäss Szenario WWB eine deutlich höhere CO₂-Abgabe auf Brenn- und Treibstoffen von 309 CHF/t CO₂ notwendig. Bei einem höheren technischen Fortschritt (+0.5%/a) kann das CO₂-Ziel von -40% mit einer

³⁴ Bei der Stromabgabe ist jeweils ein Netzzuschlag von 2.3 Rp./kWh enthalten.

uniformen Abgabe (auf Brenn- und Treibstoffe) von 200 CHF/t CO₂ erreicht werden. Liegt der technische Fortschritt um -0.5% tiefer als im Szenario WWB berechnet, so ist eine uniforme CO₂-Abgabe von 450 CHF/t CO₂ für die Zielerreichung notwendig. Die Bandbreite in Abhängigkeit eines höheren bzw. tieferen technischen Fortschritts liegt damit zwischen rund 200 bis 450 CHF/t CO₂. Für die Stromabgabe gelten in etwa die obigen Ausführungen zum CO₂-Ziel - 30%.

6.3.2 Auswirkungen eines unterschiedlichen technischen Fortschritts auf Wohlfahrt, BIP und Beschäftigung

Die Vorbemerkungen des Kapitels 4.3.2 gelten auch für die nachfolgenden Ausführungen.

Technischer Fortschritt hat grossen Einfluss auf Wohlfahrtseffekte

Im Kapitel 4.3.2 haben wir festgestellt, dass die Wohlfahrtsverluste der Abgabevarianten 1 bis 4 zwischen -0.08% bis -0.24% liegen. Bei einem höheren technischen Fortschritt (+0.5%, vgl. Abbildung 6-7) sind die Wohlfahrtsverluste kleiner und bewegen sich zwischen -0.02% (Abgabevariante 1) bis -0.17% (Abgabevariante 4). Bei tieferem technischen Fortschritt (-0.5%, vgl. Abbildung 6-8) sind die Wohlfahrtsverluste entsprechend grösser und bewegen sich zwischen -0.18% (Abgabevariante 1) bis -0.35% (Abgabevariante 4).

Werden unter den Annahmen von Szenario WWB die CO₂-Ziele von -30% bzw. -40% mittels einer uniformen CO₂-Abgabe in der Höhe von 134 bzw. 309 CHF/t CO₂ erreicht, ist im Jahre 2030 mit Wohlfahrtsverlusten von -0.14% bzw. -0.35% zu rechnen (immer im Vergleich zum Szenario WWB). Bei einem höheren technischen Fortschritt können dieselben Ziele mit geringeren Wohlfahrtsverlusten von -0.01% (-30%-Ziel) bzw. -0.17% (-40%-Ziel) erreicht werden. Bei tieferem technischen Fortschritt ist mit höheren Wohlfahrtsverlusten von -0.35% (-30%-Ziel) bzw. -0.64% (-40%-Ziel) zu rechnen.

Fazit: Der unterstellte technische Fortschritt hat einen relativ grossen Einfluss auf die Wohlfahrtseffekte. Die Wohlfahrtsverluste bleiben aber bis ins Jahr 2030 auch im Zielszenario -40% und einem tieferen technischen Fortschritt unter 1%.

Technischer Fortschritt und ihr Einfluss auf BIP und Beschäftigung

Die *relativen* Änderungen eines höheren oder tieferen technischer Fortschritts auf BIP und Beschäftigung sind in etwa dieselben wie oben für die Wohlfahrt dargestellt (die Detailzahlen können Abbildung 6-9 und Abbildung 6-10 entnommen werden).

Abbildung 6-7: Wohlfahrtseffekte (exkl. Klima- und Sekundärnutzen) und erreichte CO₂-Minderung:
technischer Fortschritt um 0.5% HÖHER als in WWB (AEEI +0.5%)

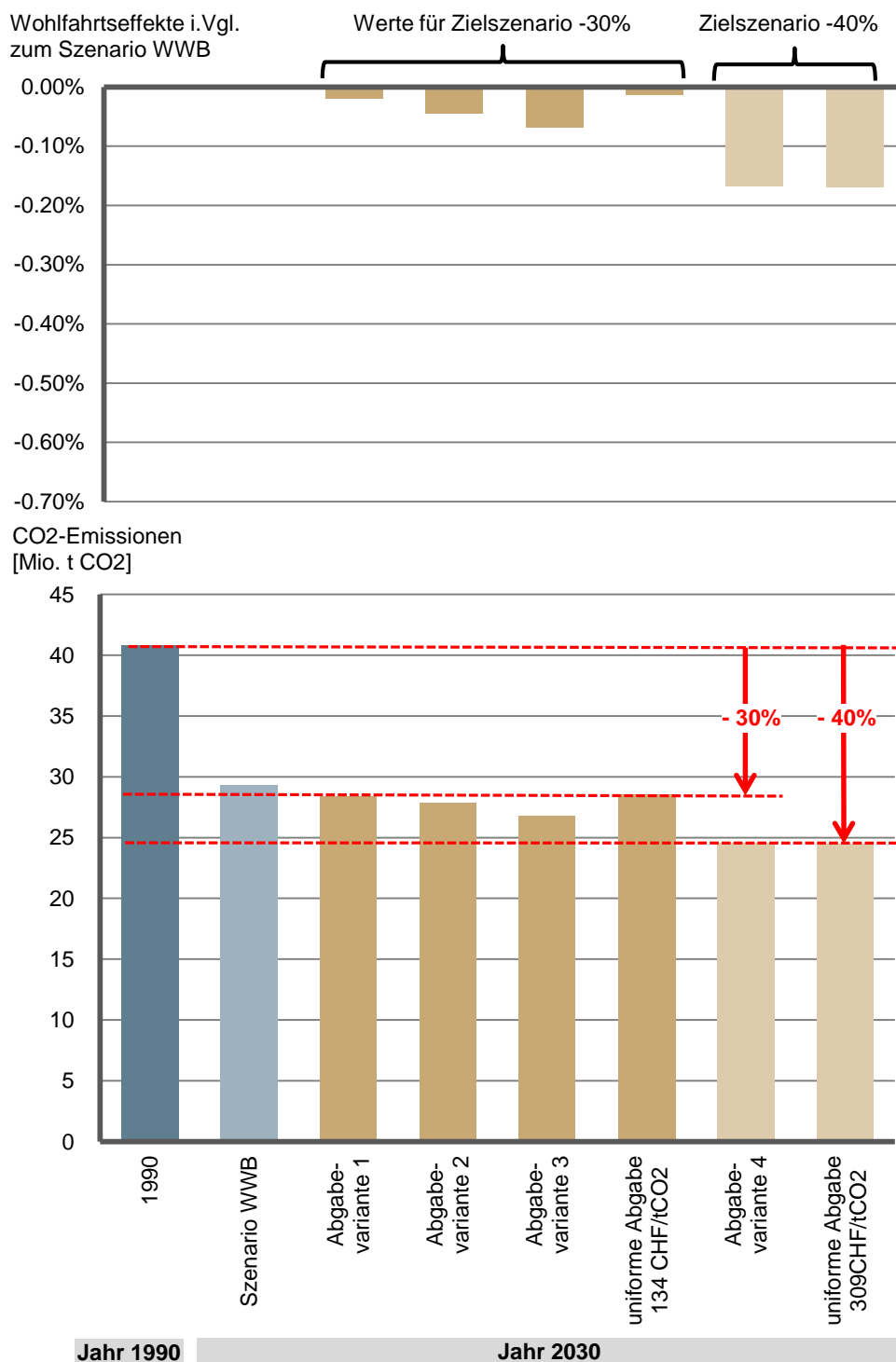


Abbildung 6-8: Wohlfahrtseffekte (exkl. Klima- und Sekundärnutzen) und erreichte CO₂-Minderung:
technischer Fortschritt um 0.5% TIEFER als in WWB (AEEI +0.5%)

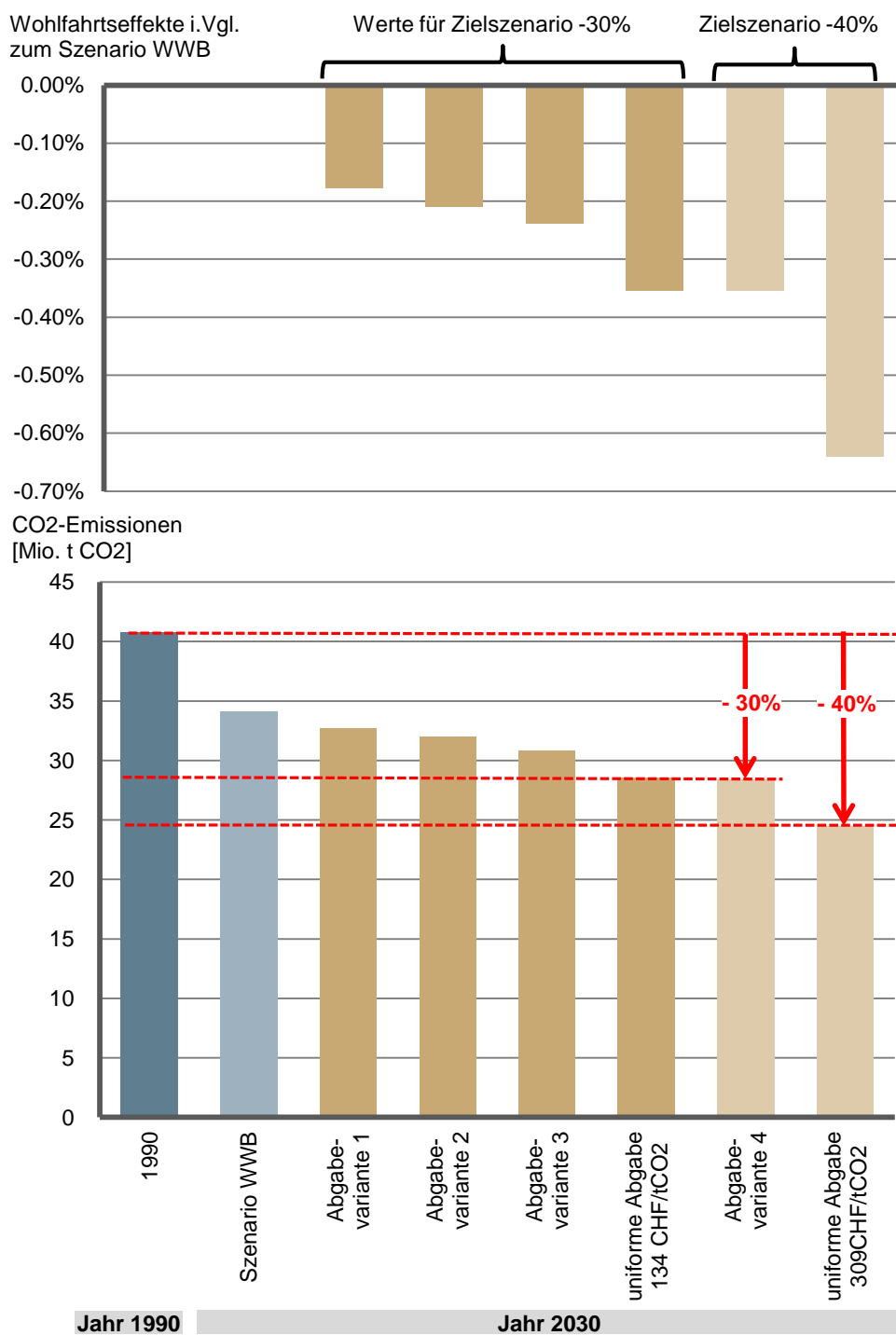


Abbildung 6-9: Volkswirtschaftliche Auswirkungen unterschiedlich hoher Abgaben im Vergleich zum Szenario WWB: Zielszenario -30%, Jahr 2030, bei unterschiedlichem technischen Fortschritt

technischer Fortschritt um 0.5% HÖHER als in WWB (AEEI +0.5%)

Anmerkung: Die zusätzlichen volkswirtschaftlichen Kosten zur Erreichung der Ziele über strengere Vorschriften sind nicht enthalten, d.h. es werden nur die Kosten der Abgaben ermittelt.			Zielszenario -30%, Jahr 2030				
			WWB	Abgabe-variante 1	Abgabe-variante 2	Abgabe-variante 3	Abgabe-variante 4
CO2- und Stromabgaben							
CO2-Abgabe auf Brennstoffe	CHF/t CO2	72	168	240	240	336	54
"	CHF/l HEL	0.19	0.44	0.63	0.63	0.89	0.32
CO2-Abgabe auf Treibstoffe	CHF/t CO2	0	0	0	56	112	54
"	CHF/l Benzin	0	0	0	0.13	0.27	0.35
Stromabgabe	in % durchschn. Haushaltstrompreis	10%	10%	10%	10%	10%	10%
	Rp./kWh	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
Ziellücke Non-ETS-Bereich i.Vgl. zu WWB (inkl. Sektoren mit Zielvereinbarungen)							
Ziellücke	Mio. t CO2	0.8	-0.2	-0.7	-1.7	-3.2	0.0
"	in %	100%	-20%	-92%	-226%	-413%	0%
Auswirkungen auf Wohlfahrt und Konsum i.Vgl. zum WWB							
Wohlfahrt	Δ % WWB		-0.02 %	-0.05 %	-0.07 %	-0.14 %	-0.01 %
Konsum	Δ % WWB		-0.0 %	-0.1 %	-0.2 %	-0.4 %	-0.0 %
Auswirkungen auf BIP und Beschäftigung i.Vgl. zum WWB							
BIP	Δ % WWB		-0.1 %	-0.2 %	-0.3 %	-0.6 %	-0.1 %
Beschäftigung	Δ % WWB		-0.00 %	-0.0 %	-0.1 %	-0.2 %	-0.0 %
Auswirkungen auf Aussenhandel i.Vgl. zum WWB							
Exporte	Δ % WWB		-0.1 %	-0.2 %	-0.5 %	-0.9 %	-0.2 %
Importe	Δ % WWB		-0.1 %	-0.2 %	-0.5 %	-0.9 %	-0.2 %

technischer Fortschritt um 0.5% TIEFER als in WWB (AEEI -0.5%)

Anmerkung: Die zusätzlichen volkswirtschaftlichen Kosten zur Erreichung der Ziele über strengere Vorschriften sind nicht enthalten, d.h. es werden nur die Kosten der Abgaben ermittelt.		Zielszenario -30%, Jahr 2030					
		WWB	Abgabe-variante 1	Abgabe-variante 2	Abgabe-variante 3	Abgabe-variante 4	Uniforme Abgabe
CO2- und Stromabgaben							
CO2-Abgabe auf Brennstoffe	CHF/t CO2	72	168	240	240	336	227
"	CHF/l HEL	0.19	0.44	0.63	0.63	0.89	0.32
CO2-Abgabe auf Treibstoffe	CHF/t CO2	0	0	0	56	112	227
"	CHF/l Benzin	0	0	0	0.13	0.27	0.35
Stromabgabe	in % durchschn. Haushaltstrompreis	10%	38%	39%	38%	38%	38%
	Rp./kWh	2.3	8.7	9.0	8.8	8.8	8.8
Ziellücke Non-ETS-Bereich i.Vgl. zu WWB (inkl. Sektoren mit Zielvereinbarungen)							
Ziellücke	Mio. t CO2	5.5	4.1	3.4	2.3	0.5	0.0
"	in %	100%	75%	62%	41%	10%	0%
Auswirkungen auf Wohlfahrt und Konsum i.Vgl. zum WWB							
Wohlfahrt	Δ % WWB		-0.18 %	-0.21 %	-0.24 %	-0.34 %	-0.35 %
Konsum	Δ % WWB		-0.4 %	-0.5 %	-0.6 %	-0.9 %	-0.9 %
Auswirkungen auf BIP und Beschäftigung i.Vgl. zum WWB							
BIP	Δ % WWB		-0.7 %	-0.8 %	-1.0 %	-1.4 %	-1.5 %
Beschäftigung	Δ % WWB		-0.16 %	-0.2 %	-0.3 %	-0.4 %	-0.5 %
Auswirkungen auf Aussenhandel i.Vgl. zum WWB							
Exporte	Δ % WWB		-1.3 %	-1.4 %	-1.7 %	-2.2 %	-2.5 %
Importe	Δ % WWB		-1.0 %	-1.1 %	-1.5 %	-2.0 %	-2.3 %

Abbildung 6-10: Volkswirtschaftliche Auswirkungen unterschiedlich hoher Abgaben im Vergleich zum Szenario WWB: Zielszenario -40%, Jahr 2030, bei unterschiedlichem technischen Fortschritt

technischer Fortschritt um 0.5% HÖHER als in WWB (AEEI +0.5%)

Anmerkung: Die zusätzlichen volkswirtschaftlichen Kosten zur Erreichung der Ziele über strengere Vorschriften sind nicht enthalten, d.h. es werden nur die Kosten der Abgaben ermittelt.			Zielszenario -40%, Jahr 2030				
			WWB	Abgabe-variante 1	Abgabe-variante 2	Abgabe-variante 3	Abgabe-variante 4
CO2- und Stromabgaben							
CO2-Abgabe auf Brennstoffe	CHF/t CO2	72	168	240	240	336	200
"	CHF/l HEL	0.19	0.44	0.63	0.63	0.89	0.81
CO2-Abgabe auf Treibstoffe	CHF/t CO2	0	0	0	56	112	200
"	CHF/l Benzin	0	0	0	0.13	0.27	0.73
Stromabgabe	in % durchschn. Haushaltstrompreis	10%	10%	10%	10%	10%	10%
	Rp./kWh	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
Ziellücke Non-ETS-Bereich i.Vgl. zu WWB (inkl. Sektoren mit Zielvereinbarungen)							
Ziellücke	Mio. t CO2	4.0	3.1	2.5	1.5	0.1	0.0
"	in %	100%	77%	63%	37%	2%	0%
Auswirkungen auf Wohlfahrt und Konsum i.Vgl. zum WWB							
Wohlfahrt	Δ % WWB		-0.05 %	-0.07 %	-0.10 %	-0.17 %	-0.17 %
Konsum	Δ % WWB		-0.1 %	-0.2 %	-0.2 %	-0.4 %	-0.4 %
Auswirkungen auf BIP und Beschäftigung i.Vgl. zum WWB							
BIP	Δ % WWB		-0.1 %	-0.2 %	-0.3 %	-0.6 %	-0.6 %
Beschäftigung	Δ % WWB		-0.01 %	-0.0 %	-0.1 %	-0.2 %	-0.2 %
Auswirkungen auf Aussenhandel i.Vgl. zum WWB							
Exporte	Δ % WWB		-0.1 %	-0.2 %	-0.5 %	-0.8 %	-1.0 %
Importe	Δ % WWB		-0.1 %	-0.2 %	-0.5 %	-0.9 %	-1.1 %

technischer Fortschritt um 0.5% TIEFER als in WWB (AEEI -0.5%)

Anmerkung: Die zusätzlichen volkswirtschaftlichen Kosten zur Erreichung der Ziele über strengere Vorschriften sind nicht enthalten, d.h. es werden nur die Kosten der Abgaben ermittelt.		Zielszenario -40%, Jahr 2030					
		WWB	Abgabe-variante 1	Abgabe-variante 2	Abgabe-variante 3	Abgabe-variante 4	Uniforme Abgabe
CO2- und Stromabgaben							
CO2-Abgabe auf Brennstoffe	CHF/t CO2	72	168	240	240	336	450
"	CHF/l HEL	0.19	0.44	0.63	0.63	0.89	0.81
CO2-Abgabe auf Treibstoffe	CHF/t CO2	0	0	0	56	112	450
"	CHF/l Benzin	0	0	0	0.13	0.27	0.73
Stromabgabe	in % durchschn. Haushaltstrompreis	10%	39%	38%	38%	37%	37%
	Rp./kWh	2.3	8.9	8.8	8.8	8.5	8.5
Ziellücke Non-ETS-Bereich i.Vgl. zu WWB (inkl. Sektoren mit Zielvereinbarungen)							
Ziellücke	Mio. t CO2	8.9	7.5	6.8	5.7	3.9	0.0
"	in %	100% ❌	84% ❌	77% ❌	63% ❌	44% ❌	0% ✅
Auswirkungen auf Wohlfahrt und Konsum i.Vgl. zum WWB							
Wohlfahrt	Δ % WWB		-0.20 %	-0.23 %	-0.27 %	-0.35 %	-0.64 %
Konsum	Δ % WWB		-0.5 %	-0.6 %	-0.7 %	-0.9 %	-1.6 %
Auswirkungen auf BIP und Beschäftigung i.Vgl. zum WWB							
BIP	Δ % WWB		-0.7 %	-0.8 %	-1.0 %	-1.3 %	-2.3 %
Beschäftigung	Δ % WWB		-0.16 %	-0.2 %	-0.3 %	-0.4 %	-0.8 %
Auswirkungen auf Aussenhandel i.Vgl. zum WWB							
Exporte	Δ % WWB		-1.2 %	-1.3 %	-1.7 %	-2.2 %	-3.5 %
Importe	Δ % WWB		-1.0 %	-1.1 %	-1.5 %	-1.9 %	-3.3 %

7 Einfluss des Wirtschafts- und Bevölkerungswachstums

7.1 Einleitung / Sensitivitätsszenarien

Mit Hilfe zweier Sensitivitätsszenarien untersuchen wir den Einfluss des Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstums auf die Ziellücken und die volkswirtschaftlichen Massnahmen der untersuchten Abgabeverarianten. Da Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum nicht unabhängig voneinander sind, bilden wir zwei verschiedene Szenarien mit unterschiedlicher Bevölkerungsentwicklung und unterstellter Arbeitsproduktivität.

Sensitivitätsszenario „hoch“

Die Abbildung 7-1 zeigt die Bevölkerungsentwicklung, wie sie im Szenario WWB unterstellt wurde und vergleicht diese mit der aktuell beobachteten Entwicklung und den aktuellsten Szenarien des Bundesamts für Statistik. Die tatsächliche Bevölkerungsentwicklung liegt bis 2013 nur leicht über den Annahmen des Szenarios WWB. Allerdings zeigt das aktuellste BFS-Szenario A-00-2010/2014 ein Bevölkerungswachstum, das doch relativ deutlich über dem im Szenario WWB unterstellten Wachstum liegt. Da diese jährlich erstellten Aktualisierungen nur kurz- und mittelfristiger Natur sind, unterstellen wir bis zum Jahr 2030 für den Fall eines hohen Bevölkerungswachstums das BFS-Szenario A-10-2010 (hoher Wanderungssaldo). In diesem Sensitivitätsszenario mit einem hohen Bevölkerungswachstum beträgt die ständige mittlere Wohnbevölkerung im Jahr 2030 9.6 Mio. CHF und liegt damit 9% über der im Szenario WWB unterstellten Annahmen.

Für das BIP-Wachstum in diesem Szenario gehen wir von einem Produktivitätsfortschritt von rund 0.9%/Jahr (Arbeitsproduktivität) aus, was den Annahmen gemäss Szenario WWB entspricht. Im Moment gibt es keine Anzeichen für ein langfristig höheres Wachstum. Das BIP ergibt sich aus diesem unveränderten Produktivitätswachstum und der vom BFS berechneten Entwicklung der Erwerbsbevölkerung gemäss Szenario A-10-2010. Insgesamt liegt unter diesen Annahmen im Szenario „hoch“ das BIP rund 12% über dem im Szenario WWB unterstellten BIP. Die Abbildung 7-2 zeigt die Entwicklung des BIPs.

Sensitivitätsszenario „tief“

Im Sensitivitätsszenario „tief“ gehen wir vom selben Bevölkerungswachstum aus wie im Szenario WWB unterstellt. Einzig beim Produktivitätsfortschritt unterstellen wir ein tieferes Wachstum im Vergleich zu den Annahmen im Szenario WWB: 0.5%/Jahr i.Vgl. zu den 0.9% im Szenario WWB. Dies führt zu einem -8% tieferen BIP im Szenario „tief“ im Vergleich zum Szenario WWB (vgl. Abbildung 7-3).

Fazit: Die Annahmen zu den beiden Sensitivitätsszenarien „hohes“ und „tiefes“ Wachstum können wie folgt tabellarisch zusammengefasst werden:

	Szenario „hoch“	Szenario „tief“
Bevölkerungswachstum	Gemäss A11-00-2010	gemäss WWB
BIP-Wachstum	Gleicher Produktivitätsfortschritt wie Szenario WWB, aber höhere Erwerbsbevölkerung	Produktivitätsfortschritt bei 0.5%/Jahr i.Vgl. zu den 0.9% des Szenarios WWB

Anmerkung: Mit dieser Ausgestaltung von Szenario „hoch“ und Szenario „tief“ variieren wir einerseits das Bevölkerungswachstum (Szenario „hoch“), andererseits den Produktivitätsfortschritt (Szenario „tief“). Selbstverständlich wären auch Kombinationen möglich (bspw. höheres Bevölkerungswachstum und höherer Produktivitätsfortschritt). Damit wird die Effekte eines geänderten Bevölkerungs- und Produktivitätswachstums separat ausweisen können, variieren wir in den beiden Sensitivitätsszenarien jeweils nur eine dieser beiden Einflussgrössen.

Abbildung 7-1: Sensitivitätsszenarien für die Wohnbevölkerung

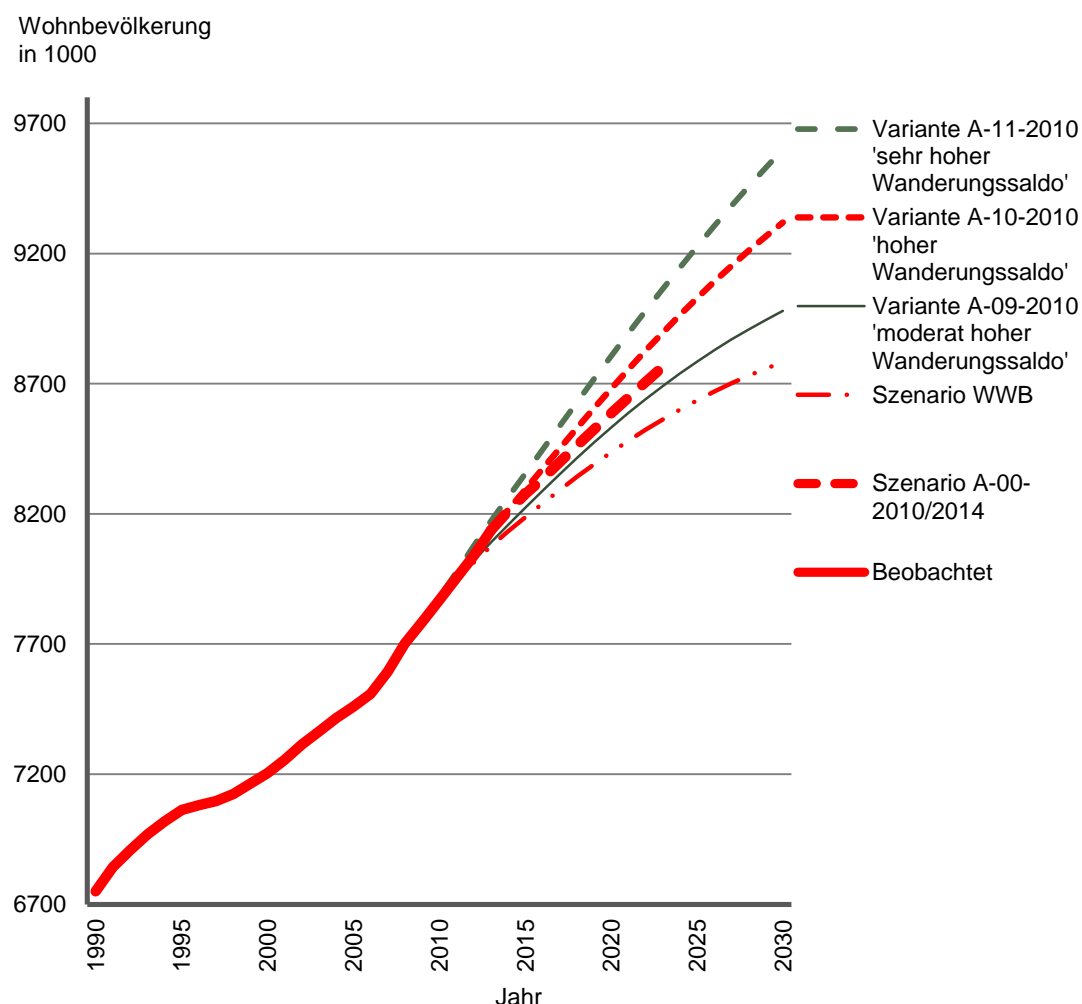
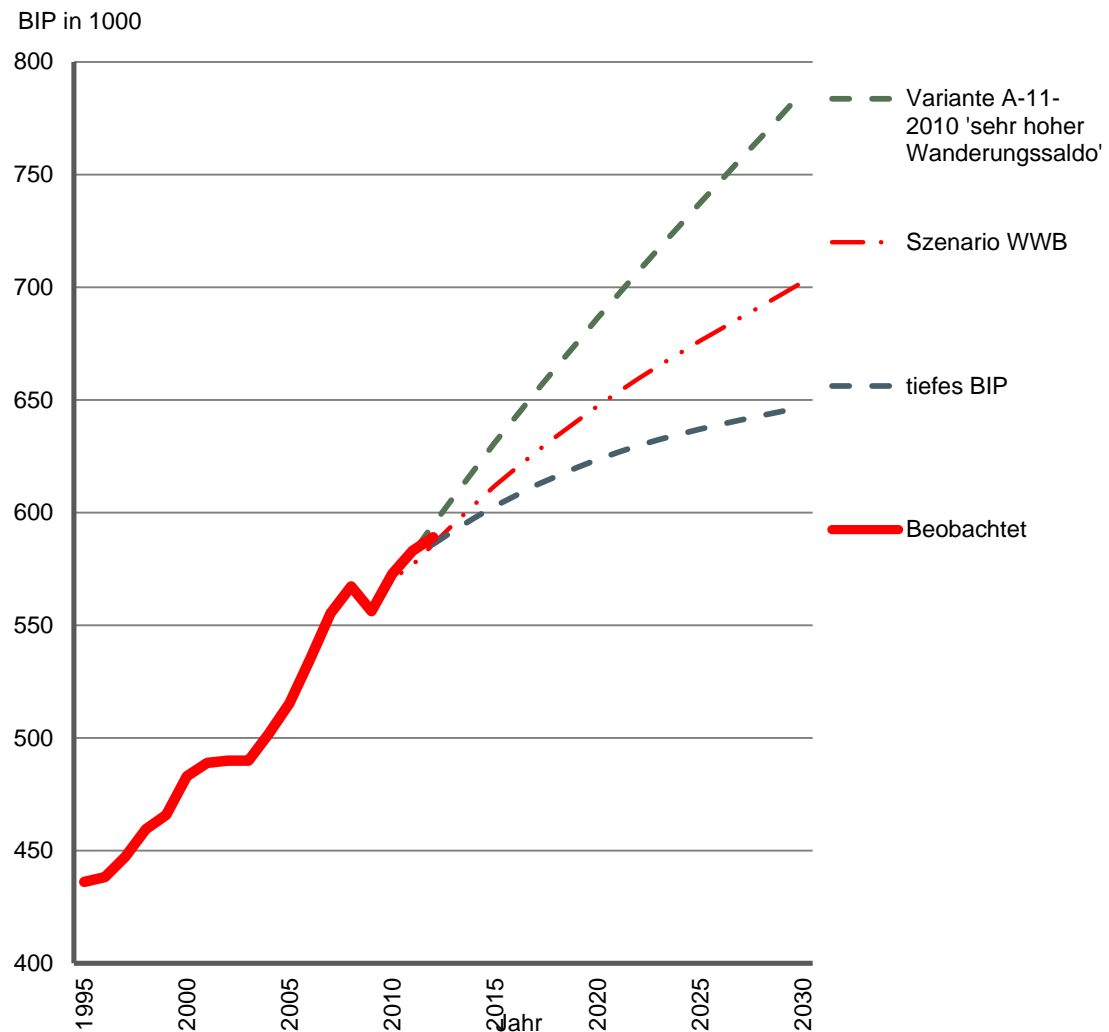


Abbildung 7-2: Sensitivitätsszenarien für die BIP-Entwicklung

Anmerkung: Die dargestellten BIP-Zahlen entsprechen den aktuell revidierten Zahlen.

Konsequenzen eines höheren/tieferen Bevölkerungs- und BIP-Wachstum auf den Energieverbrauch

Bevor wir die Auswirkungen eines höheren/tieferen Bevölkerungs- und BIP-Wachstums auf die Zielerreichung und die volkswirtschaftlichen Effekte der verschiedenen Abgabeverarianten untersuchen können, sind die Konsequenzen eines höheren/tieferen Bevölkerungs- und BIP-Wachstums auf den Energieverbrauch ohne weitere Massnahmen abzuschätzen. Da wir im Rahmen dieser Sensitivitätsbetrachtungen keine detaillierte Analyse vornehmen können, müssen wir uns mit groben Annahmen begnügen. Die Abbildung 7-3 zeigt die unterstellten Annahmen für diese grobe Abschätzung. So nehmen wir bspw. an, dass das Bevölkerungswachstum zu 100% auf den Treibstoffverbrauch durchschlägt, also eine um 9% höhere Bevölkerungszahl den Treibstoffverbrauch auch um 9% zunehmen lässt. Bei den Gebäuden gilt dies allerdings nicht, da die zusätzliche Bevölkerung zu neuen Wohnflächen führt, welche einen deutlich unterdurchschnittlichen Energieverbrauch aufweisen. Auch in der Wirtschaft

gehen wir davon aus, dass das BIP-Wachstum zwar den Energieverbrauch erhöht, das Energieverbrauchswachstum aber deutlich unter dem BIP-Wachstum liegt. Die nachfolgende Abbildung 7-3 zeigt zusammenfassend die sehr grob geschätzten Konsequenzen eines höheren Bevölkerungs- und BIP-Wachstums auf den Energieverbrauch: Ein Rückgang des BIPs um 8% führt gemäss unserer sehr groben Schätzung zu einem Rückgang des Energieverbrauchs von 3%. Das höhere Bevölkerungswachstums bis 2030 von +9% gepaart mit einem höheren BIP-Wachstum von +12% führt – grob geschätzt – zu einer Zunahme des Energieverbrauchs von 7%.

Zu beachten ist, dass sich Bevölkerungswachstum und BIP-Wachstum unterschiedlich auf die einzelnen Energieträger niederschlagen.

Abbildung 7-3: Sensitivitätsszenarien für Bevölkerungs- und BIP-Wachstum und ihre Konsequenzen auf den Energieverbrauch [Jahr 2030]

[Werte für das Jahr 2030]		Szenario WWB	Szenario "hoch"		Szenario "tief"	
			Δ WWB		Δ WWB	
Wohnbevölkerung	[in 1000]	8'784	9'600	9%	8'784	0%
BIP	[in Mio. CHF]	702	787	12%	647	-8%
Total Fossil und Strom	[PJ/a]	618	663	7%	602	-3%
Elektrizität	[PJ/a]	230	251	9%	220	-4%
Fossile Brennstoffe	[PJ/a]	209	218	4.4%	205	-2%
Treibstoffe	[PJ/a]	179	194	8.1%	177	-1%

Abbildung 7-4: Annahmen zur Schätzung der Konsequenzen des Bevölkerungs- und BIP-Wachstums auf den Energieverbrauch (ohne weitere Massnahmen)

Szenario WWB			Szenario "hoch"		Szenario "tief"		Abhängigkeit und Durchschlag des Wachstums auf Energieverbrauch *)	
prognos (2012)							Bevöl-kerung	BIP
Wohnbevölkerung	[in 1000]	8'784	9'600	9%	8'784	0%		
BIP	[in Mio. CHF]	702	787	12%	647	-8%		
Elektrizität [PJ/a]	Haushalte	64 Tab. 7.22	69	7%	64	0%	80%	
	Dienstleistungen	79 Tab. 7.27	86	10%	74	-6%		80%
	Industrie	70 Tab. 7.36	77	10%	66	-6%		80%
	Verkehr (ohne int. Flugverkehr)	17 Tab. 7.42	19	10%	17	-2%	80%	20%
Heizöl [PJ/a]	Haushalte	47 Tab. 7.22	48	2%	47	0%	20%	
	Dienstleistungen	29 Tab. 7.27	30	2%	29	-2%		20%
	Industrie	15 Tab. 7.36	17	10%	14	-6%		80%
Erdgas [PJ/a]	Haushalte	51 Tab. 7.22	52	3%	51	0%	30%	
	Dienstleistungen	22 Tab. 7.27	23	4%	22	-2%		30%
	Industrie	35 Tab. 7.36	39	10%	33	-6%		80%
Kohle [PJ/a]	Industrie	5 Tab. 7.36	5	6%	4	-4%		50%
OMOP [PJ/a]		5 Tab. 7.36	5	6%	4	-4%		50%
Benzin/Diesel [PJ/a]	Haushalte	116 (Tab. 7.41)	127	9%	116	0%	100%	
	Wirtschaft	63 (Tab. 7.41)	67	6%	61	-4%		50%
Total [PJ/a]		618	663	7%	602	-3%		
Elektrizität	[PJ/a]	230	251	9%	220	-4%		
Heizöl	[PJ/a]	92	95	3%	90	-2%		
Erdgas	[PJ/a]	108	114	5%	105	-3%		
Kohle	[PJ/a]	5	5	6%	4	-4%		
OMOP	[PJ/a]	5	5	6%	4	-4%		
Treibstoffe	[PJ/a]	179	194	8%	177	-1%		

*) Beispiel: Im Haushaltbereich führt eine Erhöhung der Bevölkerung um +10% zu einer Zunahme beim Stromverbrauch von +8% (Wachstum schlägt zu 80% auf den Energieverbrauch durch)

Konsequenzen eines höheren/tieferen Bevölkerungs- und BIP-Wachstum auf die zu erreichenden Ziele

Das **Stromziel** ist relativ zum Bevölkerungswachstum definiert. Die obige Abbildung zeigt, dass sich das *relative* Stromreduktionsziel bei einem höheren Bevölkerungswachstum nicht wesentlich verändert: In den im Kapitel 4 durchgeführten Berechnungen mit den Basisannahmen sind wir von einem Stromreduktionsziel i.Vgl. zum Szenario WWB von -10.8% ausgegangen. Unter dem höheren Bevölkerungswachstum von +9% und dem entsprechend höheren Wirtschaftswachstum erhöht sich die Stromnachfrage in etwa auch um +9%. Das *relative* Stromziel ändert sich somit nicht wesentlich.

Beim **CO₂-Ziel von -30%** gehen wir von einer absoluten CO₂-Zielsetzung aus. Das höhere Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum führt im Szenario „hoch“ zu rund 6% höheren CO₂-Emissionen bei einer Entwicklung ohne weitere Massnahmen. Die mittels Abgabe zu deckende Ziellücke wird also entsprechend grösser. Für das Szenario tief ist dagegen mit knapp 2% tieferen CO₂-Emissionen bei einer Entwicklung ohne weitere Massnahmen zu rechnen. Die Ziellücke wird in diesem Falle entsprechend kleiner.

Die zur Diskussion gestellte Revision des Energiegesetzes sieht eine Senkung des durchschnittlichen Energieverbrauchs pro Person vor, aus der sich bei den in den vorigen Kapiteln verwendeten Basisannahmen zum Bevölkerungswachstum das **-40% Ziel** ableiten lässt. Das Ziel wäre somit relativ zur Bevölkerungsentwicklung definiert. Die Erreichung des -40%-Ziels wird daher bei einem höheren Bevölkerungswachstum ähnliche Auswirkungen zeigen wie bereits im Kapitel 4 dargelegt. Tendenziell wird durch das Bevölkerungswachstum die Zielerreichung eher verbessert, da der Energieverbrauch weniger stark ansteigt (+7%) als die Bevölkerungszahl (+9%). Aufgrund unserer groben Abschätzungen können wir keine sinnvollen Modellvorgaben formulieren, die eine einigermaßen verlässliche Modellberechnung zu den – vermutlich – geringen Unterschieden in den volkswirtschaftlichen Auswirkungen geben.

Ergänzend haben wir dafür ein Szenario gerechnet, das analog zum -30%-Ziel von einer absoluten CO₂-Zielsetzung für das -40%-Ziel ausgeht.

7.2 Auswirkungen eines höheren Bevölkerungs- und BIP-Wachstums auf die Ziellücken

Die Abbildung 7-5 zeigt für das Zielszenario -30%, ob mit den Abgabeverarianten 1 bis 4 das gesteckte CO₂-Ziel von -30% erreicht werden kann und wie gross eine allfällige Ziellücke ist. Die mittlere Grafik zeigt die berechneten Ziellücken, wenn das Bevölkerungs- und BIP-Wachstum gemäss Szenario WWB (prognos, 2012) unterstellt wird. Die erste Grafik zeigt die Ziellücken für das Szenario „tief“. Die Ziellücken für das Szenario „hoch“ sind der untersten der drei Grafiken zu entnehmen.

Wie der Vergleich dieser drei Grafiken zeigt, haben alternative Annahmen zum Bevölkerungs- und BIP-Wachstum zwar einen Einfluss auf die Zielerreichung, allerdings viel weniger ausgeprägt als beim vorgängig diskutierten technischen Fortschritt:

- Unter der Bevölkerungs- und BIP-Entwicklung gemäss Szenario WWB kann nur mit der Abgabeverariante 4 das CO₂-Ziel von -30% erreicht bzw. mehr oder weniger deutlich übertroffen werden.
- Bei einem tieferen BIP-Wachstum kann neben der Abgabeverariante 4 auch mit der Abgabeverariante 3 das -30%-Ziel erreicht werden. Die Abgabeverarianten 1 und 2 verfehlen aber auch bei tiefem Wirtschaftswachstum das -30% deutlich.
- Bei einem hohen Bevölkerungs- und BIP-Wachstum wird das Ziel selbst mit der Abgabeverariante 4 knapp verfehlt.

Die Abbildung 7-6 zeigt dieselben Resultate für das Zielszenario -40%, sofern das -40% Ziel absolut und nicht relativ zum Bevölkerungswachstum gesetzt wird: Bei allen Abgabevarianten wird das -40%-Ziel relativ deutlich verfehlt. Auch bei der Abgabevariante 4 und tiefem Wirtschaftswachstum bleibt eine relativ deutlich Ziellücke.

Anmerkung: Wie vorgängig festgehalten, gelten bei einem relativ zur Bevölkerungsanzahl festgelegtes -40% Ziel die Ausführungen gemäss Kapitel 4, wobei die Ziellücken in der Tendenz eher geringer sind als in Kapitel 4 ausgewiesen, da der Energieverbrauch weniger stark ansteigt (+7%) als die Bevölkerungszahl (+9%).

Abbildung 7-5: Ziellücken im Jahr 2030 im Vergleich zum Referenzjahr 1990 für das Zielszenarien -30% bei unterschiedlichem Bevölkerungs- und BIP-Wachstum

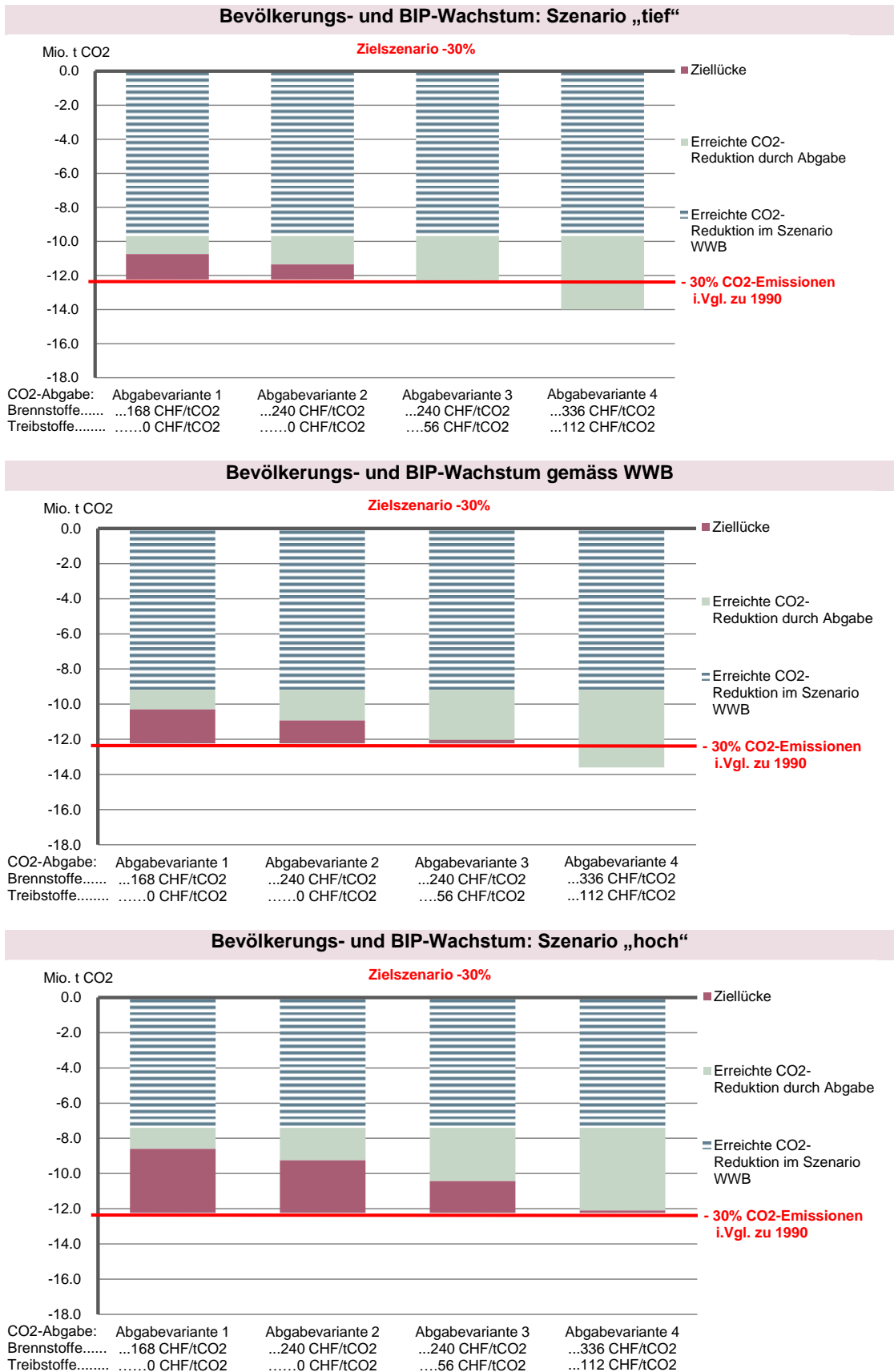


Abbildung 7-6: Ziellücken im Jahr 2030 im Vergleich zum Referenzjahr 1990 für das Zielszenarien -40% bei unterschiedlichem Bevölkerungs- und BIP-Wachstum



7.3 Volkswirtschaftliche Auswirkungen eines höheren und tieferen Bevölkerungs- und BIP-Wachstums

In Abbildung 7-9 und Abbildung 7-10 werden für die beiden Zielszenarien -30% und -40% die berechneten Abgabeverarianten, die Ziellücken der Abgabeverarianten 1 bis 4 sowie die notwendige Abgabehöhe bei einer endogenen, uniformen CO₂-Abgabe *für ein höheres und tieferes Bevölkerungs- und BIP-Wachstum* zusammenfassend dargestellt. Weiter werden die Auswirkungen auf Wohlfahrt, Konsum, BIP, Beschäftigung und den Aussenhandel (Importe und Exporte) dargestellt. Zum Vergleich können Abbildung 4-7 und Abbildung 4-8 herangezogen werden, welche die Resultate mit dem im Szenario WWB unterstellten Bevölkerungs- und BIP-Wachstum zeigen.

Es sei an dieser Stelle noch einmal erwähnt, dass mit den berechneten Abgabeverarianten die Ziele nur teilweise erreicht werden (vgl. vorgängige Ausführungen). Die volkswirtschaftlichen Effekte der verschiedenen Abgabeverarianten sind daher nicht miteinander vergleichbar, da sie einen unterschiedlichen Zielerreichungsgrad haben.

7.3.1 Notwendige Abgabehöhe zur Erreichung der Ziele bei unterschiedlichem Bevölkerungs- und BIP-Wachstum

Zielszenario -30%: CO₂-Abgabe von 116 bis 204 CHF/t CO₂, Stromabgabe von 3.2 bis 5.4 Rp./kWh³⁵

Mit einer uniformen CO₂-Abgabe auf Brenn- und Treibstoffe von rund 134 CHF/t CO₂ könnte bei dem im Szenario WWB unterstellten Bevölkerungs- und BIP-Wachstum das -30%-Ziel per 2030 erreicht werden. Bei einem tieferen BIP-Wachstum (Szenario „tief“) kann das CO₂-Ziel von -30% mit einer uniformen Abgabe (auf Brenn- und Treibstoffe) von 116 CHF/t CO₂ erreicht werden. Im Szenario „hoch“ ist eine uniforme CO₂-Abgabe von 204 CHF/t CO₂ für die Zielerreichung notwendig. Die Bandbreite für das Bevölkerungs- und BIP-Wachstum liegt damit zwischen rund 116 bis 204 CHF/t CO₂.

Die Stromabgabe berechnet sich unter den Annahmen zum technischen Fortschritt gemäss Szenario WWB auf knapp 5 Rp./kWh, was einem Zuschlag von rund 20% auf dem Strompreis für Haushalte entspricht. Die Bandbreite für das Bevölkerungs- und BIP-Wachstum liegt bei der Stromabgabe 3.2 bis 5.4 Rp./kWh, was einem Strompreiszuschlag bei den Haushalten von 14% bis 24% entspricht.

(Absolutes) Zielszenario -40%: CO₂-Abgabe von 280 bis 401 CHF/t CO₂

Wird das CO₂-Ziel auf -40% verschärft, wäre unter den Annahmen gemäss Szenario WWB eine deutlich höhere CO₂-Abgabe auf Brenn- und Treibstoffen von 309 CHF/t CO₂ notwendig. Beim Szenario „tief“ kann das CO₂-Ziel von -40% mit einer uniformen Abgabe (auf Brenn-

³⁵ Bei der Stromabgabe ist jeweils ein Netzzuschlag von 2.3 Rp./kWh enthalten.

und Treibstoffe) von 280 CHF/t CO₂ erreicht werden. Im Szenario „hoch“ ist eine uniforme CO₂-Abgabe von 401 CHF/t CO₂ für die Zielerreichung notwendig. Die Bandbreite in Abhängigkeit eines tieferen bzw. höheren Bevölkerungs- und BIP-Wachstums liegt damit zwischen rund 280 bis 401 CHF/t CO₂. Für die Stromabgabe gelten in etwa die obigen Ausführungen zum CO₂-Ziel -30%.

7.3.2 Auswirkungen eines unterschiedlichen Bevölkerungs- und BIP-Wachstums auf Wohlfahrt, BIP und Beschäftigung

Die Vorbemerkungen des Kapitels 4.3.2 gelten auch für die nachfolgenden Ausführungen.

Bevölkerungs- und BIP-Wachstum und ihr Einfluss auf die Wohlfahrtseffekte

Im Kapitel 4.3.2 haben wir festgestellt, dass die Wohlfahrtsverluste der Abgabeverarianten 1 bis 4 zwischen -0.08% bis -0.24% liegen. Die vier Abgabeverarianten führen auch bei höherem bzw. tieferem Bevölkerungs- bzw. BIP-Wachstum zu Wohlfahrtseffekten in derselben Gröszenordnung.

Werden unter den Annahmen von Szenario WWB die CO₂-Ziele von -30% bzw. -40% mittels einer uniformen CO₂-Abgabe in der Höhe von 134 bzw. 309 CHF/t CO₂ erreicht, ist im Jahre 2030 mit Wohlfahrtsverlusten von -0.14% bzw. -0.35% zu rechnen (immer im Vergleich zum Szenario WWB). Im Szenario „tief“ können dieselben Ziele mit leicht geringeren Wohlfahrtsverlusten von -0.10% (-30%-Ziel) bzw. -0.29% (-40%-Ziel) erreicht werden. Im Szenario „hoch“ ist mit höheren Wohlfahrtsverlusten von -0.23% (-30%-Ziel) bzw. -0.48% (-40%-Ziel) zu rechnen.

Fazit: Die Wohlfahrtsverluste der Abgabeverarianten 1 bis 4 sind kaum abhängig vom unterstellten Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die exogen vorgegebenen Abgaben gleich hoch sind – unabhängig davon, ob die Bevölkerung bzw. Wirtschaft stärker oder schwächer wächst. Hingegen ergeben sich aus Wohlfahrtssicht bei vorgegebener Zielerfüllung im Rahmen einer uniformen CO₂-Abgabe sehr wohl Unterschiede: Ein höheres Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum erschwert die Zielerfüllung, was zu höheren CO₂-Abgaben und höheren Wohlfahrtsverlusten führt. Der Einfluss des Bevölkerungs- und BIP-Wachstums auf die Wohlfahrt ist allerdings deutlich geringer als derjenige des technischen Fortschritts.

Bevölkerungs- und BIP-Wachstum und ihr Einfluss auf BIP und Beschäftigung

Die *relativen* Änderungen eines höheren oder tieferen Bevölkerungs- und BIP-Wachstums auf Beschäftigung und BIP sind in etwa dieselben wie oben für die Wohlfahrt dargestellt (die Detailzahlen können Abbildung 7-9 und Abbildung 7-10 entnommen werden).

Abbildung 7-7: Wohlfahrtseffekte (exkl. Klima- und Sekundärnutzen) und erreichte CO₂-Minderung:

Bevölkerungs- und BIP-Wachstum: Szenario „tief“

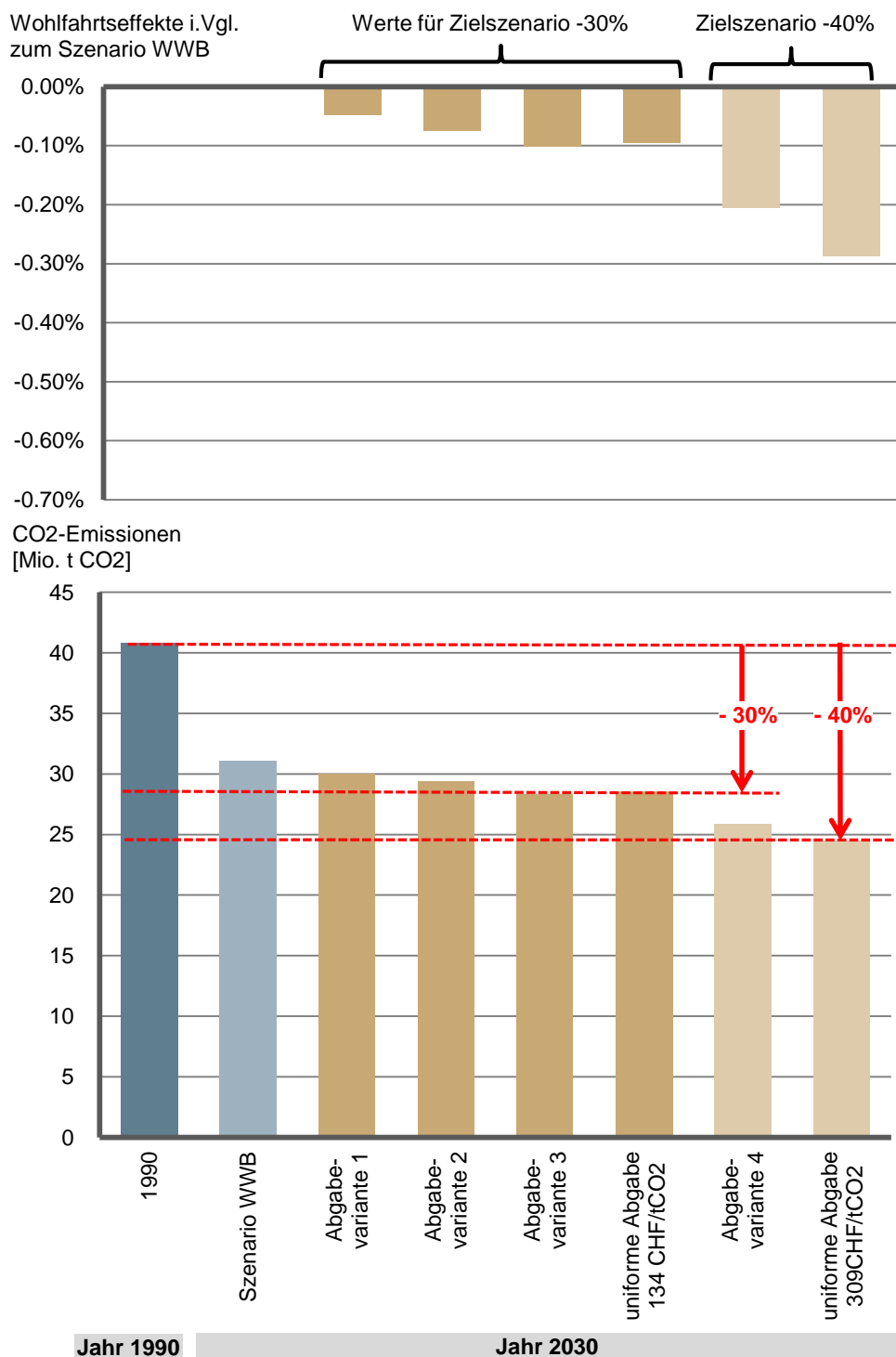


Abbildung 7-8: Wohlfahrtseffekte (exkl. Klima- und Sekundärnutzen) und erreichte CO₂-Minderung:

Bevölkerungs- und BIP-Wachstum: Szenario „hoch“

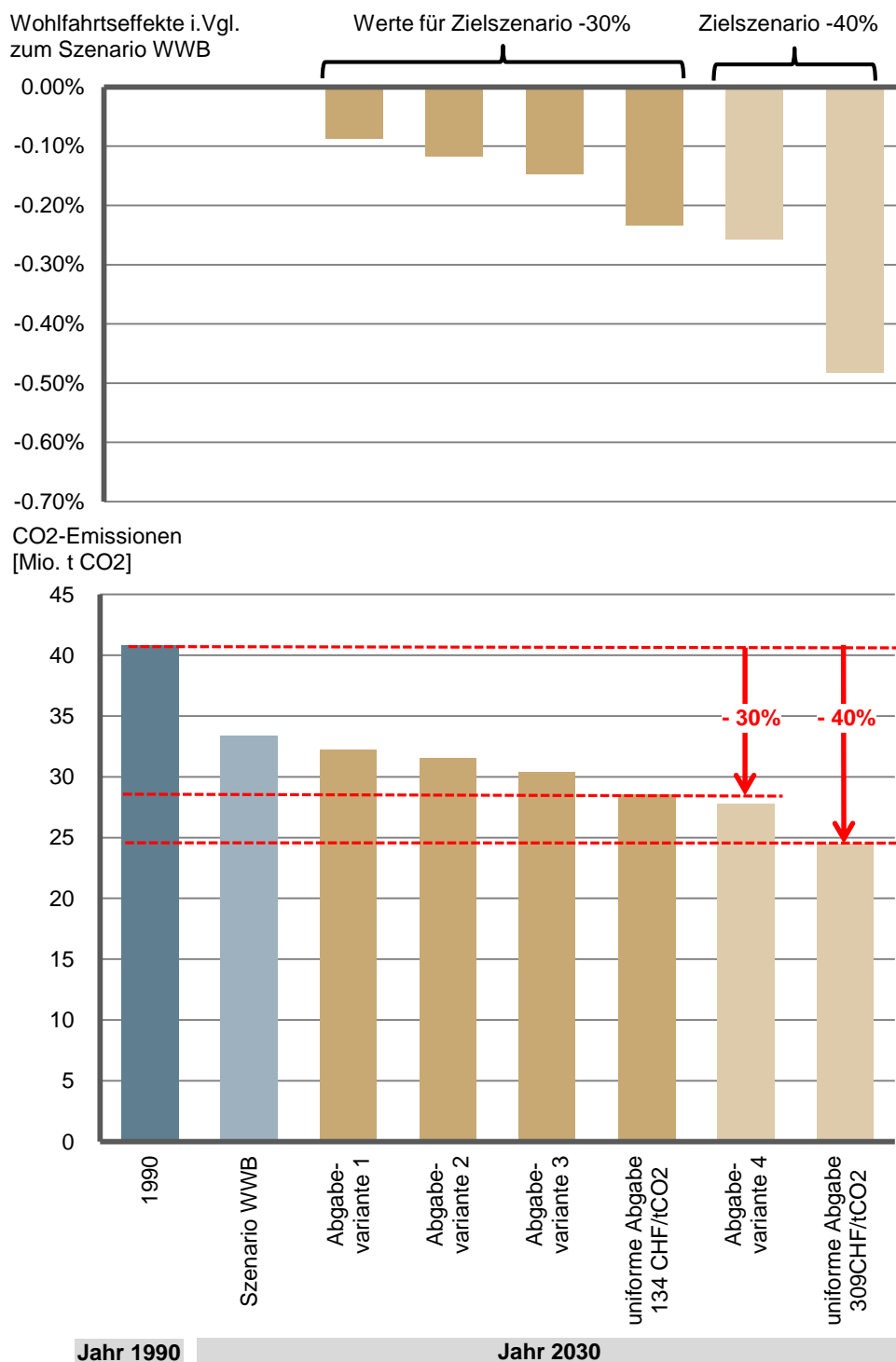


Abbildung 7-9: Volkswirtschaftliche Auswirkungen unterschiedlich hoher Abgaben im Vergleich zum Szenario WWB: Zielszenario -30%, Jahr 2030, bei unterschiedlichem Bevölkerungs- und BIP-Wachstum

Bevölkerungs- und BIP-Wachstum: Szenario „tief“

Anmerkung: Die zusätzlichen volkswirtschaftlichen Kosten zur Erreichung der Ziele über strengere Vorschriften sind nicht enthalten, d.h. es werden nur die Kosten der Abgaben ermittelt.		Zielszenario -30%, Jahr 2030					
		WWB	Abgabe-variante 1	Abgabe-variante 2	Abgabe-variante 3	Abgabe-variante 4	Uniforme Abgabe
CO2- und Stromabgaben							
CO2-Abgabe auf Brennstoffe	CHF/t CO2	72	168	240	240	336	116
"	CHF/l HEL	0.19	0.44	0.63	0.63	0.89	0.32
CO2-Abgabe auf Treibstoffe	CHF/t CO2	0	0	0	56	112	116
"	CHF/l Benzin	0	0	0	0.13	0.27	0.35
Stromabgabe	in % durchschn. Haushaltstrompreis	10%	15%	15%	14%	14%	14%
	Rp./kWh	2.3	3.4	3.3	3.2	3.2	3.2
Ziellücke Non-ETS-Bereich i.Vgl. zu WWB (inkl. Sektoren mit Zielvereinbarungen)							
Ziellücke	Mio. t CO2	2.5	1.5	0.9	-0.2	-1.8	0.0
"	in %	100%	58%	34%	-8%	-69%	0%
Auswirkungen auf Wohlfahrt und Konsum i.Vgl. zum WWB							
Wohlfahrt	Δ % WWB		-0.05 %	-0.08 %	-0.10 %	-0.18 %	-0.10 %
Konsum	Δ % WWB		-0.1 %	-0.2 %	-0.3 %	-0.5 %	-0.3 %
Auswirkungen auf BIP und Beschäftigung i.Vgl. zum WWB							
BIP	Δ % WWB		-0.2 %	-0.3 %	-0.4 %	-0.7 %	-0.4 %
Beschäftigung	Δ % WWB		-0.04 %	-0.1 %	-0.1 %	-0.3 %	-0.2 %
Auswirkungen auf Aussenhandel i.Vgl. zum WWB							
Exporte	Δ % WWB		-0.3 %	-0.4 %	-0.7 %	-1.2 %	-0.9 %
Importe	Δ % WWB		-0.3 %	-0.4 %	-0.7 %	-1.1 %	-0.8 %

Bevölkerungs- und BIP-Wachstum: Szenario „hoch“

Anmerkung: Die zusätzlichen volkswirtschaftlichen Kosten zur Erreichung der Ziele über strengere Vorschriften sind nicht enthalten, d.h. es werden nur die Kosten der Abgaben ermittelt.		Zielszenario -30%, Jahr 2030					
		WWB	Abgabe-variante 1	Abgabe-variante 2	Abgabe-variante 3	Abgabe-variante 4	Uniforme Abgabe
CO2- und Stromabgaben							
CO2-Abgabe auf Brennstoffe	CHF/t CO2	72	168	240	240	336	204
"	CHF/l HEL	0.19	0.44	0.63	0.63	0.89	0.32
CO2-Abgabe auf Treibstoffe	CHF/t CO2	0	0	0	56	112	204
"	CHF/l Benzin	0	0	0	0.13	0.27	0.35
Stromabgabe	in % durchschn. Haushaltstrompreis	10%	24%	24%	24%	24%	24%
	Rp./kWh	2.3	5.4	5.6	5.5	5.4	5.4
Ziellücke Non-ETS-Bereich i.Vgl. zu WWB (inkl. Sektoren mit Zielvereinbarungen)							
Ziellücke	Mio. t CO2	4.8	3.6	3.0	1.8	0.1	0.0
"	in %	100%	75%	62%	37%	3%	0%
Auswirkungen auf Wohlfahrt und Konsum i.Vgl. zum WWB							
Wohlfahrt	Δ % WWB		-0.09 %	-0.12 %	-0.15 %	-0.24 %	-0.23 %
Konsum	Δ % WWB		-0.2 %	-0.3 %	-0.4 %	-0.6 %	-0.6 %
Auswirkungen auf BIP und Beschäftigung i.Vgl. zum WWB							
BIP	Δ % WWB		-0.4 %	-0.5 %	-0.6 %	-1.0 %	-1.0 %
Beschäftigung	Δ % WWB		-0.08 %	-0.1 %	-0.2 %	-0.3 %	-0.3 %
Auswirkungen auf Aussenhandel i.Vgl. zum WWB							
Exporte	Δ % WWB		-0.7 %	-0.8 %	-1.1 %	-1.6 %	-1.8 %
Importe	Δ % WWB		-0.6 %	-0.7 %	-1.0 %	-1.5 %	-1.7 %

Abbildung 7-10: Volkswirtschaftliche Auswirkungen unterschiedlich hoher Abgaben im Vergleich zum Szenario WWB: Zielszenario -40%, Jahr 2030, bei unterschiedlichem Bevölkerungs- und BIP-Wachstum

Bevölkerungs- und BIP-Wachstum: Szenario „tief“

Anmerkung: Die zusätzlichen volkswirtschaftlichen Kosten zur Erreichung der Ziele über strengere Vorschriften sind nicht enthalten, d.h. es werden nur die Kosten der Abgaben ermittelt.		Zielszenario -40%, Jahr 2030					
		WWB	Abgabe-variante 1	Abgabe-variante 2	Abgabe-variante 3	Abgabe-variante 4	Uniforme Abgabe
CO2- und Stromabgaben							
CO2-Abgabe auf Brennstoffe	CHF/t CO2	72	168	240	240	336	280
"	CHF/l HEL	0.19	0.44	0.63	0.63	0.89	0.81
CO2-Abgabe auf Treibstoffe	CHF/t CO2	0	0	0	56	112	280
"	CHF/l Benzin	0	0	0	0.13	0.27	0.73
Stromabgabe in % durchschn. Haushaltstrompreis		10%	14%	13%	13%	13%	13%
	Rp./kWh	2.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.9
Ziellücke Non-ETS-Bereich i.Vgl. zu WWB (inkl. Sektoren mit Zielvereinbarungen)							
Ziellücke	Mio. t CO2	5.7	4.6	4.0	2.9	1.4	0.0
"	in %	100%	81%	71%	51%	24%	0%
Auswirkungen auf Wohlfahrt und Konsum i.Vgl. zum WWB							
Wohlfahrt	Δ % WWB		-0.07 %	-0.10 %	-0.13 %	-0.21 %	-0.29 %
Konsum	Δ % WWB		-0.2 %	-0.2 %	-0.3 %	-0.5 %	-0.8 %
Auswirkungen auf BIP und Beschäftigung i.Vgl. zum WWB							
BIP	Δ % WWB		-0.2 %	-0.3 %	-0.5 %	-0.8 %	-1.1 %
Beschäftigung	Δ % WWB		-0.05 %	-0.1 %	-0.2 %	-0.3 %	-0.4 %
Auswirkungen auf Aussenhandel i.Vgl. zum WWB							
Exporte	Δ % WWB		-0.3 %	-0.4 %	-0.7 %	-1.1 %	-1.7 %
Importe	Δ % WWB		-0.3 %	-0.4 %	-0.8 %	-1.1 %	-1.7 %

Bevölkerungs- und BIP-Wachstum: Szenario „hoch“

Anmerkung: Die zusätzlichen volkswirtschaftlichen Kosten zur Erreichung der Ziele über strengere Vorschriften sind nicht enthalten, d.h. es werden nur die Kosten der Abgaben ermittelt.			Zielszenario -40%, Jahr 2030					
			WWB	Abgabe-variante 1	Abgabe-variante 2	Abgabe-variante 3	Abgabe-variante 4	Uniforme Abgabe
CO2- und Stromabgaben								
CO2-Abgabe auf Brennstoffe	CHF/t CO2	72	168	240	240	336	401	
"	CHF/l HEL	0.19	0.44	0.63	0.63	0.89	0.81	
CO2-Abgabe auf Treibstoffe	CHF/t CO2	0	0	0	56	112	401	
"	CHF/l Benzin	0	0	0	0.13	0.27	0.73	
Stromabgabe	in % durchschn. Haushaltstrompreis	10%	23%	23%	23%	22%	22%	
	Rp./kWh	2.3	5.4	5.3	5.2	5.1	5.1	
Ziellücke Non-ETS-Bereich i.Vgl. zu WWB (inkl. Sektoren mit Zielvereinbarungen)								
Ziellücke	Mio. t CO2	8.0	6.8	6.1	4.9	3.3	0.0	
"	in %	100%	85%	77%	62%	41%	0%	
Auswirkungen auf Wohlfahrt und Konsum i.Vgl. zum WWB								
Wohlfahrt	Δ % WWB		-0.11 %	-0.14 %	-0.18 %	-0.26 %	-0.48 %	
Konsum	Δ % WWB		-0.3 %	-0.3 %	-0.5 %	-0.7 %	-1.3 %	
Auswirkungen auf BIP und Beschäftigung i.Vgl. zum WWB								
BIP	Δ % WWB		-0.4 %	-0.5 %	-0.7 %	-1.0 %	-1.8 %	
Beschäftigung	Δ % WWB		-0.09 %	-0.1 %	-0.2 %	-0.3 %	-0.6 %	
Auswirkungen auf Aussenhandel i.Vgl. zum WWB								
Exporte	Δ % WWB		-0.7 %	-0.8 %	-1.1 %	-1.6 %	-2.7 %	
Importe	Δ % WWB		-0.6 %	-0.7 %	-1.0 %	-1.5 %	-2.6 %	

8 Einfluss der Modellannahmen

Im Rahmen der vorliegenden Sensitivitätsanalyse untersuchen wir den Einfluss veränderter Elastizitäten, welche im Gleichgewichtsmodell unterstellt wurden. Weiter wird auch der Einfluss einer geänderten Modellstruktur analysiert. Die Sensitivitätsanalyse führen wir am Beispiel des Zielszenarios -40% für die Abgabevarianten 1 bis 4 und die uniforme CO₂-Abgabe durch. Die Abbildung 8-1 zeigt die Auswirkungen veränderter Annahmen auf die Ziellücke (für die Abgabevarianten 1 bis 4) bzw. die Höhe der notwendigen CO₂-Abgabe (für die Variante uniforme CO₂-Abgabe), auf die Stromabgabe, die Wohlfahrt und die Beschäftigung.

Elastizitäten bestimmen Modellreaktionen

Das Zusammenspiel zwischen Preis, Angebot und Nachfrage bestimmt in Gleichgewichtsmodellen die Wirkungen und Resultate. Elastizitäten geben an, wie stark Angebots- und Nachfragemengen auf eine Preisänderung reagieren. Im hier verwendeten Modell gibt es eine Vielzahl verschiedener Elastizitäten (vgl. die Modellausführungen im 9.2). Wir haben die Sensitivität für jene Elastizitäten geprüft, die für die vorliegenden Fragestellungen besonders wichtig sind. Es sind dies die wichtigsten energiebezogenen Substitutionselastizitäten³⁶. Wir haben für die KLEM-Elastizitäten (KLEM - Kapital-Arbeit-Energie-Vorleistungen), die Energie- und Transportnachfrageelastizitäten sowie die Armington-Elastizitäten (vgl. Abbildung 9-13 im Anhang) Sensitivitäten gerechnet und den Einfluss geänderter Annahmen auf die CO₂- und Stromabgabe sowie auf die gesamtwirtschaftliche Wohlfahrt und das Beschäftigungsvolumen in den folgenden vier Abbildungen dargestellt.

KLEM-Elastizitäten – grosser Einfluss auf die Höhe der CO₂- und Stromabgabe

Je elastischer die Energienachfrage auf Preiserhöhungen bzw. Abgaben reagiert, desto niedriger muss die CO₂- oder Stromabgabe ausfallen, um ein vorgegebenes CO₂- bzw. Stromziel zu erreichen. Dementsprechend führen höhere Elastizitäten zu einer tieferen CO₂- bzw. Stromabgabe und tiefere Elastizitäten (unelastischere Nachfrage) zu einer höheren CO₂-Abgabe. Umgekehrt gilt natürlich auch, dass bei einer vorgegebenen Höhe der CO₂-Abgabe eine elastischere Nachfrage zu einem stärkeren Rückgang der CO₂-Emissionen führt, eine allfällige Ziellücke also kleiner wird.

In allen vorgängigen Berechnungen (Basisannahmen) sind wir davon ausgegangen, dass die empirisch ermittelten kurz- bis mittelfristigen KLEM-Elastizitäten längerfristig, von 2020 bis

³⁶ Substitutionselastizitäten haben eine zentrale Funktion in Gleichgewichtsmodellen, in denen die Reaktionen vorwiegend preisgetrieben sind. Sie geben an, um wie viel Prozent sich das Verhältnis der Nachfragemengen zweier Güter ändert, wenn sich das (umgekehrte) Preisverhältnis um ein Prozent ändert. Die Substitutionselastizität zwischen Kapital/Arbeit und Energie gibt also an, um wie viel Prozent die Kapital/Arbeit im Verhältnis zur nachgefragten Energiemenge steigt, wenn Energie gegenüber Kapital/Arbeit um ein Prozent teurer wird.

2050, um linear 50% zunehmen. Bis 2030 nehmen sie also in unseren bisherigen Berechnungen um 16.7% zu.

Als Sensitivität berechnen wir zwei Fälle: (1) die kurz- bis mittelfristigen KLEM-Elastizitäten nehmen nicht mehr zu, d.h. die Wirtschaft kann längerfristig nicht flexibler reagieren als kurz- bis mittelfristig (entspricht einer sehr konservativen Einschätzung des technischen Fortschritts), (2) die kurz- bis mittelfristigen KLEM-Elastizitäten verdoppeln sich bis 2050, d.h. der technische Fortschritt führt dazu, dass die Wirtschaft flexibler auf hohe Energieabgaben reagieren kann als in den Basisannahmen unterstellt. Die Auswirkungen der veränderten Annahmen können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die *Ziellücken* verringern bzw. erhöhen sich um rund +/- 0.3 Mio. t CO₂. Die Ziellücken betragen im Zielszenario -40% in den Basisberechnungen zwischen 1.8 (Abgabevariante 4) und 5.1 Mio. t CO₂ (Abgabevariante 1). Eine elastischere oder unelastischere Nachfrage kann somit die Ziellücke ein bisschen vermindern bzw. erhöhen, grundsätzliche Änderungen am „Befund“, dass im Zielszenario -40% keine der Abgabevarianten 1 bis 4 das Ziel erreichen kann, ergeben sich allerdings nicht.
- Für die uniforme CO₂-Abgabe ergibt sich aufgrund der Unsicherheiten im Bereich der Nachfragereaktionen eine *Bandbreite für die uniforme CO₂-Abgabe* zwischen 290 bis 330 CHF/t CO₂
- Bei der *Stromabgabe* variiert der zur Zielerreichung notwendige Zuschlag auf den Endkonsumentenpreis für Haushalte zwischen 15% bis 25%.

Auch Wohlfahrt und Beschäftigung sind abhängig von den gewählten KLEM-Elastizitäten. Bei niedrigen Elastizitäten erhöht sich der Wohlfahrtsverlust minim, um maximal 0.03% (bei der uniformen Abgabe). Bei hohen Elastizitäten verringert sich der Wohlfahrtsverlust, allerdings auch nur um maximal 0.03%. Ein ähnliches Muster gilt auch für die Auswirkungen auf die Beschäftigung.

KLEM-Nestung – kleiner Einfluss auf die Resultate

Die Änderung der KLEM-Nestung (vgl. die Ausführungen im Kapitel 9.2) hat wenig Einfluss auf die Resultate.

Substitutionselastizität zwischen Strom und fossilen Energieträgern – bei den untersuchten Abgabehöhen bis ins Jahr 2030 zeigt sich noch keine „massive“ Substitution zwischen fossilen Energieträgern und Strom

Die Substitutionselastizität zwischen Strom und fossilen Energieträgern zeigte in den Sensitivitätsanalysen von Ecoplan (2012a und b) vor allem bei sehr hohen Abgaben (also im Szenario NEP) grosse Auswirkungen auf das Verhältnis von CO₂- und Stromabgabe. Je höher diese Elastizität, desto mehr fossile Energie wird durch Strom substituiert. Bei den vorliegenden Abgabevarianten 1 bis 4 und für das Jahr 2030 ergeben sich durch eine veränderte Substitu-

tionselastizität zwischen Strom und fossilen Energieträger zwar auch spürbare Auswirkungen auf die Höhe der Stromabgabe, aber die Abgaben sind noch zu niedrig, dass eine „massive“ Substitution hin zu Strom einsetzen würde.

Auf die Wohlfahrt und Beschäftigung hat diese Substitutionselastizität im vorliegenden Fall wenig Einfluss.

Substitutionselastizität zwischen Nicht-Energiegüter und Transport – kein wesentliche Einfluss

Eine Erhöhung der Substitutionselastizität zwischen Nicht-Energiegüter und Transport von 0.1 auf 0.25 hat keinen wesentlichen Einfluss auf die Resultate.

Transportelastizitäten – spürbarer Einfluss auf CO₂-Ziellücke und Höhe der CO₂-Abgabe

Die Substitutionselastizitäten zwischen öffentlichem und privatem Verkehr haben einen grossen Einfluss auf die Ziellücke, sofern eine CO₂-Abgabe auf Treibstoffe erhoben wird (Abgabevarianten 3 und 4), sowie die Höhe der uniformen CO₂-Abgabe, weniger aber auf die Stromabgabe. Die Auswirkungen der veränderten Annahmen können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die *Ziellücken* verringern bzw. erhöhen sich in der Abgabevariante 4 (welche mit einer CO₂-Abgabe auf Treibstoffe von 112 CHF/t CO₂ rechnet) um rund +/- 0.8 Mio. t CO₂. Die Ziellücke beträgt im Zielszenario -40% in den Basisberechnungen 1.8 Mio. t CO₂ (Abgabevariante 1). Bei günstigen Annahmen kann somit die Ziellücke knapp halbiert werden. Am „Befund“, dass im Zielszenario -40% keine der Abgabevarianten 1 bis 4 das Ziel erreichen kann, ändert sich allerdings nichts.
- Für die uniforme CO₂-Abgabe ergibt sich aufgrund der Unsicherheiten im Bereich der Nachfragereaktionen im Transportbereich eine grosse *Bandbreite für die uniforme CO₂-Abgabe* zwischen 230 bis 480 CHF/t CO₂.
- Bei der *Stromabgabe* ergeben die geänderten Annahmen keine massgeblichen Änderungen gegenüber den Resultaten der Basisberechnungen.

Auch Wohlfahrt und Beschäftigung sind abhängig von den Transportelastizitäten. Bei niedrigen Elastizitäten erhöht sich der Wohlfahrtsverlust um maximal 0.13% (bei der uniformen Abgabe). Bei hohen Elastizitäten verringert sich der Wohlfahrtsverlust um maximal 0.06%. Ein ähnliches Muster gilt auch für die Auswirkungen auf die Beschäftigung.

Arbeitsangebotselastizität beeinflusst Beschäftigungsvolumen

Veränderte Annahmen zu den Arbeitsangebotselastizitäten haben wenig Einfluss auf die Ziellücken und die Höhe der CO₂- und Stromabgabe sowie auf die Wohlfahrtswirkungen. Hingegen haben geänderte Arbeitsangebotselastizitäten einen – wenn auch bis zum Jahr 2030 bescheidenen – Einfluss auf das Beschäftigungsvolumen: Bei inelastischerem Arbeitsangebot nimmt die Beschäftigung bei der uniformen Abgabe um 0.08% weniger stark ab als in den Basisberechnungen, umgekehrtes gilt bei elastischerem Arbeitsangebot.

Internationale Kapitalmobilität – beschränkter Einfluss auf die Resultate

In den Basisannahmen haben wir internationale Kapitalmobilität bei Überschreiten einer Transaktionskostengrenze unterstellt. Die Sensitivitätsrechnung mit (1) vollständiger internationaler Kapitalmobilität, also ohne Transaktionskostenhindernisse, und mit (2) keiner internationalen Kapitalmobilität zeigen kaum einen Einfluss auf die Höhe der CO₂- und Stromabgabe und auch nur geringe Effekte auf Wohlfahrt und Beschäftigung.

Armingtonelastizitäten – bei realistischer Bandbreite der Elastizitäten wenig Einfluss

Bei der Analyse der Armingtonelastizitäten bzw. den Transformationselastizitäten haben wir jeweils die Substitutionselastizität zwischen den Importen und der heimischen Produktion bzw. zwischen den Exporten und der Inlandproduktion um die Hälfte reduziert und um 50% erhöht. Die Resultate in Bezug auf die Armington- und Transformationselastizitäten ändern sich nur in engen Bandbreiten.

Fazit: Die grösste Unsicherheit besteht bei der Höhe der uniformen CO₂- und Stromabgabe, da diese relativ stark von den unterstellten KLEM-, Energie- und Transportelastizitäten abhängig ist. Die Auswirkungen veränderten Annahmen beeinflussen auch die Wohlfahrt und Beschäftigung, allerdings sind bis zum Jahr 2030 und dem Zielszenario -40% die Effekte veränderten Annahmen noch nicht sehr ausgeprägt.

Abbildung 8-1: Sensitivitätsanalyse: Zielszenario -40%, Jahr 2030

	Basis- annahme	KLEM- Elastizitäten	KLEM- Nestung	Substitutions- elastizität Strom - fossile Erträge (cgo_ele)	Subst. Nichtener- giegüter - Transport (b)	Transport- substitutions- elastizität (tr, otr, ft, fe)	Arbeits- angebots- elastizität	Kapitalmobilität	Armington- elastizität (esub_dm)	Trans- formations- elastizität (etn)
		scale = 1	scale = 2	0.4	0.6	-50%	- 50%	keine	- 50%	+ 50%
Abgabevariante 1										
Ziellücke CO ₂ -Emissionen [Mio. t CO ₂]	5.1	5.4	4.9	5.2	5.1	5.1	5.2	5.1	5.2	5.1
Stromabgabe [Zuschlag in % auf Haushaltsstrompreis]	20%	24%	17%	21%	20%	20%	20%	22%	21%	21%
Wohlfahrt [Veränderung in % zum Referenzszenario WWB]	-0.10%	-0.10%	-0.09%	-0.10%	-0.10%	-0.10%	-0.09%	-0.08%	-0.10%	-0.10%
Beschäftigung [Veränderung in % zum Referenzszenario WWB]	-0.08%	-0.09%	-0.07%	-0.08%	-0.08%	-0.08%	-0.06%	-0.06%	-0.08%	-0.07%
Abgabevariante 2										
Ziellücke CO ₂ -Emissionen [Mio. t CO ₂]	4.5	4.8	4.3	4.6	4.5	4.5	4.5	4.6	4.5	4.5
Stromabgabe [Zuschlag in % auf Konsumentenpreis]	20%	24%	16%	21%	20%	20%	20%	22%	21%	21%
Wohlfahrt [Veränderung in % zum Referenzszenario WWB]	-0.13%	-0.13%	-0.12%	-0.13%	-0.13%	-0.13%	-0.12%	-0.11%	-0.13%	-0.13%
Beschäftigung [Veränderung in % zum Referenzszenario WWB]	-0.11%	-0.13%	-0.10%	-0.11%	-0.11%	-0.11%	-0.09%	-0.09%	-0.11%	-0.11%
Abgabevariante 3										
Ziellücke CO ₂ -Emissionen [Mio. t CO ₂]	3.4	3.7	3.2	3.5	3.4	3.9	3.4	3.5	3.4	3.4
Stromabgabe [Zuschlag in % auf Konsumentenpreis]	20%	24%	16%	20%	20%	20%	20%	22%	20%	21%
Wohlfahrt [Veränderung in % zum Referenzszenario WWB]	-0.16%	-0.17%	-0.16%	-0.16%	-0.16%	-0.16%	-0.15%	-0.14%	-0.16%	-0.16%
Beschäftigung [Veränderung in % zum Referenzszenario WWB]	-0.19%	-0.22%	-0.18%	-0.20%	-0.19%	-0.20%	-0.16%	-0.17%	-0.20%	-0.20%

Abbildung 8-1: Sensitivitätsanalyse: Zielszenario -40%, Jahr 2030 (Fortsetzung)

	Basis- annahme	KLEM- Elastizitäten	KLEM- Nestung	Substitutions- elastizität Strom - fossile Erträge (cgo_ele)	Subst. Nichtener- giegüter - Transport (b)	Transport- substitutions- elastizität (tr, otr, ft, fie)	Arbeits- angebots- elastizität	Kapitalmobilität	Armington- elastizität (esub_dm)	Trans- formations- elastizität (etn)
Abgabevariante 4										
Ziellücke CO ₂ -Emissionen [Mio. t CO ₂]	1.8	2.2 1.6	1.9	2.0 1.7	1.7	2.7 1.0	1.9 1.8	2.0 1.8	1.9 1.8	1.9 1.8
Stromabgabe [Zuschlag in % auf Konsumentenpreis]	19%	24% 15%	20%	17% 20%	19%	19% 19%	19% 19%	21% 19%	20% 18%	20% 17%
Wohlfahrt [Veränderung in % zum Referenzszenario WWB]	-0.24%	-0.24% -0.23%	-0.24%	-0.23% -0.24%	-0.24%	-0.23% -0.24%	-0.22% -0.25%	-0.21% -0.24%	-0.24% -0.24%	-0.24% -0.23%
Beschäftigung [Veränderung in % zum Referenzszenario WWB]	-0.30%	-0.33% -0.28%	-0.31%	-0.30% -0.31%	-0.30%	-0.31% -0.30%	-0.25% -0.35%	-0.28% -0.30%	-0.31% -0.30%	-0.31% -0.30%
Uniforme CO₂-Abgabe										
CO ₂ -Abgabe [CHF/t CO ₂]	309	332 291	311	319 302	284	476 229	310 307	318 309	312 306	311 308
Stromabgabe [Zuschlag in % auf Konsumentenpreis]	19%	23% 16%	20%	17% 20%	19%	17% 20%	19% 19%	21% 19%	20% 18%	20% 17%
Wohlfahrt [Veränderung in % zum Referenzszenario WWB]	-0.35%	-0.38% -0.32%	-0.36%	-0.35% -0.35%	-0.33%	-0.48% -0.29%	-0.33% -0.37%	-0.32% -0.35%	-0.36% -0.35%	-0.34% -0.34%
Beschäftigung [Veränderung in % zum Referenzszenario WWB]	-0.48%	-0.53% -0.43%	-0.48%	-0.48% -0.48%	-0.44%	-0.73% -0.36%	-0.40% -0.55%	-0.45% -0.48%	-0.49% -0.47%	-0.47% -0.47%

9 Anhang A: Modell, Daten und Parametrisierung

9.1 Einleitung

Wirtschaftstheoretische Grundlagen

Wirtschaftsgeschichtliche Grundlage für die allgemeine Gleichgewichtstheorie ist die (so genannte "neoklassische") Wohlfahrts-Theorie. Sie geht davon aus, dass unter bestimmten Bedingungen (z.B. keine externen Kosten, keine Monopole) die Marktwirtschaft mit freien Wettbewerbsmärkten diejenige Wirtschaftsform ist, die am ehesten einen volkswirtschaftlich optimalen Einsatz knapper Ressourcen gewährleisten kann. In der klassischen Theorie geht man von vollständiger Konkurrenz in den verschiedenen Märkten aus. Die zentralen Annahmen zum Verhalten der Wirtschaftssubjekte sind:

- Haushalte maximieren ihren Nutzen.
- Unternehmen maximieren ihren Gewinn.
- Haushalte und Unternehmen gehen bei ihrer Nutzen- bzw. Gewinnmaximierung zweckrational vor - es gilt das ökonomische Prinzip: Mit gegebenen Mitteln soll ein maximaler Erfolg erzielt werden (Maximierungsprinzip) bzw. ein vorgegebenes Ziel soll mit geringstmöglichen Mitteln erreicht werden (Minimierungsprinzip).

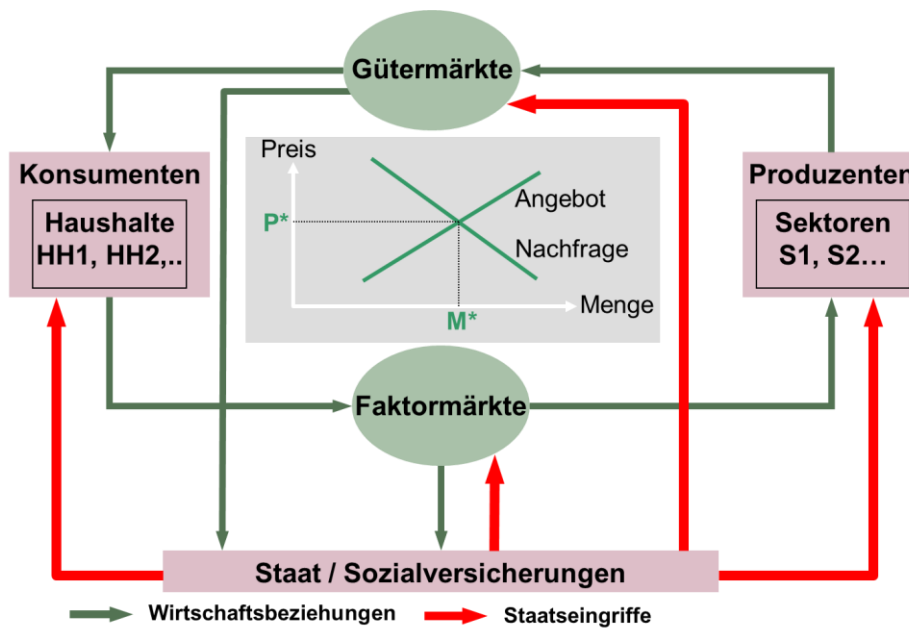
Als wesentlich rudimentärere Vorläufer der Gleichgewichtsmodelle können Input-Output-Modelle bezeichnet werden. In den Input-Output-Modellen werden allerdings nur Verflechtungen der Branchen modelliert, deren Outputs teilweise als Vorleistungen (Inputs) für andere Branchen dienen. Die Produktionsstruktur (Inputbedarf für einen bestimmten Output) ist allerdings starr und reagiert nicht auf Preisänderungen. Ebenso werden die Entscheidungen der Haushalte i.d.R. nicht explizit über Nutzenfunktionen modelliert. Gleichgewichtsmodelle sind also nicht nur viel umfassender (Haushaltsseite, Konsumgüter), sondern bilden auch wesentlich mehr und komplexere Rückwirkungen ab, insbesondere über Preismechanismen.

Grundstruktur von allgemeinen Gleichgewichtsmodellen

Die Gleichgewichtstheorie ist die mathematisch-analytische Fortführung der mikroökonomisch fundierten Wohlfahrtstheorie. Die Gleichgewichtstheorie kombiniert das Modell des Optimierungsverhaltens mit der Untersuchung von Gleichgewichtszuständen: Es geht darum, auf den Faktor- und Gütermärkten aufgrund von Nachfrage- und Angebotsfunktionen ein Gleichgewicht zu finden (vgl. Abbildung 9-1). Das Verhalten der Haushalte wird dabei mittels Nutzenfunktionen und dasjenige der Unternehmen mittels Produktionsfunktionen beschrieben.

Die Preise spielen bei der Koordination von Angebots- und Nachfrageentscheidungen der Wirtschaftssubjekte eine zentrale Rolle. Über die Preise sind alle Märkte miteinander verknüpft. Im Gleichgewicht bleibt der Preis nach seinem Zustandekommen konstant.

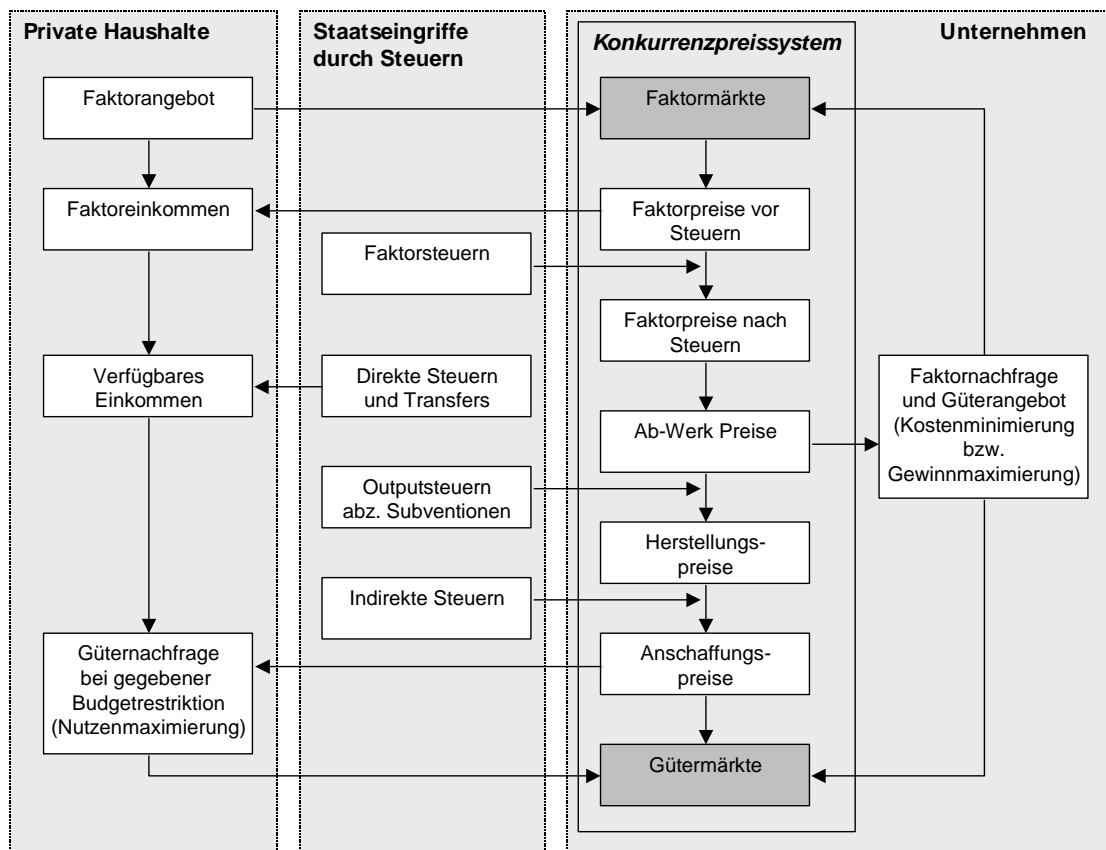
Abbildung 9-1: Staatseingriffe im Gleichgewichtsmodell



Der grosse Vorteil von Gleichgewichtsmodellen liegt in der expliziten Formulierung und modellmässigen Erfassung von Staatseingriffen in das Wirtschaftsgeschehen (vgl. Abbildung 9-1). Das können Eingriffe in die Märkte oder bei Konsumenten und Produzenten sein (bspw. Abgaben, Subventionen, Verbote/Gebote usw.).

Die Abbildung 9-2 veranschaulicht die Grundstruktur eines allgemeinen Gleichgewichtsmodells und stellt einen Staatseingriff im Bereich der Steuern detaillierter dar.

Abbildung 9-2: Grundstruktur eines Gleichgewichtsmodells (Beispiel)



- Haushalte: In der Modellökonomie wählen die Haushalte ihr Faktorangebot und ihre Güternachfrage bei gegebenen Konsumentenpreisen für Faktoren und Güter so, dass die resultierenden Einkommens-Konsum-Kombinationen ihren Nutzen maximieren und konsistent sind mit ihren Budgetrestriktionen.
- Unternehmen: Unter der Berücksichtigung der technologischen Möglichkeiten sowie der Produzentenpreise für Faktoren und Güter treffen die Unternehmen ihre kostenminimierende Faktornachfrage- bzw. gewinnmaximierende Güterangebotsentscheidung.
- Konkurrenzpreissystem: Bei vollständiger Konkurrenz sorgen die Preise für den Ausgleich von Angebot und Nachfrage auf den Güter- und Faktormärkten.
- Staatseingriff: Durch eine Änderung von staatlichen Eingriffen (bspw. über Steuern) stellt sich ein neues Konkurrenzgleichgewicht ein, das mit dem Ausgangsgleichgewicht verglichen wird.

Die Gleichgewichtsmodelle berücksichtigen die Reaktionen der Wirtschaftssubjekte auf geänderte Preise und sind in der Lage, alle wesentlichen preisinduzierten Rückkoppelungseffekte (beispielsweise verändertes Arbeitsangebot) zu erfassen. Sie zeigen die Veränderungen in den Wachstumsraten einzelner Branchen und der Volkswirtschaft insgesamt, ermitteln die Einnahmen des Staats und verschiedener Haushaltstypen und geben damit ein Bild über die volkswirtschaftlichen Auswirkungen, die durch politische Massnahmen ausgelöst werden.

9.2 SWISSGEM_E – Gleichgewichtsmodell zur Analyse energie- und klimapolitischer Massnahmen

Modell berechnet Auswirkungen im Vergleich zu einem Referenzpfad

SWISSGEM_E wurde im Auftrag des BFE speziell zur Analyse der wirtschaftlichen Auswirkungen energie- und klimapolitischer Massnahmen entwickelt. Mit SWISSGEM_E kann berechnet werden, welche Abweichungen vom wirtschaftlichen Referenzpfad bei einem politischen Eingriff zu gewärtigen sind.

Die Anwendung von SWISSGEM_E setzt voraus, dass ein wirtschaftlicher Referenzpfad definiert wird. Darauf aufbauend wird als Szenario ein politischer Eingriff definiert – im vorliegenden Fall eine Klima- und Energielenkungssystem basierend auf Abgaben auf fossile Brenn- und Treibstoffe sowie auf Strom. Die Ergebnisse zeigen sich als Abweichung vom Referenzpfad.

Modellcharakterisierung

SWISSGEM_E kann wie folgt zusammenfassend charakterisiert werden:

- *Einländer-Gleichgewichtsmodell* für die Schweiz basierend auf der Input-Output-Tabelle 2008, kalibriert auf die unterstellte Rahmenentwicklung gemäss Energiestrategie 2050. Die rekursive Dynamik unterstellt myopisches Verhalten der Wirtschaftsakteure, d.h. die Wirtschaftsakteure lassen sich in ihren Entscheidungen von den aktuellen Preisen leiten, sind also nicht informiert über die in der Zukunft liegende Preisentwicklung.³⁷
- *Wirtschaftsakteure:*
 - 62 Wirtschaftssektoren
 - 15 verschiedene Haushaltstypen, unterteilt nach Lebensstandard, Rentner und Erwerbstätigenhaushalte mit/ohne Kinder
 - Staat (Bund, Kantone und Gemeinde)
 - Ausland mit Armington-Formulierung
- Spezielle Berücksichtigung der *Energiesektoren*
- Bottom-up-Formulierung der *Elektrizitätsproduktion*
- *Kalibrierung der Energienachfrageentwicklung auf die bottom-up-Modellresultate* des Szenarios „Weiter wie bisher“ der Energiestrategie 2050, wobei wir die Nachfrageentwicklung beim Strom aufgrund des höheren Netzzuschlags entsprechend angepasst haben.
- *Detaillierte Erfassung der Schweizer Steuersystems:*
 - Mehrwertsteuer, unter Berücksichtigung der Schattenbesteuerung auf Vorleistungen und Investitionen gemäss Input-Output-Tabelle 2008
 - Direkte Bundessteuer für natürliche Personen

³⁷ Bei einem volldynamischen Modell entscheiden die Wirtschaftsakteure auf Basis der heutigen und der künftigen Preise, d.h. die Wirtschaftsakteure sind vollständig informiert („perfect foresight“). Bei einem volldynamischen Modell besteht keine Unsicherheit zur künftigen Preisentwicklung.

- Einkommenssteuer Kantone/Gemeinde
- Lohnnebenkosten (AHV-Beiträge usw.)
- Gewinnsteuer (ad hoc als „Trade tax“ auf dem Kapitaleinsatz)
- Restliche Outputsteuern und Produktionssubventionen
- Homogener und geräumter *Arbeitsmarkt* (nur freiwillige „Arbeitslosigkeit“) mit flexiblem Arbeitsangebot (Labor-Leisure-Choice)
- *Internationale Kapitalmobilität*: Kapital ist international mobil, wobei Kapitalimport und Kapitalexport mit Transaktionskosten verbunden sind.

Charakterisierung der Produktionssektoren

Die Abbildung 9-3 zeigt – sortiert nach der Wertschöpfung – einige wichtige Kennzahlen für die einzelnen Sektoren für das Benchmarkjahr 2008:

- *Wertschöpfung*: Zeigt die Wertschöpfung, bzw. das sektorale BIP. Mit 52 Mrd. CHF ist der Gross- und Detailhandel derjenige Sektor mit der grössten Wertschöpfung, gefolgt von den Binnensektoren Immobilienwesen und Unternehmensdienstleistungen.
- *Output*: Der Output entspricht dem Bruttoproduktionswert, umfasst also den gesamten Sektorenumsatz. Der Sektor mit dem grössten Output ist die Chemie gefolgt vom Gross- und Detailhandel.
- *Arbeitsanteil am Output*: Dieser Indikator zeigt, wie viel Arbeit pro Einheit Output eingesetzt wird. Eine hohe Arbeitsintensität weisen die Dienstleistungssektoren auf, wie bspw. Verwaltung oder Unternehmensdienstleistungen und Unterrichtswesen. Auch der Bausektor und mit ihm die Infrastruktursektoren weisen einen hohen Arbeitsanteil auf.
- *Kapitalanteil am Output*: Dieser Indikator zeigt, wie viel Kapital pro Einheit Output eingesetzt wird. Die höchste Kapitalintensität weist naturgemäss der Immobiliensektor auf. Aber auch das Unterrichts- und Gesundheitswesen zeigen relativ hohe Kapitalanteile.
- *Exporte*: Mit Abstand am meisten exportiert der Sektor Chemie (72.4 Mrd. CHF), gefolgt von den medizinisch, optischen Geräten und dem Maschinenbau.
- *Exportanteil am Output*: Dieser Indikator zeigt die Exportsensibilität bzw. Exportabhängigkeit des Sektors. Der exportsensibelste Sektor ist die Chemie, gefolgt von den Sektoren „medizinisch, optische Geräte“, Luftfahrt und Maschinenbau.
- *Importe*: Auch bei den Importen liegt der Sektor Chemie mit 45 Mrd. CHF deutlich vor allen anderen Sektoren, wie Maschinenbau und Metallerzeugung.
- *Importanteil an der gesamten Inlandnachfrage (inkl. Vorleistungsnachfrage)*: Dieser Indikator zeigt die Importsensibilität bzw. Importabhängigkeit des Sektors. Relativ importsensibel sind Metallerzeugung, Möbel/Schmuck und auch Chemie.

- *Fossiler Energieeinsatz:* Dieser Indikator misst die Energieintensität der fossilen Energieträger (Öl, Gas, Treibstoffe) und zeigt, wie viel TJ fossiler Energie in 1 Mio. CHF Output stecken.³⁸ Der Strassengüter- und -personenverkehr braucht relativ viele fossile Energien. Bei den Industriesektoren benötigen insbesondere die Nichtmetalle sowie die Papierindustrie einen relativ hohen Einsatz an fossilen Energien.
- *Stromeinsatz:* Dieser Indikator misst die Stromintensität und zeigt, wie viel TJ Strom in 1 Mio. CHF Output stecken. Hier dominiert der Bahnpersonen- und -güterverkehr. Bei der Industrie ist vor allem die Papierindustrie relativ stromintensiv.
- *Gesamtennergieeinsatz:* Dieser Indikator misst die gesamte Energieintensität (ohne Vorleistungen) und zeigt, wie viel TJ Energie in 1 Mio. CHF Output stecken. Energieintensiv sind insbesondere alle Transportsektoren und die Papierindustrie.

Die Abbildung 9-3 zeigt auch, welche Sektoren dem EU ETS unterstellt wurden (mit der Abkürzung [ETS] bei der Sektorenbezeichnung). Es sind dies – neben dem hier nicht dargestellten Stromerzeugungs- bzw. Mineralverarbeitungssektor – folgende Sektoren: Chemie, Kunststoff, Nichtmetalle, Metalle, Papier, Luftverkehr sowie Steine und Erden.

³⁸ Der Luftverkehr ist der in Bezug auf fossile Energieträger energieintensivste Sektor. Hier ist allerdings zu beachten, dass zwischen dem Schweizer Output und dem dem Luftverkehr angerechnete Verbrauch aufgrund des Fremdbetankens von Flugzeugen von nicht in der Schweiz stationierten Luftverkehrsunternehmen kein direkter Zusammenhang besteht. Daher haben wir bei der farblichen Darstellung den Luftverkehr nicht berücksichtigt.

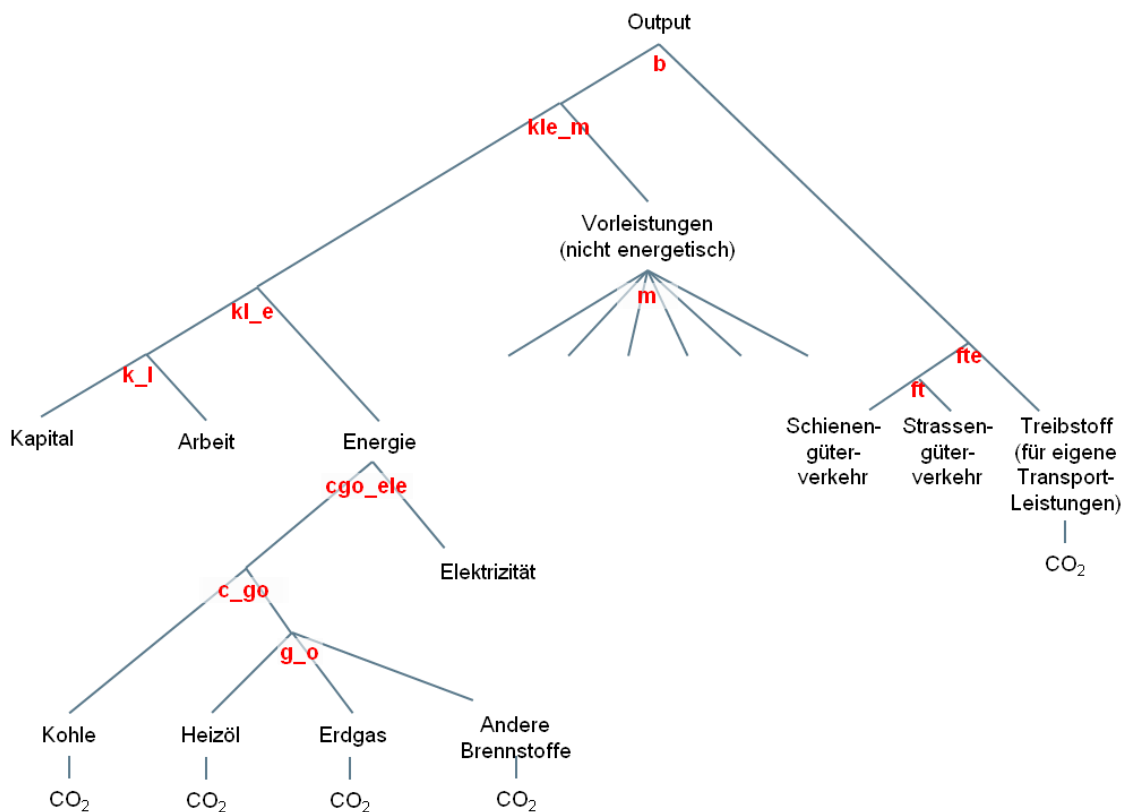
Abbildung 9-3: Die Sektoren im Überblick, Benchmarkjahr 2008 (exkl. Energiesektoren)

	Wert- schöpfung [Mrd. CHF]	Output [Mrd. CHF]	Arbeits- anteil am Output	Kapital- anteil am Output	Exporte [Mrd. CHF]	Export- anteil am Output	Importe [Mrd. CHF]	Import- anteil an der totalen heimischen Nachfrage	fossiler Energie- einsatz [TJ / Mio. CHF Output]	Strom- einsatz [TJ / Mio. CHF Output]	Gesamt- energie- einsatz [TJ/Mio. CHF Output]
Gross- und Detailhandel	52.1	94.2	35%	21%	28.2	30%	1.1	2%	0.2	0.1	0.3
Immobilienwesen, Vermietung	47.3	67.3	5%	66%	0.3	0%	0.0	0%	0.0	0.0	0.0
Dienstleist. für Unternehmen	38.0	74.3	43%	8%	2.0	3%	0.2	0%	0.1	0.1	0.2
Kreditgewerbe	36.8	75.1	32%	17%	24.3	32%	5.4	10%	0.0	0.0	0.1
Gesundheits- und Sozialwesen	32.6	52.7	35%	27%	1.5	3%	0.1	0%	0.2	0.1	0.3
Baugewerbe	24.2	60.3	35%	5%	0.1	0%	0.2	0%	0.2	0.0	0.2
Unterrichtswesen	22.1	29.8	42%	32%	0.5	2%	0.0	0%	0.4	0.1	0.5
Chemische Industrie [ETS]	19.3	113.8	8%	9%	72.4	64%	45.0	52%	0.2	0.1	0.3
Versicherungsgewerbe	16.5	50.7	13%	20%	16.4	32%	11.4	25%	0.0	0.0	0.0
Med. und optischen Geräte; Uhren	14.3	50.9	17%	12%	29.9	59%	9.8	32%	0.0	0.0	0.1
Übrige öffentliche Verwaltung	14.2	21.5	48%	18%	0.0	0%	0.0	0%	0.2	0.1	0.4
Maschinenbau	12.0	57.0	16%	6%	29.7	52%	19.1	41%	0.1	0.1	0.1
Nachrichtenübermittlung	11.4	27.2	20%	22%	1.4	5%	1.1	4%	0.1	0.0	0.2
Gastgewerbe	10.3	29.6	30%	5%	5.8	20%	5.6	19%	0.4	0.3	0.7
Herstellung von Metallerzeugnissen	8.7	28.3	23%	7%	5.9	21%	6.3	22%	0.2	0.2	0.3
Informatikdienste	8.3	17.8	39%	8%	0.0	0%	0.0	0%	0.1	0.1	0.2
Interessenvertretungen, Kultur, Sport	7.0	21.4	21%	12%	2.2	10%	2.1	10%	0.1	0.1	0.2
Handel, Reparatur Auto, Tankstellen	6.6	11.5	46%	12%	0.1	1%	0.0	0%	0.3	0.2	0.5
Nahrungs- und Genussmittel	6.6	43.5	9%	7%	8.0	18%	10.1	22%	0.3	0.2	0.5
Landwirtschaft	5.7	18.3	12%	19%	0.1	1%	4.0	18%	0.5	0.2	0.7
Verlags- und Druckgewerbe	4.4	12.8	22%	12%	1.2	9%	2.6	18%	0.1	0.2	0.3
Persönliche Dienstleistungen	4.1	6.1	43%	24%	0.1	2%	0.2	3%	0.2	0.1	0.3
Elektrische und Informatik-Geräten	3.9	30.9	9%	3%	11.5	37%	12.1	38%	0.1	0.1	0.1
Strasseninfrastruktur	3.7	6.2	43%	16%	0.0	0%	0.0	0%	0.1	0.3	0.4
Strassengüterverkehr	3.3	9.7	27%	7%	1.0	11%	0.5	6%	1.7	0.1	1.8
Be- und Verarbeitung von Holz	3.1	11.3	19%	8%	1.0	9%	2.2	18%	0.2	0.3	0.4
Gummi- und Kunststoffwaren [ETS]	2.8	14.9	14%	5%	5.1	34%	5.8	37%	0.1	0.2	0.3
Übrige Verkehr, Reisebüros	2.7	18.1	12%	3%	2.0	11%	1.6	9%	0.2	0.1	0.2
Radio-, Fernseh-, Nachrichtengeräte	2.7	15.0	13%	5%	2.5	17%	6.5	34%	0.1	0.1	0.2
Forschung und Entwicklung	2.6	11.3	16%	7%	1.0	9%	1.1	9%	0.0	0.0	0.1
Möbel, Schmuck, Spielwaren	2.2	21.0	8%	3%	10.4	49%	14.2	57%	0.0	0.1	0.1
Bahnpersonenverkehr	2.1	5.0	32%	9%	0.4	7%	0.2	5%	0.0	1.5	1.5
Prod. aus nichtmet. Mineralien [ETS]	2.0	8.8	16%	7%	1.3	15%	3.0	28%	1.5	0.4	1.9
Erzeugung, Bearbeitung von Metall [ETS]	1.9	24.4	5%	3%	11.3	46%	18.0	58%	0.2	0.3	0.5
Bahninfrastruktur	1.9	3.7	40%	11%	0.0	1%	0.0	1%	0.3	0.3	0.6
Restlicher ÖV Land	1.8	3.5	40%	11%	0.3	10%	0.2	5%	1.4	0.7	2.2
Abwasserreinigung, Abfallbeseitigung	1.8	5.6	20%	11%	0.0	0%	0.0	0%	0.2	0.5	0.7
Herstellung von sonstigen Fahrzeugen	1.6	10.3	13%	3%	4.3	42%	4.4	42%	0.1	0.1	0.2
Papier- und Kartongewerbe [ETS]	1.5	8.5	14%	3%	2.6	30%	3.5	37%	0.9	0.7	1.6
Luftverkehr [ETS]	1.4	9.4	12%	3%	3.0	32%	2.0	23%	7.2	0.0	7.2
Textilgewerbe	0.9	6.2	9%	7%	2.1	34%	3.5	46%	0.2	0.2	0.4
Bergbau, Steine und Erden [ETS]	0.8	2.4	15%	18%	0.1	3%	0.4	15%	0.6	0.4	1.0
Wasserversorgung	0.7	1.5	13%	36%	0.0	0%	0.0	0%	0.0	0.9	0.9
Luftfahrt Infrastruktur	0.6	1.6	31%	9%	0.8	54%	0.5	39%	0.6	0.7	1.3
Fahrzeugbau	0.6	15.3	3%	1%	2.6	17%	13.0	51%	0.0	0.0	0.0
Bahngüterverkehr	0.6	1.7	28%	7%	0.7	40%	0.2	13%	0.1	1.1	1.2
Strassenpersonenverkehr	0.5	1.2	36%	10%	0.2	20%	0.2	14%	1.8	0.1	1.9
Recycling	0.5	2.0	15%	11%	0.0	0%	0.0	0%	0.2	0.4	0.6
Forstwirtschaft	0.5	1.1	17%	25%	0.0	0%	0.1	5%	0.5	0.0	0.6
Bekleidung und Pelzwaren	0.4	7.2	4%	1%	1.9	26%	5.9	52%	0.0	0.0	0.0
Schiffsverkehr	0.3	0.7	29%	8%	0.2	32%	0.1	16%	1.4	0.1	1.4
Lederwaren und Schuhe	0.1	3.1	3%	1%	0.9	29%	2.7	55%	0.0	0.0	0.1
Fischerei, Fischzucht	0.0	0.2	6%	9%	0.0	9%	0.1	46%	0.9	0.2	1.0
Schifffahrt Infrastruktur	0.0	0.0	31%	9%	0.0	22%	0.0	34%	0.1	0.0	0.1

Produktionsfunktion der Nicht-Energie-Sektoren

Die Produktion wird mit einer genesteten separablen CES-Funktion beschrieben: Die Wertschöpfung ergibt sich aus einem CES-Aggregat aus Kapital und Arbeit. Die nachfolgende Abbildung 9-4 zeigt die gewählte Produktionsfunktion.

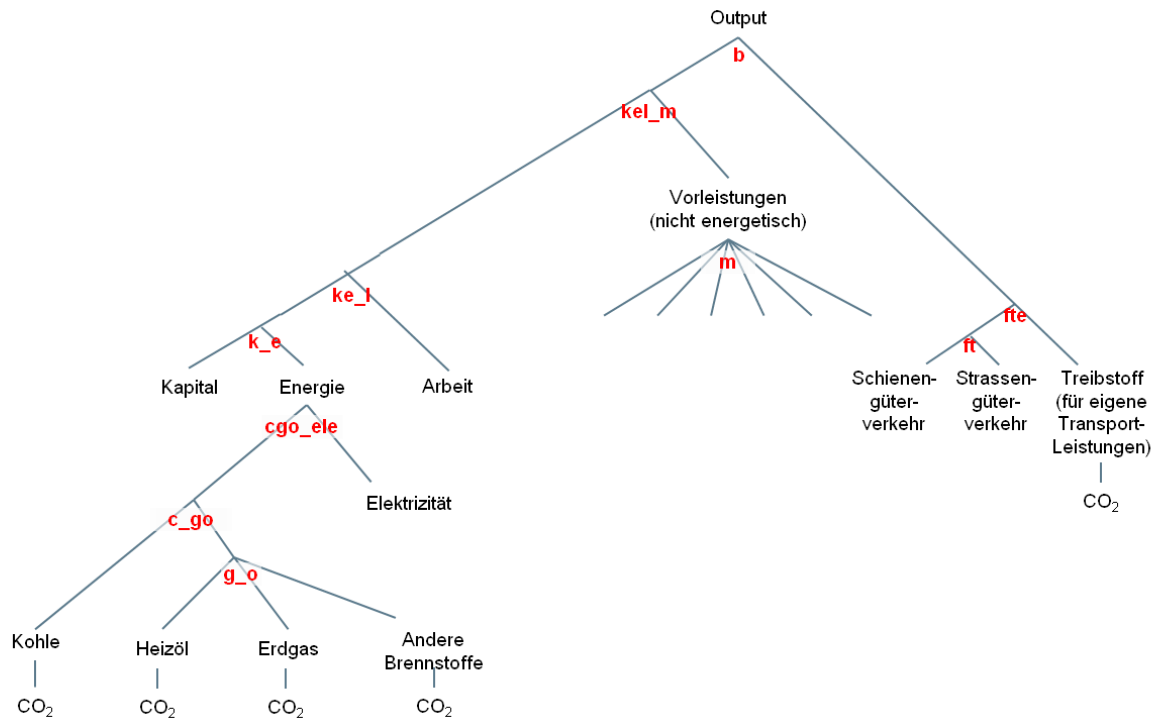
Abbildung 9-4: Produktionsfunktion KL-Nestung



Die CO₂-Emissionen sind in fixen Proportionen (Leontief) gelinkt mit dem Verbrauch fossiler Energieträger, wobei die unterschiedliche CO₂-Intensität der verschiedenen Energieträger berücksichtigt wird. Die wesentlichen Kanäle zur Reduktion der CO₂-Emissionen sind: Fuel switching (also der Wechsel von einem CO₂-intensiven Energieträger zu einem weniger CO₂-intensiven Energieträger) und Energieeinsparung bzw. verbesserte Energieeffizienz im Verbrauch, dies betrifft sowohl den Endverbrauch bei den Haushalten als auch die Energievorleistungen in der Produktion.

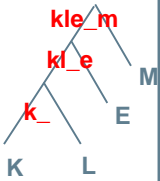
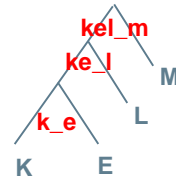
Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse wurde der Einfluss einer unterschiedlichen KLEM-Nestung untersucht. Die Abbildung 9-5 zeigt eine alternative Nestung, bei der Energie zuerst mit Kapital substituiert wird und danach das Aggregat aus Kapital und Energie mit Arbeit substituierbar ist.

**Abbildung 9-5: Produktionsfunktion KE-Nestung
(alternative Nestung für Sensitivitätsanalyse)**



Die nachfolgende Abbildung 9-6 zeigt die aktuell von Mohler und Müller (2012) für die Schweiz geschätzten KLEM-Elastizitäten für die beiden verschiedenen Nestungen und 12 Industriesektoren.

Abbildung 9-6: KLEM-Elastizitäten gemäss Mohler, Müller (2012)

Nestung		KL			KE		
							
Sektor	*)	k_l	kl_e	kle_m	k_e	ke_l	kel_m
Food products and beverages	(15,16)	0.51	0.58	0.52	0.54	0.53	0.52
Textiles, textile products, leather and footwear	(17,18,19)	0.57	0.58	0.45	0.50	0.61	0.46
Wood and products of wood and cork	(20)	0.48	0.50	0.50	0.43	0.51	0.50
Pulp, paper, paper products, printing and publishing	(21,22)	0.54	0.50	0.49	0.22	0.56	0.49
Chemicals and chemical products	(24)	0.48	0.51	0.49	0.40	0.58	0.49
Rubber and plastic products	(25)	0.57	0.51	0.47	0.52	0.58	0.47
Other non-metallic mineral products	(26)	0.51	0.50	0.52	0.34	0.57	0.52
Basic metals and fabricated metal products	(27,28)	0.50	0.52	0.49	0.42	0.55	0.49
Machinery and equipment	(29)	0.57	0.48	0.47	0.31	0.58	0.47
Electrical and optical equipment	(30,31,32,33)	0.62	0.44	0.48	0.35	0.60	0.47
Transport equipment	(34,35)	0.57	0.52	0.47	0.53	0.58	0.47
Furniture, other manufacturing and recycling	(36)	0.53	0.50	0.49	0.49	0.52	0.49

*) Industries according to NOGA 2002 industrial classification of Switzerland, 2-digit (Quelle: Bundesamt für Statistik)

Quelle: Mohler Lukas, Müller Daniel (2012), Substitution Elasticities in Swiss Manufacturing. February 2012, Table 1 and 11.

Das vorliegende Modell unterscheidet mehr Sektoren und ist ein gesamtwirtschaftliches Modell, d.h. auch die Dienstleistungssektoren werden erfasst. Wir haben die KLEM-Elastizitäten gemäss Mohler und Müller (2012) unseren Sektoren zugeordnet. Für Sektoren, bei denen keine Informationen vorlagen, wurde eine Elastizität von 0.5 gewählt. Die nachfolgenden beiden Abbildungen zeigen die gewählten Elastizitäten für die drei verschiedenen Nestungen von Kapital, Arbeit, Energie und Vorleistungen.

Abbildung 9-7: Verwendete KLEM-Elastizitäten im Modell (Landwirtschaft, Industrie, Bau)

Sektor	Abk. NOGA	k _I	kl _e	kle _m	k _e	ke _I	kel _m
Landwirtschaft	AGR 01	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Forstwirtschaft	FRS 02	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Fischerei	FIS 05	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Bergbau	COA 10-14	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Nahrung, Getränke, Tabak	FOO 17	0.57	0.58	0.45	0.50	0.61	0.46
Textil	TEX 18	0.57	0.58	0.45	0.50	0.61	0.46
Bekleidung	CLO 19	0.57	0.58	0.45	0.50	0.61	0.46
Leder	LEA 20	0.57	0.58	0.45	0.50	0.61	0.46
Holz	WOO 21	0.48	0.50	0.50	0.43	0.51	0.50
Papier	PAP 22	0.54	0.50	0.49	0.22	0.56	0.49
Druck	PRI 23a	0.54	0.50	0.49	0.22	0.56	0.49
Mineralölverarbeitung	OIL 23b	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Brennstoffe	NUC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chemie	CHE 24	0.48	0.51	0.49	0.40	0.58	0.49
Kunststoff	PLA 25	0.57	0.51	0.47	0.52	0.58	0.47
Glas, Keramik	NME 26	0.51	0.50	0.52	0.34	0.57	0.52
Metallerzeugung	BME 27	0.50	0.52	0.49	0.42	0.55	0.49
Metallbearbeitung	FMP 28	0.50	0.52	0.49	0.42	0.55	0.49
Maschinenbau	MCH 29	0.57	0.48	0.47	0.31	0.58	0.47
Computer-, Bürogeräte	OMC 30-31	0.62	0.44	0.48	0.35	0.60	0.47
Radio-, TV-, Kommunikationsgeräte	ELT 32	0.62	0.44	0.48	0.35	0.60	0.47
Medizinaltechnik, Optik, Uhren	MED 33	0.62	0.44	0.48	0.35	0.60	0.47
Motorfahrzeugbau	VEH 34	0.57	0.52	0.47	0.53	0.58	0.47
Sonstiger Fahrzeugbau	OTR 35	0.57	0.52	0.47	0.53	0.58	0.47
Möbelindustrie	FUR 36	0.53	0.50	0.49	0.49	0.52	0.49
Herstellung sonstiger Waren	SRM 37	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Elektrizitätsverteilung	ELE 40e	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fernwärmeversorgung	PHS 40f	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Gasversorgung	GAS 40g	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wasserversorgung	WTR 41	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Hoch- und Tiefbau	CNS 45	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

Abbildung 9-8: Verwendete KLEM-Elastizitäten im Modell (Dienstleistungen)

Sektor	Abk.	NOGA	k _I	kl _e	kle _m	k _e	ke _I	kel _m
Handel, Reparatur Motorfahrzeuge	TRD	50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Gross- und Detailhandel	WHT	51-52	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Beherbergung und Gastronomie	HOT	55	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Schienenpersonentransport	PRT	60a	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Schienengütertransport	FRT	60b	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Schieneninfrastruktur	RIN	60c	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Restlicher öffentlicher Landverkehr	OTP	60d	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Taxi und weiterer Landverkehr	OLT	60e	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Strassengütertransport	FRO	60f	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Rohrleitungen	PIP	60g	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Schifffahrt	WTP	61	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Luftfahrt	ATP	62	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Schifffahrtsinfrastruktur	WTI	63a	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Luftverkehrsinfrastruktur	ATI	63b	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Weitere Verkehrsdienstleistungen	OTI	63c	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Post und Telekommunikation	PTT	64	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Banken	FIN	65	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Versicherungen	INS	66	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Grundstücks- und Wohnungswesen	EST	70, 97	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Vermietung beweglicher Sachen	REN	71, 74	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Informationsdienstleistungen	ITS	72	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Forschung und Entwicklung	RAD	73	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Strasseninfrastruktur	RIS	75a	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Öffentliche Verwaltung	PUB	75b	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Bildung	EDU	80	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Gesundheitswesen	HEA	85	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Entsorgung	SEW	90c	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Unterhaltung, Sport und Kultur	LSR	91-92	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Haushaldienstleistungen, weitere DL	OSP	93-95	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

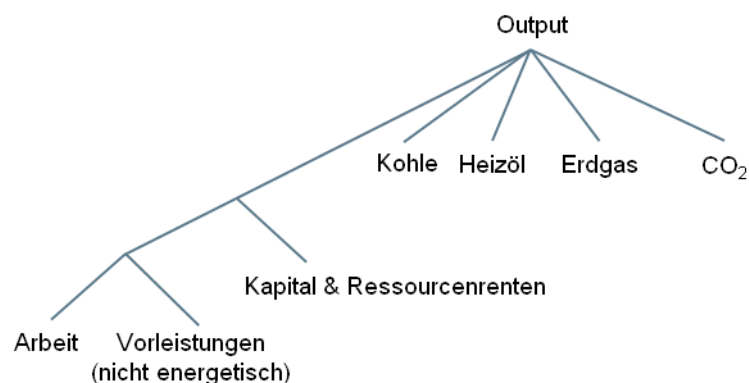
Elektrizitätserzeugungstechnologien

Im Elektrizitätsproduktionsbereich wurde das Modell in folgende Sektoren desaggregiert:

- Laufwasserkraftwerke
- Speicherkraftwerke
- Kernkraftwerke
- Gasbefeuerte Kraftwerke (Gas Kombikraftwerke, WKK)
- Rest (KVA, fossile Kraftwerke)
- Biomasse
- Wind
- Photovoltaik
- Geothermie

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Nestung der Elektrizitätserzeugungstechnologien.

Abbildung 9-9: Nestung der Elektrizitätserzeugungstechnologien



Der Elektrizitätssektor wurde auf das von prognos (2012) berechnete Szenario „Weiter wie bisher“ und die Stromangebotsvariante C&E kalibriert. Für die Kalibrierung des Benchmarkjahres (2008) und für die Vorwärtskalibrierung wurden die Kostenanteile der einzelnen Stromerzeugungstechnologien gemäss prognos (2012) als gegeben unterstellt.

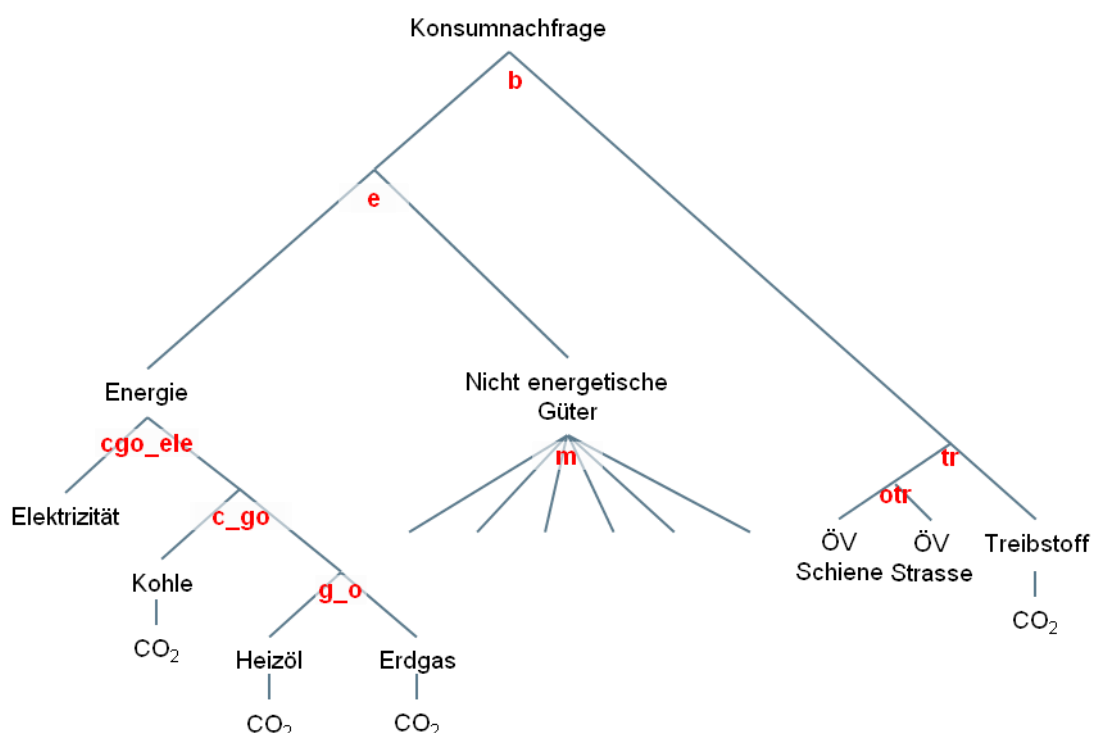
Nutzenfunktion der Haushalte

Auf der Haushaltseite, werden verschiedene Haushaltsgruppen gebildet, die sich in Bezug auf Lebensstandard, Kinder und Alter unterscheiden. Die Haushalte sind ausgestattet mit

Arbeit und Kapital.³⁹ Der Faktor Arbeit ist zwischen den Wirtschaftssektoren mobil. Die Haushalte maximieren ihren Nutzen aus dem Konsum, welcher sich nachfrageseitig mittels konstanter Substitutionselastizitäten⁴⁰ zusammensetzt, aus dem Konsum von Transportleistungen, den Nicht-Energie-Gütern und den restlichen Energiegütern (Elektrizität und die für die Wärmeproduktion benötigten Brennstoffen).

Die nachfolgende Abbildung 9-10 zeigt die unterstellte Nutzenfunktion der Haushalte.

Abbildung 9-10: Nutzenfunktion Haushalte



Die nachfolgende Abbildung fasst die im Modell enthaltenen Substitutionselastizitäten zusammen. Der Einfluss veränderter Elastizitäten auf die wichtigsten Resultate wird im Rahmen der Sensitivitätsanalyse untersucht.

³⁹ Damit für die Schweiz Verteilungseffekte berechnet werden können, wurden die Gesamteffekte des repräsentativen Haushalts auf bis zu 15 Haushaltstypen aufgeteilt. Die nicht zuweisbaren Kapitaleinkommen wurden einem speziellen Haushalt – dem sog. „Kapitalisten“ – zugewiesen.

⁴⁰ CES-Funktion, CES = Constant Elasticity of Substitution.

Abbildung 9-11: Substitutionselastizitäten

Substitutionselastizitäten	Bezeichnung	Elastizität
Nicht energetische Güter		
Zwischen nicht energetischen Vorleistungen in der Produktionsfunktion	m	0.25
Zwischen nicht energetischen Vorleistungen in der Nutzenfunktion	m	0.5
Energie		
Zwischen Heizöl und Erdgas	g_o	0.75
Zwischen Kohle und dem Aggregat aus Heizöl/Erdgas	c_go	0.15
Zwischen Elektrizität und dem Aggregat aus Heizöl/Erdgas/Kohle	cgo_ele	0.5
Transport		
Zwischen nicht energetischen Gütern und Transportleistungen	b	0.1
Zwischen ÖV Schien und ÖV Strasse	otr	0.8
Zwischen Treibstoff (priv. Transport) und dem ÖV-Aggregat	tr	0.9
Zwischen Schienengüterverkehr und Strassenverkehr (Fremdleistungen)	ft	0.8
Zwischen Treibstoff (eigener Strassentransport) und dem Aggregat aus Schienengüterverkehr und Strassenverkehr (Fremdleistungen)	fte	0.9

Disaggregation der Haushalte

Die Haushalte werden in verschiedene Haushaltsgruppen unterteilt. Die Haushalte haben ein flexibles Arbeitsangebot (Labor-Leisure-Choice). Die unterstellten Arbeitsangebotselastizitäten sind in der folgenden Abbildung dokumentiert:

Abbildung 9-12: Arbeitsangebotselastizitäten

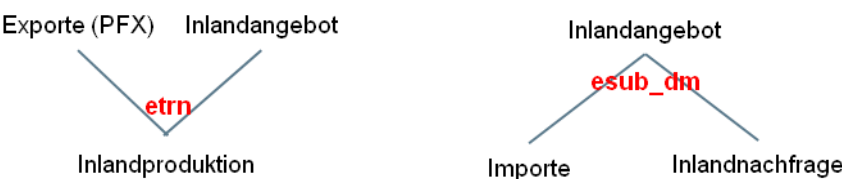
Einteilung nach Lebensstandard, Erwerbsstatus, Kinder	
Haushalts- gruppe	Arbeitsangebots- elastizität
NoKids1	0.43
NoKids2	0.23
NoKids3	0.17
NoKids4	0.12
NoKids5	0.07
Kids1	0.24
Kids2	0.15
Kids3	0.11
Kids4	0.08
Kids5	0.04
Rentner1	0.57
Rentner2	0.33
Rentner3	0.22
Rentner4	0.17
Rentner5	0.07

Quelle: Evers M., De Mooij R., Van Vuuren D. (2008); Gerfin M. (1993)

Aussenhandel

Der Aussenhandel wird mit dem sogenannten Armingtonansatz modelliert (Armington 1969). Heimisch produzierte und importierte Güter sind dabei unvollständige Substitute.

Abbildung 9-13: Exporte (Transformationselastizität) und Importe (Armingtonsubstitutionselastizität)



Primärer und sekundäre Sektoren	Armington-Elastizität [esub_dm]	Transformations-Elastizität [etrn]	Tertiäre Sektoren	Armington-Elastizität [esub_dm]	Transformations-Elastizität [etrn]
Landwirtschaft	0.8	1.6	Handel, Reparatur Auto, Tankstellen	0.5	0.4
Forstwirtschaft	0.8	1.6	Gross- und Detailhandel	0.5	0.4
Fischerei, Fischzucht	0.8	1.6	Gastgewerbe	0.5	0.4
Bergbau, Steine und Erden [ETS]	4.0	2.0	Bahnpersonenverkehr	1.0	0.4
Rohöl [ETS]	4.0	2.0	Bahngüterverkehr	1.0	0.4
Nahrungs- und Genussmittel	0.8	0.8	Bahninfrastruktur	1.0	0.4
Textilgewerbe	1.2	1.8	Restlicher ÖV Land	1.0	0.4
Bekleidung und Pelzwaren	1.2	1.8	Strassenpersonenverkehr	1.0	0.4
Lederwaren und Schuhe	1.2	1.8	Strassengüterverkehr	1.0	0.4
Be- und Verarbeitung von Holz	1.2	1.8	Rohrfernleitungen	1.0	0.4
Papier- und Kartongewerbe [ETS]	0.9	1.2	Schiffsverkehr	1.0	0.4
Verlags- und Druckgewerbe	1.2	1.8	Luftverkehr [ETS]	0.5	0.4
Rohöl [ETS]	4.0	2.0	Schiffahrt Infrastruktur	1.0	0.4
Treibstoffe	4.0	2.0	Luftfahrt Infrastruktur	1.0	0.4
Heizöl	4.0	2.0	Übrige Verkehr, Reisebüros	1.0	0.4
Andere fossile Energieträger	4.0	2.0	Nachrichtenübermittlung	1.0	0.4
Herstellung von nuklearem Brennstoff	4.0	2.0	Kreditgewerbe	0.5	0.8
Chemische Industrie [ETS]	0.9	1.2	Versicherungsgewerbe	0.5	0.8
Gummi- und Kunststoffwaren [ETS]	2.0	1.5	Immobilienwesen, Vermietung	0.5	0.4
Prod. aus nichtmet. Mineralien [ETS]	0.9	1.2	Dienstleist. für Unternehmen	0.5	0.4
Erzeugung, Bearbeitung von Metall [ETS]	0.9	1.2	Informatikdienste	0.5	0.8
Herstellung von Metallerzeugnissen	2.0	2.0	Forschung und Entwicklung	0.5	0.4
Maschinenbau	2.0	2.0	Strasseninfrastruktur	0.5	0.4
Elektrische und Informatik-Geräte	2.0	2.0	Übrige öffentliche Verwaltung	0.5	0.4
Radio-, Fernseh-, Nachrichtengeräte	2.0	2.0	Unterrichtswesen	0.5	0.4
Med. und optischen Geräte; Uhren	2.0	2.0	Gesundheits- und Sozialwesen	0.5	0.4
Fahrzeugbau	2.0	2.0	Fernwärmeerzeugung in KVA	0.5	0.4
Herstellung von sonstigen Fahrzeugen	2.0	2.0	Abwasserreinigung, Abfallbeseitigung	0.5	0.4
Möbel, Schmuck, Spielwaren	1.2	1.8	Interessenvertretungen, Kultur, Sport	0.5	0.4
Recycling	2.0	2.0	Persönliche Dienstleistungen	0.5	0.4
Elektrizitätsversorgung	4.0	2.0			
Fernwärmeversorgung	2.0	2.0			
Gasversorgung	4.0	2.0			
Wasserversorgung	2.0	2.0			
Baugewerbe	1.2	1.8			

Quellen: Dimaranan, B.V., McDougall, R.A. (2002); Saito M. (2004); Welsch H. (2008).

Staat

Es wird unterstellt, dass der Staat seine Leistungen unabhängig von der unterstellten Klima- und Energiepolitik erbringen muss. Dies bedeutet, dass der Staat für alle berechneten Szenarien dieselben Einnahmen generieren muss, wie in der Referenzentwicklung „Weiter wie bisher“ („equal yield“).

ETS – Emission Trading Scheme

In der vorliegenden Studie wird davon ausgegangen, dass sich die Schweiz dem EU ETS anschliesst. Die Sektoren im EU ETS (vgl. dazu die Abbildung 9-3) können Emissionsrechte frei handeln (die Annahmen zu den exogen vorgegebenen EU-ETS-Preisen sind der Abbildung 3-3 zu entnehmen).

CO₂-Abgabe

Für die Schweiz wird eine Lenkungsabgabe nach Massgabe der CO₂-Emissionen erfasst: Die CO₂-Abgabe wird auf Brenn- und teilweise Treibstoffen in allen Sektoren, die nicht dem EU ETS angehören oder eine verpflichtende Zielvereinbarung mit dem Bund eingehen, erhoben.

Elektrizitätsabgabe mit Ausnahmeregelung

Auf der Stromseite wird eine Elektrizitätsabgabe nach Massgabe des Stromverbrauchs erfasst. Das Gleichgewichtsmodell ist so aufgesetzt, dass einzelne Sektoren von der Elektrizitätsabgabe befreit werden können, bzw. eine verpflichtende Zielvereinbarung eingehen können.

9.3 Daten

Die ökonomischen und energetischen Grundlagendaten stammen aus der Schweizer Input-Output-Tabelle 2008. Die Rahmenentwicklung (vgl. Abbildung 3-3) wurden von prognos (2012) übernommen.

10 Anhang B: Tanktourismus

Nachfolgend zeigen wir auf, wie der Tanktourismus auf eine CO₂-Abgabe auf Treibstoffe reagieren könnte. Diese nachfolgend abgeschätzte Reaktion des Tanktourismus auf eine CO₂-Abgabe auf Treibstoffe wurde dem Gleichgewichtsmodell vorgegeben.

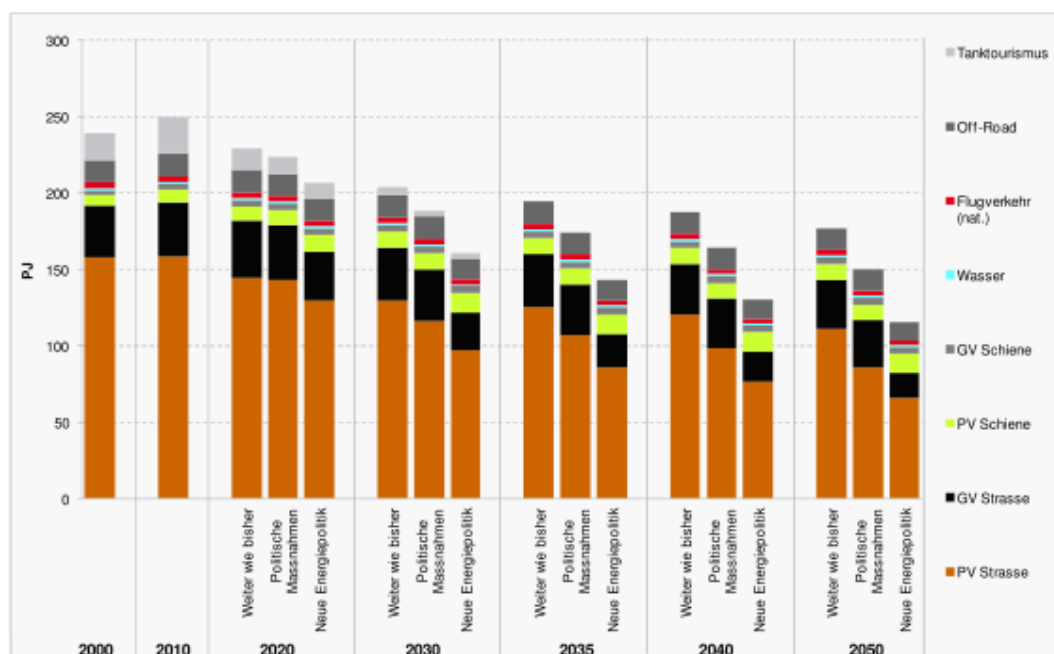
10.1 Tanktourismus in den Szenarien der Energiestrategie 2050

Tanktourismus in den Bottom-up-Berechnungen von prognos/infras

Die nachfolgende Abbildung 10-1 zeigt, dass bis ins Jahr 2035 sowohl in WWB, als auch in POM und NEP mit keinem Tanktourismus mehr gerechnet wird.

Abbildung 10-1: Tanktourismus in den Energieperspektiven

Figur 5-43: Szenarienvergleich Verkehrssektor
Endenergienachfrage nach Verwendungszwecken 2000 – 2050, in PJ



Quelle: Infras 2012

Tabelle 5-39: Szenarienvergleich Verkehrssektor
Endenergienachfrage nach Verwendungszwecken 2000 – 2050, in PJ

Verwendungszweck	2000	2010	2020			2030			2035			2040			2050		
			WWB	POM	NEP	WWB	POM	NEP	WWB	POM	NEP	WWB	POM	NEP	WWB	POM	NEP
PV Strasse	158.0	158.5	144.8	142.9	129.4	129.3	115.9	97.3	125.6	106.7	86.0	120.5	98.4	76.7	111.4	86.1	65.6
GV Strasse	33.7	35.2	36.9	36.2	32.2	35.2	34.3	24.9	34.5	33.6	21.9	33.4	32.4	19.5	31.5	30.4	16.3
PV Schiene	7.1	8.7	9.6	9.6	11.0	10.3	10.3	12.3	10.3	10.3	12.5	10.3	10.3	12.8	10.6	10.6	13.0
GV Schiene	2.8	3.2	4.2	4.2	4.5	4.5	4.5	4.8	4.4	4.4	4.8	4.4	4.4	4.6	4.4	4.4	4.4
Wasser	1.4	1.5	1.5	1.5	1.4	1.5	1.5	1.3	1.5	1.4	1.3	1.4	1.4	1.2	1.4	1.4	1.1
Flugverkehr (nat.)	4.3	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.3	3.3	3.3	3.2	3.3	3.3	3.1	3.2	3.2	3.0
Off-Road	14.2	15.1	14.8	14.6	14.1	15.0	14.7	13.7	14.7	14.4	13.2	14.4	14.1	12.7	14.2	13.8	12.1
Tanktourismus	17.4	23.8	14.2	11.1	10.8	4.7	3.7	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	239.1	249.4	229.5	223.6	206.9	203.9	188.2	161.0	194.3	174.2	142.8	187.8	164.3	130.5	176.8	149.9	115.5

Quelle: Infras 2012

Tanktourismus im Gleichgewichtsmodell von Ecoplan (2012 und 2013)

Der Effekt auf den Tanktourismus ist in den Simulationen von Ecoplan (2012a und b) nicht explizit erfasst. Implizit wurde bei der Wahl der Elastizitäten die Effekte des Tanktourismus von Ausländern ganz grob erfasst. In Ecoplan (2012a und b) nicht erfasst ist hingegen der Tanktourismus von Inländern (im Ausland), wenn die inländischen Treibstoffpreise aufgrund der CO₂-Abgabe die ausländischen Treibstoffpreise übertreffen. Im Rahmen der nachfolgenden Ausführungen soll die Abhängigkeit des gesamten Tanktourismus von der Höhe der CO₂-Abgabe auf Treibstoffe hergeleitet werden, damit diese im Gleichgewichtsmodell erfasst werden kann.

10.2 Tanktourismus gemäss Infrac/CEPE (2010)

10.2.1 Definition von Tanktourismus

Tanktouristen sind aus Sicht des Inlands Personen, die im Inland tanken, aber den Treibstoff auf ausländischen Strassen verbrauchen. Die Tanktouristen lassen sich wie folgt typisieren:

- Personenverkehr
 - Reine Tanktouristen (grenzüberschreitende Fahrten, die einzig zum Tanken im günstigeren Land unternommen werden)
 - „Mitnehmer“-Tanktouristen (bspw. wenn das hauptsächliche Fahrtmotiv ein grenzüberschreitender Einkauf oder Freizeitaktivität ist und im Rahmen dieser Fahrt im günstigeren Land getankt wird). Die grenzüberschreitenden Fahrtmotive für die „Mitnehmer“-Tanktouristen sind:
 - Einkauf
 - Freizeit
 - Geschäftsreise
 - Pendler (Grenzgänger)
- Güterverkehr

Die Studie von Infrac/CEPE (2010) fokussiert hauptsächlich auf den Personenverkehr, weil diese Treibstoffe an öffentlichen Tankstellen nachfragen. Beim Güterverkehr ist das Tankverhalten nur zum Teil an den öffentlichen Tankstellen messbar, da viele Transportunternehmen eigene Betriebstankstellen führen.

10.2.2 Tanktourismus – Resultate aus einer Befragung von Tankstellenbetreibern

Tanktourismus tritt auf, wenn es sich aufgrund des Preisgefälles lohnt, in einem anderen Land zu tanken. Gemäss einer nicht repräsentativen Befragung von Tankstellenbetreibern treten dabei folgende Schwelleneffekte auf

- Es ist eine Preisdifferenz von mind. 0.10 EUR pro Liter notwendig, damit Personen speziell fürs Tanken (reine Tanktouristen) anreisen [infrac/CEPE (2010), S. 29.]

- Sobald eine gewisse Schwelle der Preisdifferenz überschritten ist, ergeben sich keine weiteren Reaktionen der Kunden mehr. In infras/CEPE (2010) wird basierend auf der Befragung angegeben, dass ab einer Preisdifferenz von 0.15 EUR oder 0.20 EUR ein weiterer Einfluss auf die Nachfrage nicht spürbar ist.

10.2.3 Tanktourismus – Resultate aus einer ökonometrischen Abschätzung des Tanktourismus anhand des Tankstellenabsatzes

Aufgrund der Tankstellenabsätze im Grenzgebiet wurde von infras/CEPE(2010) auf Basis der Zeitspanne 2001 bis 2008, in welcher sich die Preisdifferenzen zwischen der Schweiz und dem Ausland verändern, der Tanktourismus mit Hilfe eines ökonometrischen Ansatzes abgeschätzt. Die ökonometrischen Abschätzungen beziehen sich auf folgende Preisdifferenzen zwischen der Schweiz und dem Ausland:

- Benzin: CH Preis liegt in der Zeitperiode 2001 bis 2008 rund -12 bis -50 Rp./Liter tiefer als der Preis in DE, FR und IT (die Preisdifferenzen im Vergleich zu Österreich sind kleiner).
- Diesel: CH-Preis bewegt sich in der Zeitperiode 2001 bis 2008 zwischen -20 bis +25 Rp./Liter im Vergleich zum ausländischen Dieselpreis.

Preis-Elastizitäten in Bezug auf den Treibstoffpreis bei grenznahen Tankstellen

Die Preis-Elastizitäten in Bezug auf den Tankstellenabsatz sind abhängig davon, wie weit weg die Tankstelle von der Grenze liegt. Die nachfolgende Abbildung zeigt die Preiselastizität in Bezug auf den Treibstoffpreis im Inland und im Ausland.

Abbildung 10-2: Preis-Elastizität auf den Tankstellenabsatz in Abhängigkeit der Distanz von der Grenze

Entfernung von der Grenze / Treibstoff	0-5km	15-20km	Gewichtete mittlere Elastizität (0-30 km)
Benzin: Schweizer-Preis-Elastizität	-1.45	-0.25	-0.65
Ausländer-Preis-Elastizität	+1.25	+0.05	+0.44
Diesel: Schweizer-Preis-Elastizität	-1.70	-0.05	-0.23
Ausländer-Preis-Elastizität	+2.40	+0.50	+0.85

Quelle: infras/CEPE (2010), Figur 18, Seiten 67 ff.

Volumen des Tanktourismus

Auf Basis dieser Reaktion der grenznahen Tankstellen auf veränderte Preise wurde dann mittels Hochrechnung das Volumen des Tanktourismus für die Jahre 2001 bis 2008 berechnet. Es wurde mit Hilfe der ökonometrisch hergeleiteten Gleichungen bestimmt, welchen

Absatz die grenznahen Tankstellen hätten, wenn kein Preisunterschied zwischen In- und Ausland besteht (Absatz ohne Preisdifferenz). Diese Situation wurde dann verglichen mit der Situation, in welcher die jeweils aktuell beobachteten durchschnittlichen Preisdifferenzen vorgegeben wurden (Absatz mit aktueller Preisdifferenz). Aus der Differenz zwischen dem Absatz mit und ohne Preisdifferenz wurde der Anteil Tanktourismus bestimmt. Die nachfolgende Abbildung zeigt das so hochgerechnete Volumen des Tanktourismus in der Schweiz aufgeteilt auf die verschiedenen grenznahen Gebiete für die Jahre 2001 und 2007. Das Jahr 2001 ist dasjenige Jahr mit den relativ höchsten Schweizer Preisen verglichen mit den ausländischen Preisen und das Jahr 2007 dasjenige mit den relativ tiefsten Schweizer Preisen.

Abbildung 10-3: Volumen des Tanktourismus für die Jahre 2001 und 2007

Benzin	Jahr 2001		Jahr 2007	
	Preisdifferenz		Preisdifferenz	
	Mio. Liter	Rp./Liter	Mio. Liter	Rp./Liter
Frankreich	92	-14	191	-43
Deutschland	84	-16	169	-52
Italien	84	-21	83	-48
Österreich	6	-3	22	-19
Total Tanktourismus Benzin	266	-17	465	-46
Total in CH abgesetzte Menge	5208		4'675	
Tanktourismus in % Gesamtabsatz	5.1%		9.9%	
Total Tanktourismus: 95% Vertrauensintervall von	58		135	
bis	474		765	

Diesel	Jahr 2001		Jahr 2007	
	Preisdifferenz		Preisdifferenz	
	Mio. Liter	Rp./Liter	Mio. Liter	Rp./Liter
Frankreich	-44	25	17	-21
Deutschland	-19	16	30	-15
Italien	0	8	24	-7
Österreich	-8	20	-1	2
Total Tanktourismus Diesel	-71	22	70	-14
Total in CH abgesetzte Menge	1611		2'396	
Tanktourismus in % Gesamtabsatz	-4.4%		2.9%	

Total Treibstoffe: Benzin und Diesel	Jahr 2001	Jahr 2007
	Mio. Liter	Mio. Liter
Total Tanktourismus Treibstoffe	195	535
Total in CH abgesetzte Menge	6819	7'071
Tanktourismus in % Gesamtabsatz	2.9%	7.6%

Anmerkung: Ist die Preisdifferenz negativ, so liegt der Schweizer Preis unter dem ausländischen Preis.

Quelle: Infrac/CEPE (2010), Figur 11, 14, 15, 17, Text Kapitel 5.4, 5.5, Annex 1.

Das Volumen des Tanktourismus wird für Benzin im Jahr 2007 auf rund 10% (95%-Vertrauensintervall 3% - 17%) des gesamten Benzinabsatzes Schweiz geschätzt. Für Diesel resultiert im Jahr 2007 ein Tanktourismus von rund 3% der Absatzmenge in der gesamten Schweiz, welcher beim Diesel auch die Nutzfahrzeuge enthält.

Anmerkung Ecoplan: Die ökonometrischen Schätzungen betrachten nur die grenznahen Tankstellen (bis 30 km zur Grenze), bei denen der Tankstellenabsatz signifikant auf relative Preisveränderungen reagiert. Ein Problem dieser ökonometrischen Schätzung ist, dass der Tanktourismus weiter als 30 km von der Grenze betankten Fahrzeuge nicht gemessen werden kann. Diese weiter von der Grenze gelegenen Tankstellen sind sehr stark vom Binnenverkehr geprägt. Tanktouristische Aktivitäten können ökonometrisch bei diesen Tankstellen nicht erfasst werden, sind aber vorhanden. Beispiel: Die heutigen Autos haben Tankfüllungen, welche für 500 bis 700 km Distanz ausreichen. So können bspw. sehr viele Wochenendausflüge ins benachbarte Ausland mit einer Tankfüllung erbracht werden. Ein Betanken knapp vor der Grenze ist somit nicht nötig. Bei solchen Ausflügen kann die Betankung auch an der gewohnten heimischen Tankstelle (bspw. in Bern) erfolgen.

Beim Diesel kommt ein weiteres Problem dazu: Diesel wird in grösseren Mengen auch von Nutzfahrzeugen getankt. Es ist also schwieriger, den Tanktourismus-Effekt ökonometrisch nachzuweisen. Die Folge davon ist, dass der Tanktourismus beim Diesel vermutlich deutlicher unterschätzt wird als beim Benzin.

Weiter ist anzumerken, dass die Schätzung ein relativ grosses Vertrauensintervall aufweist: Bei einem Mittelwert für den Tanktourismus beim Benzin (Jahr 2007) von 465 Mio. Liter berechnet sich ein 95%-Vertrauensintervall von 135 bis 765 Mio. Liter.

Fazit: Die ökonometrische Schätzung unterschätzt den tatsächlichen Tanktourismus (für Benzin und noch ausgeprägter beim Diesel) und weist eine grosse Bandbreite auf.

10.2.4 Tanktourismus – Resultate aus einer bottom-up-Schätzung anhand des alpen- und grenzquerenden Personenverkehrs 2007

In Infrac/CEPE (2010) wurde die ökonometrische Schätzung mittels einer bottom-up-Schätzung plausibilisiert. Gemäss dieser Studie kann mit plausiblen Annahmen (welche in Annex 4 dargelegt werden), in etwa der Tanktourismus für das Jahr 2007 repliziert werden (vgl. dazu die nachfolgende Abbildung).

Abbildung 10-4: Volumen des Tanktourismus für das Jahr 2007 gemäss bottom-up-Schätzung

TANKTOURISMUS-ABSCHÄTZUNG AUS A+GQPV 2007					
Land	Tanktourismus-Menge [Mio. L/Jahr]	Anz. Fahrten [Mio. PW-Fahrten/Jahr]	Tankmenge/Fahrt [l/Fahrt]	Anteil Fahrten mit Tanken (Tankfüllung = 30 l)	Tanken bei jeder x. Fahrt
Benzin					
Österreich AT	11	11	1.0	3%	30.
Deutschland DE	214	46	4.7	16%	6.
Frankreich FR	111	43	2.6	9%	12.
Italien IT	76	25	3.1	10%	10.
Total 2007	411	124	3.3	11%	
Diesel					
Österreich AT	-5	11	-0.5	2%	66.
Deutschland DE	59	46	1.3	4%	23.
Frankreich FR	-22	43	-0.5	2%	60.
Italien IT	53	25	2.1	7%	14.
Total 2007	86	124	0.7	2%	

Anmerkung Ecoplan: Wir konnten die Berechnung infras/CEPE (2010) replizieren (vgl. Abbildung 10-15 und Abbildung 10-16 im Anhang). Unseres Erachtens sind die getroffenen Annahmen und auch die Berechnungsweise für die bottom-up-Schätzung zu präzisieren bzw. anzupassen:

- Die Fahrten von In- und Ausländern aus der bzw. in die Schweiz sind in einer bottom-up-Schätzung zu differenzieren (in der Schätzung infras/CEPE (2010) wurde die Berechnung jeweils mit dem Total der grenzquerenden Fahrten durchgeführt).
- Der Anteil der Mitnehmer-Tanktouristen ist aus unserer Sicht grösser (diese „Behauptung“ können wir aber empirisch nicht abstützen): Bei Preisunterschieden von rund 50 Rp./Liter erscheint es wenig realistisch, dass nur jeder 20ste, der die Schweizer Grenze im Rahmen einer Freizeitfahrt quert, von diesem Preisgefälle Gebrauch macht.

Fazit: Aus unserer Sicht ist die bottom-up-Schätzung des Tanktourismus in infras/CEPE (2010) keine direkt verwendbare Basis für die Abschätzung der Effekte auf den Tanktourismus bei einem Benzinpreisanstieg in der Schweiz (also Umkehr der Preisrelationen beim Benzinpreis zwischen In- und Ausland).

10.3 Tanktourismus – eigener bottom-up-Ansatz

10.3.1 Bottom-up-Schätzung für das Jahr 2007 – tiefe Treibstoffpreise im Inland

Approach

Damit wir die Auswirkungen einer Umkehr des Treibstoffpreisverhältnisses zwischen In- und Ausland berechnen können (bspw. aufgrund einer CO₂-Abgabe auf Treibstoffen), setzen wir einen eigenen bottom-up-Ansatz an. Dieser geht von folgenden Prämissen aus:

- Tanktourismus ist rund 20% höher als in infras/CEPE (2010) ausgewiesen (wir vermuten, dass die infras/CEPE-Schätzung den Tanktourismus unterschätzt, aber wir wissen nicht um wie viel, die 20% bis 25% sind keine erhärtete Annahme),
- Tanktourismus ist stärker auf die „Mitnehmer“-Tanktouristen fokussiert.

Die bottom-up-Schätzung wird anhand des alpen- und grenzquerenden Personenverkehrs 2007 durchgeführt. Dabei wird unterscheiden zwischen:

- Einkaufsverkehr
- Freizeitverkehr
- Geschäftsverkehr
- Pendlerverkehr

Annahmen

Wir gehen für eine erste bottom-up-Schätzung von den Treibstoffpreisverhältnissen im Jahr 2007 aus:

- Benzinpreis liegt etwa 40 bis 50 Rp./Liter tiefer in der Schweiz
- Dieselpreis liegt etwa 15 Rp./Liter tiefer in der Schweiz

Weiter gehen wir von unterschiedlichem Tankverhalten zwischen der Bevölkerung im Land mit den tieferen Treibstoffpreisen (das entspricht den Inländern bei der heutigen Preissituation) und der Bevölkerung im Land mit den höheren Treibstoffpreisen (das entspricht den Ausländern bei der heutigen Preissituation (vgl. Abbildung 10-5):

- Fahrten von Ausländer in die Schweiz:
 - Die **Mitnehmer-Tanktouristen** haben einen Füllungsstand von 20 Liter bei Einreise für Einkaufs-, Freizeit-, Geschäftszwecke. Dies entspricht 50% der ganzen Tankfüllung. In der Schweiz können Sie somit 20 Liter tanken, welche Sie im Ausland „verfahren“. Weiter nehmen wir an, dass Sie diese Betankung nur jedes dritte Mal (für Benzinfahrzeuge, jedes sechste Mal für Dieselfahrzeuge) vornehmen (bspw. wegen Mehrfachfahrten in einem kurzen Zeitraum, geringer Preissensibilität usw.)
 - Wir nehmen an, dass 30% (für Benzin, 10% für Diesel) des einreisenden grenzquerenden Einkaufsverkehrs der Ausländer auf **reine Tanktouristen** fällt. Für diese nehmen wir an, dass sie 30 Liter tanken, welche im Ausland „verfahren“ werden.

- Bei den **Pendlern** gehen wir davon aus, dass sie relativ konsequent ihren Tank in der Schweiz füllen, dies aber natürlich nur ab und zu machen müssen. Wir schätzen, dass ungefähr bei jeder 17-ten Einreise der Tank gefüllt werden kann (diese Tankfüllfrequenz berücksichtigt dabei nur die im Ausland zurückgelegte Strecke).
- Fahrten von Inländern im Ausland
 - Auch die Schweizer betreiben Tanktourismus, wenn Sie mit „Schweizer“ Treibstoff im Ausland fahren. Wir gehen davon aus, dass je nach Verkehrszweck die mit „Schweizer“ Treibstoff zurückgelegte Distanz im Ausland 20 bis 100 km beträgt. Die relativ grosse Distanz beim Freizeitverkehr begründen wir mit den vielen Ferienfahrten der Schweizer ins benachbarte Ausland. Hier ist anzunehmen, dass relativ konsequent vor der Ausreise in der Schweiz getankt wird.

Abbildung 10-5: Annahmen für die bottom-up-Berechnung Tanktourismus

ganze Tankfüllung	40 Liter
Fahrten von Ausländer in die Schweiz	
Mitnehmer-Tanktouristen (Einkauf, Freizeit, Geschäft): Mittlerer Füllungsstand bei Einfahrt in CH	20 Liter
Mitnehmer-Tanktouristen: Füllungsstand bei Ausfahrt CH	40 Liter
Mitnehmer-Tanktouristen (Einkauf, Freizeit, Geschäft): Export (pro Einreise)	20 Liter
Mitnehmer-Tanktouristen macht BENZIN-Export jede x-te Fahrt:	3 Fahrt
Mitnehmer-Tanktouristen macht DIESEL-Export jede x-te Fahrt:	6 Fahrt
Reiner Tanktourist: Mittlerer Füllungsstand bei Einfahrt in CH	
Reiner Tanktourist: Mittlerer Füllungsstand bei Einfahrt in CH	10 Liter
Reiner Tanktourist: Füllungsstand bei Ausfahrt in CH	40 Liter
Reiner Tanktouristen (Einkauf): Export (pro Einreise)	30 Liter
Anteil reiner Tanktouristen am grenzüberschreitenden Einkaufsverkehr für BENZIN-Fzg	30%
Anteil reiner Tanktouristen am grenzüberschreitenden Einkaufsverkehr für DIESEL-Fzg	10%
Pendler: Annahme durchschn. Pendlerdistanz (hin und retour) im Ausland	
Pendler: Annahme durchschn. Pendlerdistanz (hin und retour) im Ausland	30 km
Verbrauch Liter pro 100 km	7 l/100 km
Ganze Tankfüllung	571 km
Wochenendausflüge mit Tankfüllung in CH	50 km
Jede x-te Fahrt wird voll getankt	17.4
Pendler: Export (pro Einreise)	2.3 Liter
Fahrten von Inländer im Ausland	
Zurückgelegte Distanz im Ausland mit CH-Tankfüllung pro grenzquerende Fahrt	
Einkauf	20 km
Freizeit	100 km
Geschäft	50 km
Pendler: Export (pro Einreise) -> gleiche Annahme wie für Ausländer in die Schweiz	2.3 Liter

Resultate

Die Berechnungen zu den bottom-up-Schätzungen sind – getrennt für Inländer/Ausländer und für Benzin/Diesel - folgenden Abbildungen zu entnehmen:

- Abbildung 10-17: Benzin-Tanktourismus der Ausländer in der Schweiz: Preis Ausland 40 bis 50 Rp./Liter höher als Preis Schweiz
- Abbildung 10-18: Benzin-Tanktourismus der Inländer über Fahrten im Ausland: Preis Ausland 40 bis 50 Rp./Liter höher als Preis Schweiz
- Abbildung 10-19: Diesel-Tanktourismus der Ausländer in der Schweiz: Preis Ausland 15 Rp./Liter höher als Preis Schweiz
- Abbildung 10-20: Diesel-Tanktourismus der Inländer über Fahrten im Ausland: Preis Ausland 15 Rp./Liter höher als Preis Schweiz

Die nachfolgende Abbildung stellt die Resultate aus den oben erwähnten Berechnungen zusammen. Zu beachten ist, dass sich die Berechnungen auf das Jahr 2007 beziehen, wobei wir keine Preisunterschiede zwischen den angrenzenden Ländern vorgenommen haben. Dies erklärt einige Prozent der Abweichungen zu den Resultaten von infras/CEPE. Die restlichen rund 20% erklären sich aus der eingangs gemachten Vorgabe, dass der Tanktourismus grösser sein muss als in infras/CEPE ausgewiesen.

Abbildung 10-6: Resultate der bottom-up-Schätzung für die Situation 2007

Jahr 2007	Benzin [Rp./Liter]	Diesel [Rp./Liter]	Treibstoffe [Mio. Liter]
Preise in der Schweiz tiefer als im Ausland	-40 bis -50	rund -15	
Tanktourismus durch	[Mio. Liter]	[Mio. Liter]	[Mio. Liter]
- Ausländer als reine Tanktouristen	137	13	151
- Ausländer als "Mitnehmer"-Tanktouristen	254	89	344
- Inländer durch Fahrten mit "Schweizer" Treibstoffe im Ausland	106	62	168
Total Tanktourismus IN DER SCHWEIZ eigene Schätzung Ecoplan	498	165	662
Total Tanktourismus infras/CEPE	465	70	535
Abweichungen Schätzung Ecoplan von infras/CEPE	7%	136%	24%

10.3.2 Bottom-up-Schätzung für das Jahr 2007 – tiefe Treibstoffpreise im Ausland

Umkehr der Treibstoffpreisrelationen zwischen In- und Ausland

Die vorgängig gemachte bottom-up-Schätzung dient uns nun als Basis für die Fragestellung, was passiert, wenn sich die Treibstoffpreisrelationen umkehren, d.h. der ausländische Preis nun tiefer liegt als der Schweizer Preis.

Annahmen

Wir haben für die Berechnung des Tanktourismus bei umgekehrten Treibstoffpreisrelationen zwischen In- und Ausland grundsätzlich dieselben Annahmen getroffen, wie bereits im obigen Kapitel 10.3.1 dargelegt. Einzig beim reinen Tanktourismus haben wir berücksichtigt, dass die grenznahen Gebiete im In- und Ausland unterschiedlich dicht besiedelt sind. Die

folgenden Annahmen zur Verteilung der grenznahen Bevölkerung sind das Resultat einer GIS-Auswertung (vgl. nachfolgenden Exkurs):

Abbildung 10-7: Verteilung der grenznahen Bevölkerung

		D	A/FL	I	F	Total
		Bevölkerung in 1000				
0 - 30 km	von CH	2'341	352	447	2'105	5'245
	nach CH	1'185	419	2'900	1'666	6'170
Grenznahe CH-Bevölkerung im Verhältnis zur grenznahen ausländischen Bevölkerung		198%	84%	15%	126%	85%

Exkurs: GIS-Auswertung durch sigmaplan zur Verteilung der grenznahen Bevölkerung

Die nachfolgende GIS-Auswertung wurde von sigmaplan, Bern, durchgeführt.

Ausgangslage

Um das Potenzial für Tanktourismus zwischen der Schweiz und den Nachbarländern abschätzen zu können, sind Kenntnisse zu den Bevölkerungszahlen entlang der Schweizer Grenze nötig. Entscheidend dabei ist die Entfernung zu befahrbaren Grenzübergängen. Mit Hilfe einer räumlichen Analyse sollen die gewünschten Bevölkerungszahlen ermittelt werden.

Methode

Zur Bestimmung der Anzahl Personen, die in einer vorgegebenen Entfernung (Luftlinie) zur Landesgrenze wohnen, werden folgende Perimeter berechnet: 0 - 5 km, 5 - 10 km, 10 - 15 km, 15 - 20 km, 20 - 25 km, 25 - 30 km.

Technische Rahmenbedingungen

Bei der GIS-Bearbeitung kommen folgende Softwareprodukte zum Einsatz:

- ArcView 10.1
- PythonWin 2.7
- Access 2010

Grundlagedaten

Die verwendeten Geodaten haben unterschiedliche Herkunft:

- Befahrbare Grenzübergänge (Sigmaplan, Stand 2014)
- Landesgrenze Schweiz aus swissBOUNDARIES3D (swisstopo, Stand 2014), sowie Landesgrenzen zwischen Nachbarländern aus VECTOR200 (swisstopo, Stand 2014)
- Bevölkerungsraster (GEOSTAT, Stand 2011)

Analyse

In einem ersten Schritt werden die drei Grundlagedatensätze aufbereitet. Dies beinhaltet neben der Plausibilisierung der Inhalte die Umprojektion ins Schweizer Bezugssystem LV03 (Landesvermessung 1903).

Mit Hilfe eines Python-Skripts werden die Datensätze miteinander verschnitten. Die Bevölkerungszahlen von angeschnittenen Rasterzellen werden im Verhältnis zur verbleibenden Fläche berechnet. Eine Aggregation der Bevölkerungszahlen nach Distanz und Quell-/Zielland liefert die gewünschten Resultate.

Resultate

Abbildung 10-8 zeigt die Verteilung der Bevölkerung in Grenznähe. Visualisiert sind nur die Bereiche, die weniger als 30 km von einem befahrbaren Grenzübergang entfernt liegen (Luftlinie). Die nach Entfernung und Quell-/Zielland aufsummierten Bevölkerungszahlen sind Abbildung 10-10 aufgelistet.

Abbildung 10-8: Verteilung der Bevölkerung in Grenzgegend

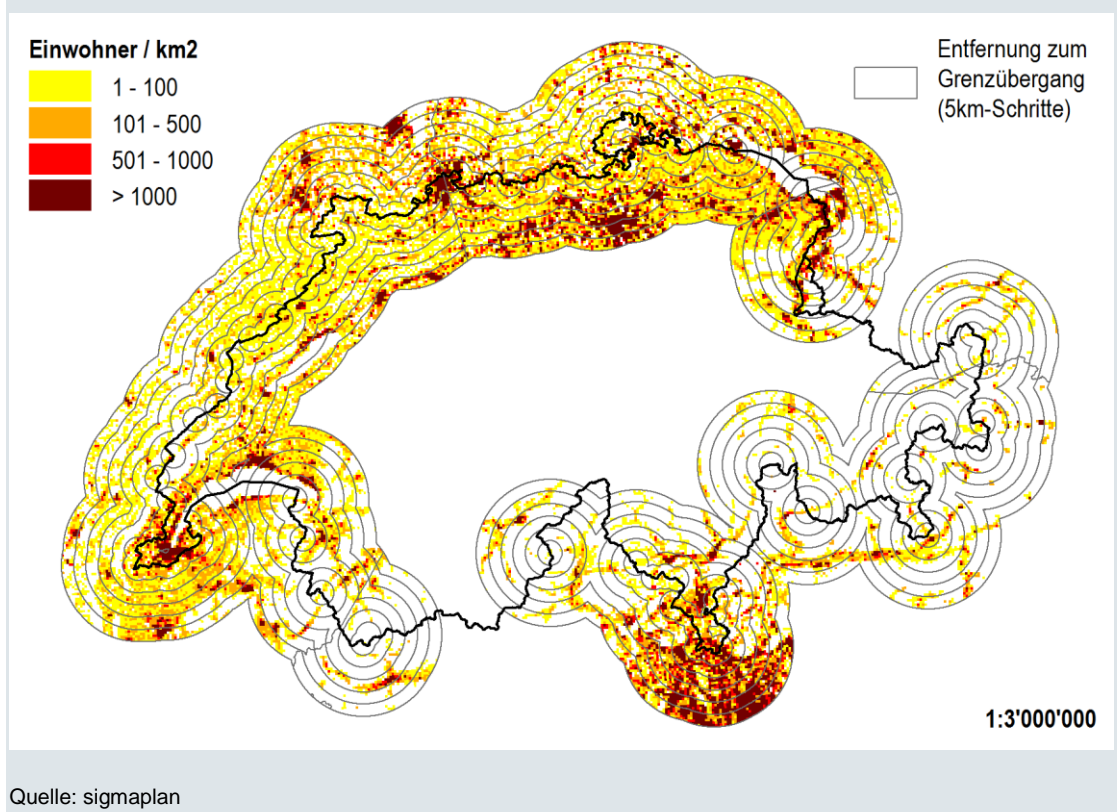









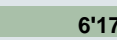


Abbildung 10-9: Anzahl Personen, die in einer MIV-Distanz von 5, 10, 15, 20, 25 oder 30 km zum nächsten befahrbaren Grenzübergang wohnen [in Tausend]

		D	A/FL	I	F	Total
0 - 5 km	von CH	288	73	113	721	1'194
	nach CH	311	138	189	256	894
5 - 10 km	von CH	224	63	135	348	770
	nach CH	172	134	330	218	854
10 - 15 km	von CH	356	45	32	199	632
	nach CH	179	43	336	221	778
15 - 20 km	von CH	531	68	84	291	974
	nach CH	148	45	489	272	954
20 - 25 km	von CH	591	73	52	288	1'004
	nach CH	197	42	758	271	1'269
25 - 30 km	von CH	353	29	31	258	671
	nach CH	178	16	797	427	1'419
0 - 30 km	von CH	 2'341	 352	 447	 2'105	 5'245
	nach CH	 1'185	 419	 2'900	 1'666	 6'170

Quelle: sigmaplan

Resultate

Die Berechnungen zu den bottom-up-Schätzungen bei umgekehrten Preisrelationen sind – getrennt für Inländer/Ausländer und für Benzin/Diesel - folgenden Abbildungen zu entnehmen:

- Abbildung 10-21: Benzin-Tanktourismus der Inländer im Ausland: Preis Ausland 40 bis 50 Rp./Liter tiefer als Preis Schweiz
- Abbildung 10-22: Benzin-Tanktourismus der Ausländer über Fahrten in der Schweiz: Preis Ausland 40 bis 50 Rp./Liter tiefer als Preis Schweiz
- Abbildung 10-23: Diesel-Tanktourismus der Inländer im Ausland: Preis Ausland 15 Rp./Liter tiefer als Preis Schweiz
- Abbildung 10-24: Diesel-Tanktourismus der Ausländer über Fahrten in der Schweiz: Preis Ausland 15 Rp./Liter tiefer als Preis Schweiz

Die nachfolgende Abbildung stellt die Resultate für den Tanktourismus bei umgekehrten Treibstoff-Preisrelationen aus den oben erwähnten Berechnungen zusammen.

Abbildung 10-10: Resultate der bottom-up-Schätzung für die Situation 2007

Umgekehrte Preisrelationen	Benzin	Diesel	Treibstoffe
	[Rp./Liter]	[Rp./Liter]	
Preise in der Schweiz höher als im Ausland	+40 bis +50	rund +15	
Tanktourismus durch	[Mio. Liter]	[Mio. Liter]	[Mio. Liter]
- Inländer (Schweizer) als reine Tanktouristen	180	15	195
- Inländer (Schweizer) als "Mitnehmer"-Tanktouristen	175	44	219
- Ausländer durch Fahrten mit "Ausland"-Treibstoffe in der Schweiz	201	127	328
Total Tanktourismus AUS DER SCHWEIZ eigene Schätzung Ecoplan	556	186	742
Total Tanktourismus IN DER SCHWEIZ eigene Schätzung Ecoplan	498	165	662
Total Änderung Treibstoffabsatz CH bei Umkehr der Treibstoffpreisrelationen	1'053	351	1'405

Die obige Abbildung zeigt, dass sich bei Umkehr der Preisrelationen auch der Tanktourismus ins Gegenteil verkehrt. Mit dem bottom-up-Ansatz berechnen wir bei tiefen Treibstoffpreisen in der Schweiz (-40 bis -50 Rp./Liter Benzin bzw. -15 Rp./Liter Diesel unter dem Auslandspreis) einen tanktouristischen Mehrabsatz in der Schweiz von 662 Mio. Liter. Kehren sich die Preisrelationen (Preis Schweiz +40 bis +50 Rp./Liter Benzin bzw. +15 Rp./Liter Diesel), so ergibt sich ein tanktouristischer Minderabsatz in der Schweiz von 742 Mio. Liter. Total würden also bei einer Umkehr der Treibstoffpreisrelationen 1405 Mio. Liter weniger Treibstoff in der Schweiz abgesetzt.

10.3.3 Bottom-up-Schätzung für das Jahr 2007 – höhere Treibstoffpreise in der Schweiz aufgrund einer CO₂-Abgabe auf Treibstoffen

Nachfolgend wollen wir exemplarisch aufzeigen, wie sich der Tanktourismus im Jahr 2007 verändert hätte, sofern die Treibstoffpreisrelationen durch eine CO₂-Abgabe auf Treibstoffen verändert werden.

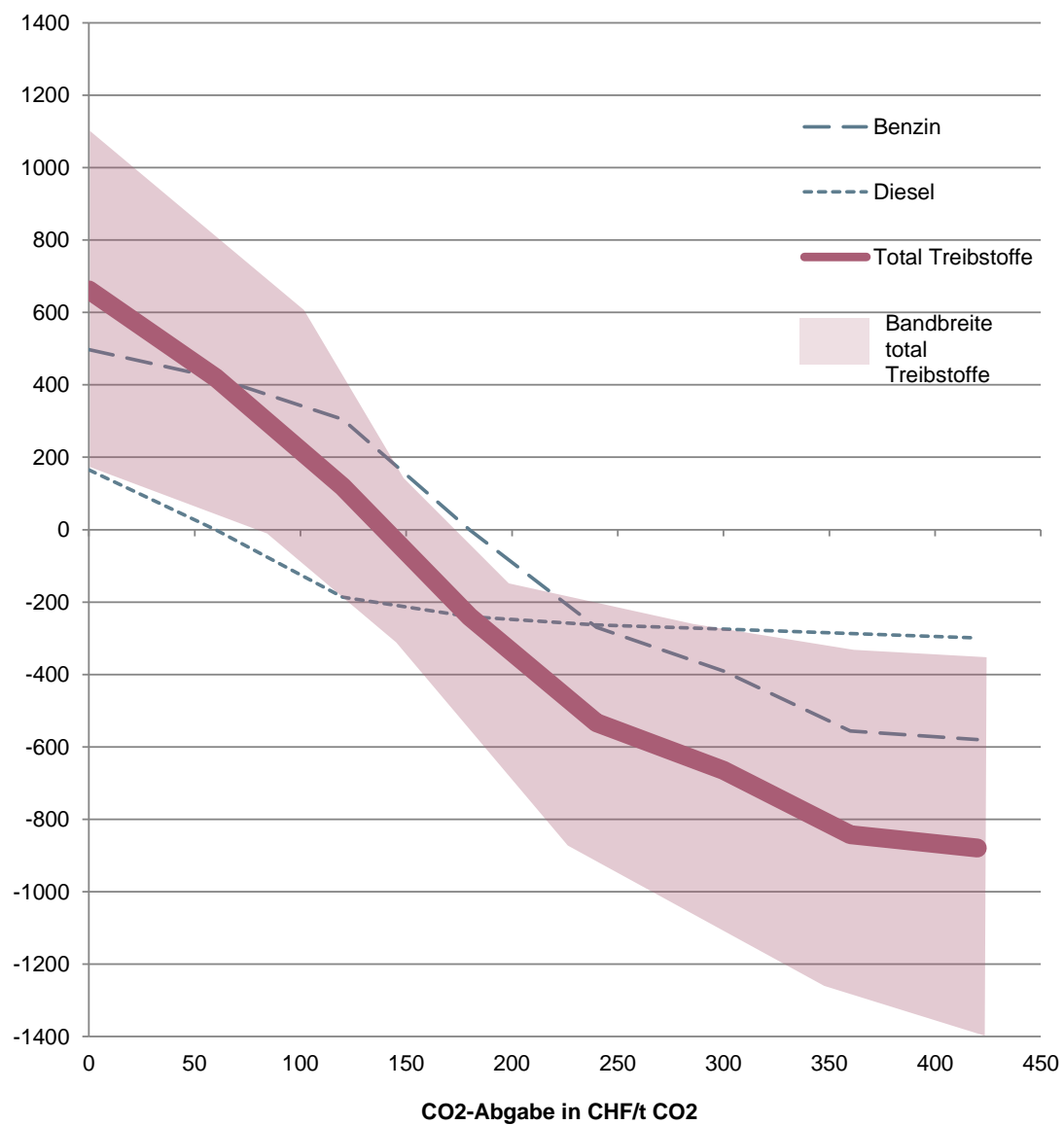
Abbildung 10-11: Resultate der bottom-up-Schätzung für die Situation 2007

CO ₂ -Abgabe			Preisdifferenz CH-Ausland		Tanktourismus (erhöhter Absatz in CH)		
CHF/t CO ₂	Benzin Rp./Liter	Diesel Rp./Liter	Benzin Rp./Liter	Diesel Rp./Liter	Benzin [Mio. Liter]	Diesel [Mio. Liter]	Total [Mio. Liter]
0	0	0	-45	-15	498	-165	333
60	14	16	-31	1	420	0	420
120	29	32	-16	17	305	-186	119
180	43	47	-2	32	0	-240	-240
240	57	63	12	48	-270	-263	-533
300	71	79	26	64	-390	-274	-664
360	86	95	41	80	-556	-286	-842
420	100	111	55	96	-580	-299	-879

= mit bottom-up-Modell geschätzt
 = grob geschätzt

Abbildung 10-12: Resultate der bottom-up-Schätzung für die Situation 2007

Tanktourismus
(Absatz in CH)
Mio. Liter



10.4 Projektion 2030

Die bisherigen Ausführungen haben sich auf die Situation 2007 bezogen. Für unsere Modellberechnungen ist der zukünftige Tanktourismus relevant. Für die Abschätzung des künftigen Tanktourismus haben wir folgende Entwicklungen berücksichtigt.

- *Trend zur PKW-Dieselisierung*: Wir haben unterstellt, dass bis 2030 der Dieselanteil bei den ausländischen Fahrzeugen auf 60% und bei der Schweizer PW-Flotte auf 45% steigt.
- *Abnehmender Treibstoffverbrauch* aufgrund des technischen Fortschritts: Basierend auf dem Szenario WWB gehen wir davon aus, dass der Treibstoffverbrauch bis 2030 um 25% zurückgeht. Diese Annahme haben wir auch für die ausländischen, grenznahen Gebiete unterstellt.
- *Steigender Wechselkurs* (gemäss Szenario WWB von prognos, 2012): Das Szenario WWB der Energieperspektiven 2050 geht von einer Zunahme des Wechselkurses bis ins Jahr 2030 von +15% aus.

Die nachfolgende Abbildung 10-13 zeigt den grob geschätzten Tanktourismus im Jahr 2030 bei unterschiedlicher CO₂-Abgabehöhe unter der Annahme einer stärkeren Dieselisierung der PW-Flotte und eines generell abnehmenden Treibstoffverbrauchs, aber noch ohne Erhöhung des Wechselkurses:

- Im Vergleich zum Jahr 2007 (vgl. Abbildung 10-12) sinkt der Tanktourismus aufgrund des tieferen Treibstoffverbrauchs und des grösseren Bestandes an Diesel-Fahrzeugen (Anmerkung: der Tanktourismus ist beim Diesel weniger ausgeprägt, da die Preisdifferenz zwischen In- und Ausland geringer ist).
- Bei einer CO₂-Abgabe von rund 100 CHF/t CO₂ gibt es keinen nennenswerten Tanktourismus mehr. Bei einer Abgabe über diesen 100 CHF/t CO₂ werden mehr Schweizer im Ausland tanken als Ausländer in der Schweiz.

Die Abbildung 10-14 zeigt den Tanktourismus für das Jahr 2030 in Abhängigkeit der CO₂-Abgabehöhe, wenn zusätzlich eine Wechselkurszunahme von 15% unterstellt wird und das Ausland keine entsprechenden preislichen Massnahmen einführt (bspw. selber eine Abgabe auf Treibstoffen einführt oder eine bestehende erhöht):

- Unter diesen Annahmen verschwindet bis ins Jahr 2030 der Tanktourismus beim Diesel, bzw. die tanktouristischen Im- und Exporte von Diesel halten sich die Waage.
- Bei einer CO₂-Abgabe von rund 50 CHF/t CO₂ gibt es keinen nennenswerten Tanktourismus mehr. Bei einer Abgabe über diesen 50 CHF/t CO₂ werden mehr Schweizer im Ausland tanken als Ausländer in der Schweiz.

Im Gleichgewichtsmodell haben wir diese Tanktourismusreaktion gemäss Abbildung 10-14 grob berücksichtigt.

Abbildung 10-13: Abschätzung des Tanktourismus: Situation 2030 (unter konstanten Wechselkursen)

**Tanktourismus
(Absatz in CH)
Mio. Liter**

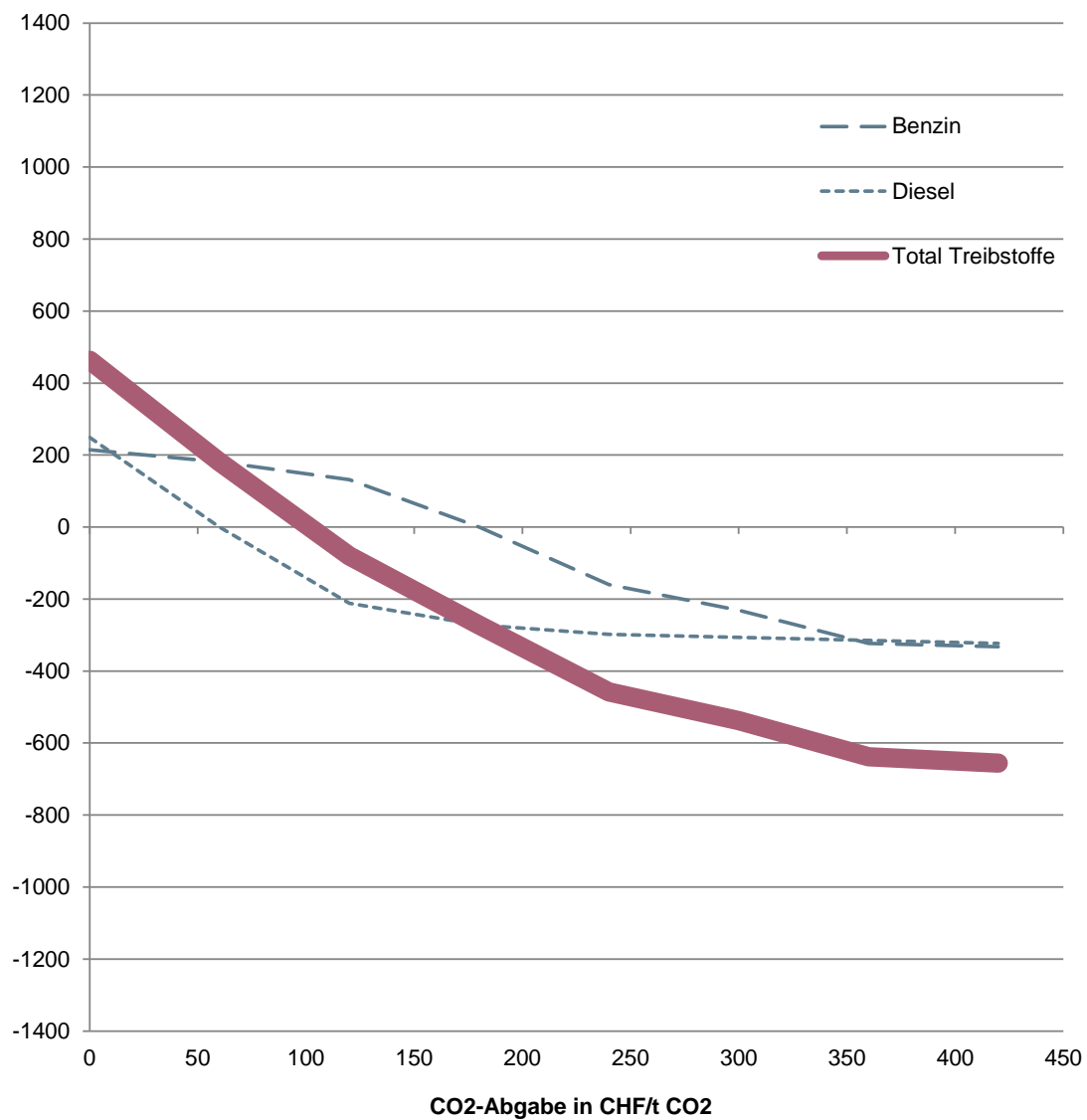
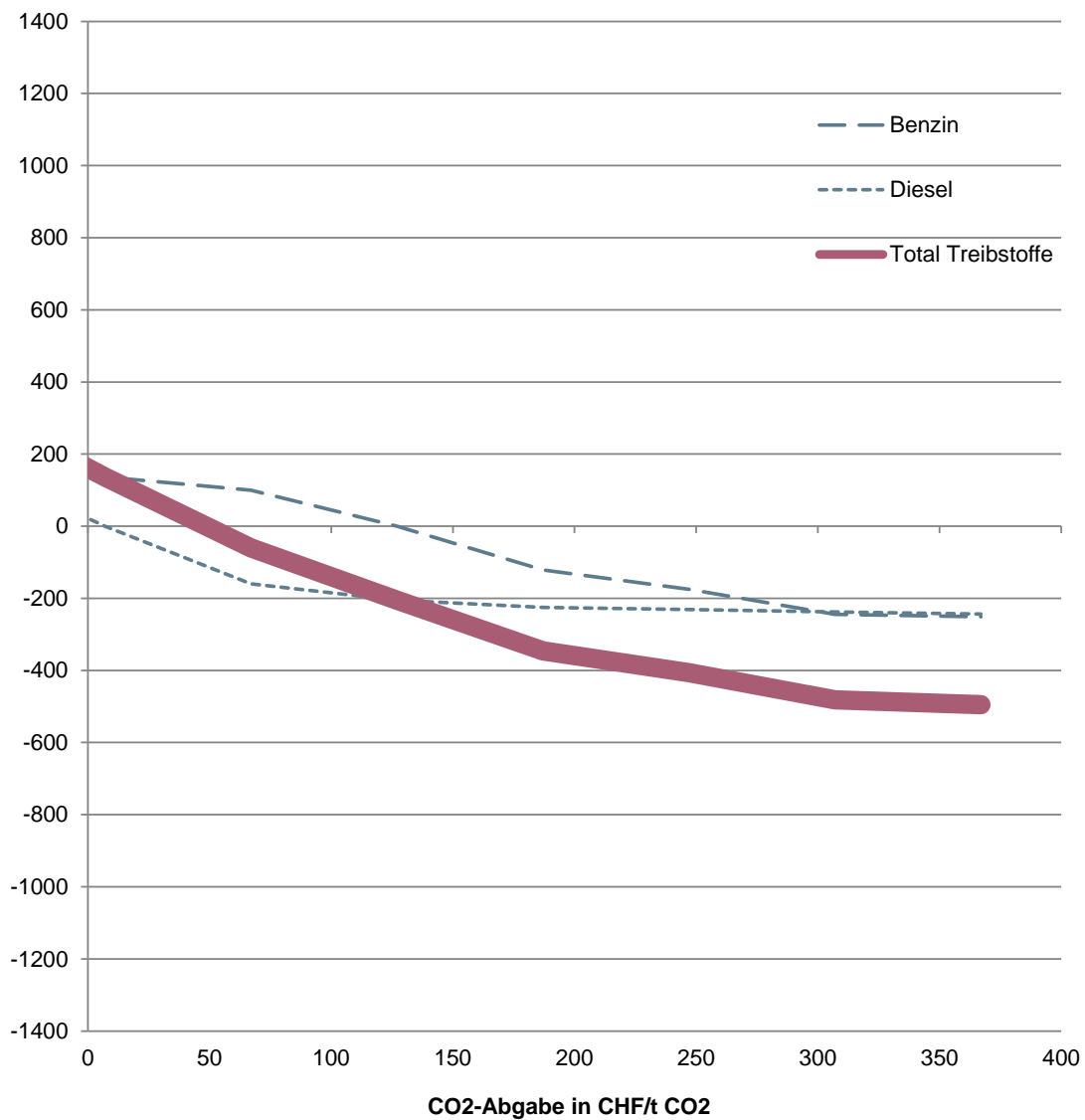


Abbildung 10-14: Abschätzung des Tanktourismus: Situation 2030 (unter steigenden Wechselkursen)

**Tanktourismus
(Absatz in CH)
Mio. Liter**



10.5 Anhang: Detailtabellen

**Abbildung 10-15: Reproduktion der bottom-up-Schätzung des Tanktourismus für BENZIN
gemäss infras/CEPE für das Jahr 2007**

Bottom-up-Schätzung Tanktourismus gemäss infras/CEPE (2010) [Mio. L / Jahr]					
Land	Total [Mio. Liter]	Reine Tanktouristen [Mio. Liter]	Mitnehmer- Tanktouristen [Mio. Liter]	Werte Infras/CEPE (2010) [Mio. Liter]	Delta [Mio. Liter]
Deutschland	214.23	133.30	80.93	214.00	-0.2
Einkauf	193.29	133.30	59.99		
Freizeit	13.08	0.00	13.08		
Geschäft	2.17	0.00	2.17		
Pendler	5.69	0.00	5.69		
Italien	76.29	44.27	32.02	76.00	-0.3
Einkauf	64.19	44.27	19.92		
Freizeit	6.46	0.00	6.46		
Geschäft	0.77	0.00	0.77		
Pendler	4.87	0.00	4.87		
Frankreich	111.18	62.77	48.41	111.00	-0.2
Einkauf	91.02	62.77	28.25		
Freizeit	11.49	0.00	11.49		
Geschäft	1.46	0.00	1.46		
Pendler	7.21	0.00	7.21		
Österreich	10.76	6.07	4.69	11.00	0.2
Einkauf	9.71	6.07	3.64		
Freizeit	0.64	0.00	0.64		
Geschäft	0.15	0.00	0.15		
Pendler	0.26	0.00	0.26		
Total	412.47	246.41	166.05	412.00	-0.5

Abbildung 10-16: Reproduktion der bottom-up-Schätzung des Tanktourismus für DIESEL gemäss infras/CEPE für das Jahr 2007

Bottom-up-Schätzung Tanktourismus gemäss infras/CEPE (2010) [Mio. L / Jahr]					
Land	Total [Mio. Liter]	Reine Tanktouristen [Mio. Liter]	Mitnehmer- Tanktouristen [Mio. Liter]	Werte Infras/CEPE (2010) [Mio. Liter]	Delta [Mio. Liter]
Deutschland	59.33	22.42	36.92	59.00	-0.3
Einkauf	38.55	22.42	16.14		
Freizeit	11.42	0.00	11.42		
Geschäft	4.32	0.00	4.32		
Pendler	5.04	0.00	5.04		
Italien	53.63	16.48	37.15	53.00	-0.6
Einkauf	28.85	16.48	12.36		
Freizeit	13.52	0.00	13.52		
Geschäft	3.42	0.00	3.42		
Pendler	7.85	0.00	7.85		
Frankreich	-21.67	-11.36	-10.31	-22.00	-0.3
Einkauf	-18.18	-11.36	-6.82		
Freizeit	-1.64	0.00	-1.64		
Geschäft	-0.44	0.00	-0.44		
Pendler	-1.42	0.00	-1.42		
Österreich	-4.93	-2.48	-2.45	-5.00	-0.1
Einkauf	-3.97	-2.48	-1.49		
Freizeit	-0.48	0.00	-0.48		
Geschäft	-0.26	0.00	-0.26		
Pendler	-0.22	0.00	-0.22		
Total	86.36	25.06	61.30	85.00	-1.4

Abbildung 10-17: Benzin-Tanktourismus der Ausländer in der Schweiz: Preis Ausland 40 bis 50 Rp./Liter höher als Preis Schweiz

Fahrten von Ausländer in die Schweiz	Mio PW-Fahrten /Jahr	Anteil Benzinfahrten	reiner Tanktourist (Einkauf) [Anteil]	reiner Tanktourist Fahrten/Jahr (Mio. Anteil)	getankte Menge pro Fahrer Tanktourist [Liter]	getankte Menge pro Fahrer Mitnehmer-Tanktourist [Liter]	Betankung jede x-te Fahrt	reine Tanktouristen Tanktourist [Mio. Liter]	Mitnehmer-Tanktourist Tanktourist [Mio. Liter]	Tanktourismus Tanktourismus [Mio Liter]
Deutschland	27.00							64	98	162
Einkauf	8.50	83%	30%	2.55	30	20.0	3.0	63.7	33.0	97
Freizeit	10.40	70%				20.0	3.0	0.0	48.3	48
Geschäft	2.60	50%				20.0	3.0	0.0	8.7	9
Pendler	5.30	69%				2.3		0.0	8.5	8
Italien	19.50							33	57	90
Einkauf	5.00	73%	30%	1.50	30	20.0	3.0	32.8	17.0	50
Freizeit	7.00	59%				20.0	3.0	0.0	27.5	27
Geschäft	1.50	40%				20.0	3.0	0.0	4.0	4
Pendler	5.90	65%				2.3		0.0	8.8	9
Frankreich	29.50							34	79	114
Einkauf	5.20	73%	30%	1.56	30	20.0	3.0	34.4	17.8	52
Freizeit	11.20	58%				20.0	3.0	0.0	43.6	44
Geschäft	2.00	40%				20.0	3.0	0.0	5.3	5
Pendler	10.70	50%				2.3		0.0	12.4	12
Österreich	7.00							6	20	26
Einkauf	1.00	71%	30%	0.30	30	20.0	3.0	6.4	3.3	10
Freizeit	3.00	57%				20.0	3.0	0.0	11.4	11
Geschäft	1.00	37%				20.0	3.0	0.0	2.5	2
Pendler	1.90	54%				2.3		0.0	2.3	2
Total	83.00					4.7		137	254	392

Abbildung 10-18: Benzin-Tanktourismus der Inländer über Fahrten im Ausland: Preis Ausland 40 bis 50 Rp./Liter höher als Preis Schweiz

Fahrten von Inländer ins Ausland	Mio PW-Fahrten /Jahr	Anteil Benzinfahrten	reiner Tanktourist (Einkauf) [Anteil]	reiner Tanktourist (Mio. Fahrten/Jahr) [Anteil]	getankte Menge pro Fahrten Tanktourist [Liter]	getankte Menge pro Fahrt Mitnehmer- Tanktourist [Liter]	Tanktouristen [Mio. Liter]	reine Tanktouristen [Mio. Liter]	Mitnehmer- Tanktourist [Mio. Liter]	Tanktourismus [Mio Liter]
Deutschland	19.00									
Einkauf	9.30	83%	0%	0.00	30	1.4	0	0.0	47	47
Freizeit	6.30	70%				7.0	0.0	0.0	10.8	11
Geschäft	1.25	50%				3.5	0.0	0.0	30.7	31
Pendler	2.00	69%				2.3	0.0	0.0	2.2	2
Italien	5.50									
Einkauf	1.75	73%	0%	0.00	30	1.4	0	0.0	15	15
Freizeit	2.75	59%				7.0	0.0	0.0	1.8	2
Geschäft	0.20	40%				3.5	0.0	0.0	11.3	11
Pendler	0.75	65%				2.3	0.0	0.0	0.3	0
Frankreich	13.50									
Einkauf	4.30	73%	0%	0.00	30	1.4	0	0.0	34	34
Freizeit	6.30	58%				7.0	0.0	0.0	4.4	4
Geschäft	1.25	40%				3.5	0.0	0.0	25.7	26
Pendler	2.00	50%				2.3	0.0	0.0	1.8	2
Österreich	4.00									
Einkauf	0.90	71%	0%	0.00	30	1.4	0	0.0	10	10
Freizeit	2.00	57%				7.0	0.0	0.0	0.9	1
Geschäft	0.80	37%				3.5	0.0	0.0	8.0	8
Pendler	0.25	54%				2.3	0.0	0.0	1.0	1
Total	42.00				2.5		0		106	106

Abbildung 10-19: Diesel-Tanktourismus der Ausländer in der Schweiz: Preis Ausland 15 Rp./Liter höher als Preis Schweiz

Fahrten von Ausländer in die Schweiz	Mio PW-Fahrten /Jahr	Anteil Benzinfahrten	reiner Tanktourist		Menge pro Fahrt reiner Tanktourist [Liter]	getankte Menge pro Fahrt		Betankung jede x-te Fahrt	reine Tanktouristen [Mio. Liter]	Mitnehmer-Tanktourist [Mio. Liter]	Tanktourismus [Mio Liter]
			(Einkauf) [Anteil]	Fahrten/Jahr) [Anteil]		Mitnehmer-Tanktourist	Mitnehmer-Tanktourist				
Deutschland	27.00								4	23	27
Einkauf	8.50	17%	10%	0.85	30	20.0	20.0	6.0	4.3	4.3	9
Freizeit	10.40	30%				20.0	20.0	6.0	0.0	10.5	11
Geschäft	2.60	50%				20.0	20.0	6.0	0.0	4.3	4
Pendler	5.30	31%				2.3	2.3		0.0	3.7	4
Italien	19.50								4	21	25
Einkauf	5.00	27%	10%	0.50	30	20.0	20.0	6.0	4.1	4.1	8
Freizeit	7.00	41%				20.0	20.0	6.0	0.0	9.6	10
Geschäft	1.50	60%				20.0	20.0	6.0	0.0	3.0	3
Pendler	5.90	35%				2.3	2.3		0.0	4.7	5
Frankreich	29.50								4	36	40
Einkauf	5.20	27%	10%	0.52	30	20.0	20.0	6.0	4.1	4.1	8
Freizeit	11.20	42%				20.0	20.0	6.0	0.0	15.5	16
Geschäft	2.00	60%				20.0	20.0	6.0	0.0	4.0	4
Pendler	10.70	50%				2.3	2.3		0.0	12.2	12
Österreich	7.00								1	9	10
Einkauf	1.00	29%	10%	0.10	30	20.0	20.0	6.0	0.9	0.9	2
Freizeit	3.00	43%				20.0	20.0	6.0	0.0	4.3	4
Geschäft	1.00	63%				20.0	20.0	6.0	0.0	2.1	2
Pendler	1.90	46%				2.3	2.3		0.0	2.0	2
Total	83.00					1.2	1.2		13	89	103

Abbildung 10-20: Diesel-Tanktourismus der Inländer über Fahrten im Ausland: Preis Ausland 15 Rp./Liter höher als Preis Schweiz

Fahrten von Inländer ins Ausland	Mio PW-Fahrten /Jahr	Benzinfahrten	reiner Tanktourist		(Mio. Fahrten/Jahr)	Mitnehmer- Tanktourist	getankte Menge pro Fahrt Mitnehmer- Tanktourist [Liter]	getankte Menge pro Fahrt Mitnehmer- Tanktourist [Liter]	reine Tanktouristen [Mio. Liter]	Mitnehmer- Tanktourist [Mio. Liter]	Tanktourismus [Mio Liter]
			Anteil	[Anteil]							
Deutschland											
Einkauf	19.00		17%	0%	0.00	100%	30	1.4	0	19	19
Freizeit	9.30		30%			100%		7.0	0.0	2.2	2
Geschäft	6.30		50%			100%		3.5	0.0	13.4	13
Pendler	1.25		31%			100%		2.3	0.0	2.2	2
	2.00								0.0	1.4	1
Italien											
Einkauf	5.50		27%	0%	0.00	100%	30	1.4	0	10	10
Freizeit	1.75		41%			100%		7.0	0.0	0.7	1
Geschäft	2.75		60%			100%		3.5	0.0	7.9	8
Pendler	0.20		35%			100%		2.3	0.0	0.4	0
	0.75								0.0	0.6	1
Frankreich											
Einkauf	13.50		27%	0%	0.00	100%	30	1.4	0	25	25
Freizeit	4.30		42%			100%		7.0	0.0	1.6	2
Geschäft	6.30		60%			100%		3.5	0.0	18.4	18
Pendler	1.25		50%			100%		2.3	0.0	2.6	3
	2.00								0.0	2.3	2
Österreich											
Einkauf	4.00		29%	0%	0.00	100%	30	1.4	0	8	8
Freizeit	0.90		43%			100%		7.0	0.0	0.4	0
Geschäft	2.00		63%			100%		3.5	0.0	6.0	6
Pendler	0.80		46%			100%		2.3	0.0	1.8	2
	0.25								0.0	0.3	0
Total	42.00						1.5		0	62	62

Abbildung 10-21: Benzin-Tanktourismus der Inländer im Ausland: Preis Ausland 40 bis 50 Rp./Liter tiefer als Preis Schweiz

Fahrten von Inländer ins Ausland	Mio PW-Fahrten /Jahr (ohne reine Tanktour.)	Anteil Benzinfahrten	zusätzliche reine Tanktourist (Mio. Fahrten/Jahr)	Mitnehmer- Tanktourist	getankte Menge pro reiner Tanktourist [Liter]	getankte Menge pro Fahrer Mitnehmer- Tanktourist [Liter]	Betankung jede x-te Fahrer	Tanktouristen [Mio. Liter]	reine Tanktouristen [Mio. Liter]	Mitnehmer- Tanktourist [Mio. Liter]	Tanktourismus [Mio Liter]
Deutschland	19.00							126	88		214
	Einkauf	9.30	83%			30		20.0		51.6	177
	Freizeit	6.30	70%	5.04	100%			20.0	0.0	29.2	29
	Geschäft	1.25	50%		100%			20.0	0.0	4.2	4
Pendler	2.00	69%		100%			2.3	0.0	3.2	3	
Italien	5.50							5	21		26
	Einkauf	1.75	73%	0.23	100%	30		20.0	5.1	8.5	14
	Freizeit	2.75	59%		100%			20.0	0.0	10.8	11
	Geschäft	0.20	40%		100%			20.0	0.0	0.5	1
Pendler	0.75	65%		100%			2.3	0.0	1.1	1	
Frankreich	13.50							43	51		95
	Einkauf	4.30	73%	1.97	100%	30		20.0	43.4	21.0	64
	Freizeit	6.30	58%		100%			20.0	0.0	24.5	25
	Geschäft	1.25	40%		100%			20.0	0.0	3.3	3
Pendler	2.00	50%		100%			2.3	0.0	2.3	2	
Österreich	4.00							5	14		20
	Einkauf	0.90	71%	0.25	100%	30		20.0	5.4	4.3	10
	Freizeit	2.00	57%		100%			20.0	0.0	7.6	8
	Geschäft	0.80	37%		100%			20.0	0.0	2.0	2
Pendler	0.25	54%		100%			2.3	0.0	0.3	0	
Total	42.00					8.4		180	175		354

Abbildung 10-22: Benzin-Tanktourismus der Ausländer über Fahrten in der Schweiz: Preis Ausland 40 bis 50 Rp./Liter tiefer als Preis Schweiz

Fahrten von Ausländer in die Schweiz	Mio PW-Fahrten /Jahr	Anteil Benzinfahrten	reiner Tanktourist (Einkauf) [Anteil]	reiner Tanktourist (Mio. Fahrten/Jahr) [Anteil]	getankte Menge pro Fahrten reiner Tanktourist [Liter]	getankte Menge pro Fahrt Mitnehmer- Tanktourist [Liter]	reine Tanktouristen [Mio. Liter]	Mitnehmer- Tanktourist [Mio. Liter]	Tanktourismus [Mio Liter]
Deutschland	27.00								
Einkauf	8.50	83%	0%	0.00	30	1.4	0	74	74
Freizeit	10.40	70%				7.0	0.0	9.9	10
Geschäft	2.60	50%				3.5	0.0	50.7	51
Pendler	5.30	69%				2.3	0.0	4.6	5
Italien	19.50								
Einkauf	5.00	73%	0%	0.00	30	1.4	0	45	45
Freizeit	7.00	59%				7.0	0.0	5.1	5
Geschäft	1.50	40%				3.5	0.0	28.9	29
Pendler	5.90	65%				2.3	0.0	2.1	2
Frankreich	29.50								
Einkauf	5.20	73%	0%	0.00	30	1.4	0	66	66
Freizeit	11.20	58%				7.0	0.0	5.3	5
Geschäft	2.00	40%				3.5	0.0	45.7	46
Pendler	10.70	50%				2.3	0.0	2.8	3
Österreich	7.00								
Einkauf	1.00	71%	0%	0.00	30	1.4	0	17	17
Freizeit	3.00	57%				7.0	0.0	1.0	1
Geschäft	1.00	37%				3.5	0.0	12.0	12
Pendler	1.90	54%				2.3	0.0	1.3	1
Total	83.00				2.4		0	201	201

Abbildung 10-23: Diesel-Tanktourismus der Inländer im Ausland: Preis Ausland 15 Rp./Liter tiefer als Preis Schweiz

Fahrten von Inländer ins Ausland	Mio PW-Fahrten /Jahr (ohne reine Tanktour.)	Anteil Benzinfahrten	zusätzliche reine Tanktourist (Mio. Fahrten/Jahr)		Mitnehmer- Tanktourist [Liter]	Menge pro Fahrten Tanktourist [Liter]	getankte Menge pro Fahrt		Betankung jede x-te Fahrt	reine Tanktouristen [Mio. Liter]	Mitnehmer- Tanktourist [Mio. Liter]	Tanktourismus [Mio Liter]
			[Anteil]	Tanktourist			Mitnehmer- Tanktourist [Liter]	Mitnehmer- Tanktourist [Liter]				
Deutschland	19.00									8	15	24
	Einkauf	9.30	17%	1.68	100%	30	20.0	6.0	6.0	8.5	5.2	14
	Freizeit	6.30	30%		100%		20.0	6.0	6.0	0.0	6.4	6
	Geschäft	1.25	50%		100%		20.0	6.0	6.0	0.0	2.1	2
	Pendler	2.00	31%		100%		2.3			0.0	1.4	1
Italien	5.50									1	6	7
	Einkauf	1.75	27%	0.08	100%	30	20.0	6.0	6.0	0.6	1.6	2
	Freizeit	2.75	41%		100%		20.0	6.0	6.0	0.0	3.8	4
	Geschäft	0.20	60%		100%		20.0	6.0	6.0	0.0	0.4	0
	Pendler	0.75	35%		100%		2.3			0.0	0.6	1
Frankreich	13.50									5	17	23
	Einkauf	4.30	27%	0.66	100%	30	20.0	6.0	6.0	5.2	3.8	9
	Freizeit	6.30	42%		100%		20.0	6.0	6.0	0.0	8.7	9
	Geschäft	1.25	60%		100%		20.0	6.0	6.0	0.0	2.5	2
	Pendler	2.00	50%		100%		2.3			0.0	2.3	2
Österreich	4.00									1	6	6
	Einkauf	0.90	29%	0.08	100%	30	20.0	6.0	6.0	0.7	0.9	2
	Freizeit	2.00	43%		100%		20.0	6.0	6.0	0.0	2.9	3
	Geschäft	0.80	63%		100%		20.0	6.0	6.0	0.0	1.7	2
	Pendler	0.25	46%		100%		2.3			0.0	0.3	0
Total	42.00					1.4				15	44	60

Abbildung 10-24: Diesel-Tanktourismus der Ausländer über Fahrten in der Schweiz: Preis Ausland 15 Rp./Liter tiefer als Preis Schweiz

Fahrten von Ausländer in die Schweiz	Mio PW-Fahrten /Jahr	Anteil Benzinfahrten	reiner Tanktourist (Einkauf) [Anteil]	reiner Tanktourist (Mio. Fahrten/Jahr) [Anteil]	getankte Menge pro reiner Tanktourist [Liter]	getankte Menge pro Fahrer-Mitnehmer-Tanktourist [Liter]	reine Tanktouristen [Mio. Liter]	Mitnehmer-Tanktouristen [Mio. Liter]	Tanktourismus [Mio Liter]
Deutschland	27.00						0	32	32
Einkauf	8.50	17%	0%	0.00	30	1.4	0.0	2.0	2
Freizeit	10.40	30%				7.0	0.0	22.1	22
Geschäft	2.60	50%				3.5	0.0	4.5	5
Pendler	5.30	31%				2.3	0.0	3.7	4
Italien	19.50						0	30	30
Einkauf	5.00	27%	0%	0.00	30	1.4	0.0	1.9	2
Freizeit	7.00	41%				7.0	0.0	20.1	20
Geschäft	1.50	60%				3.5	0.0	3.1	3
Pendler	5.90	35%				2.3	0.0	4.7	5
Frankreich	29.50						0	51	51
Einkauf	5.20	27%	0%	0.00	30	1.4	0.0	1.9	2
Freizeit	11.20	42%				7.0	0.0	32.7	33
Geschäft	2.00	60%				3.5	0.0	4.2	4
Pendler	10.70	50%				2.3	0.0	12.2	12
Österreich	7.00						0	14	14
Einkauf	1.00	29%	0%	0.00	30	1.4	0.0	0.4	0
Freizeit	3.00	43%				7.0	0.0	9.0	9
Geschäft	1.00	63%				3.5	0.0	2.2	2
Pendler	1.90	46%				2.3	0.0	2.0	2
Total	83.00				1.5		0	127	127

Literaturverzeichnis

- Arvanitis S., Ley M., Wörter M. (2011)
„Cleantech“-Sektor: Abgrenzungen, Innovationsaktivitäten, Humankapitaleinsatz. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Bildung und Technologie.
- Böhringer C., Rutherford T.F., et al. (1997)
Volkswirtschaftliche Effekte einer Umstrukturierung des deutschen Steuersystems unter besonderer Berücksichtigung von Umweltsteuern. Bd. 37, IER-Forschungsberichte. Stuttgart.
- Bovenberg A. L., de Mooij, R. A. (1994)
Environmental Levies and Distortionary Taxation. The American Economic Review. 1994.
- Bovenberg A. L., van der Ploeg F. (1994a)
Consequences of Environmental Tax Reform for Involuntary Unemployment and Welfare. Mimeo, Center for Economic Research. Tilburg. 1994.
- Bovenberg A. L., van der Ploeg F. (1994b)
Tax Reform, Structural Unemployment and the Environment. Mimeo, Center for Economic Research. Tilburg. 1994.
- Bovenberg, A. L.; Goulder, L. H. (1994)
Integrating Environmental and Distortionary Taxes: General Equilibrium Analysis. Paper presented at the CEPR/IIS conference "Market Approaches to Environmental Protection". Stanford. 1994.
- Bucher Raphael (2011)
Swiss Post-Kyoto Climate Policy: The Role of Technological Change. Climate Economics at the NCCR Climate, Research Paper 2011/10. Bern.
- Bundesamt für Berufsbildung und Technologie (2011)
Masterplan Cleantech. Eine Strategie des Bundes für Ressourceneffizienz und erneuerbare Energien Stand: September 2011.
- Bundesamt für Energie (2013)
Gesamtenergiestatistik 2012. Bern.
- Diamond P. A., Mirrless, J. A. (1971)
Optimal Taxation and Public Production. American Economics Review. 1971.
- Dimaranan, B.V., McDougall, R.A. (2002)
Global Trade, Assistance, and Production: The GTAP 5 Data Base. Center for Global Trade Analysis, Purdue University.
- Econcept (2008)
Reduktion Treibhausgasemissionen: Gutachten Sekundärnutzen. Im Auftrag des Bundesamts für Umwelt. Zürich.

- Ecoplan (2006)
Zukunfts- und wachstumsorientiertes Steuersystem (ZUWACHS). Analyse der Effizienz-, Verteilungs- und Wachstumswirkungen einer Reform der indirekten Steuern in der Schweiz mit dem berechenbaren all-gemeinen Gleichgewichtsmodell SWISSOLG. Bericht im Auftrag der Eidgenössischen Steuerverwaltung. Bern.
- Ecoplan (2012a)
Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Energiestrategie 2050. Im Auftrag des Bundesamts für Energie. Bern.
- Ecoplan (2012b)
Volkswirtschaftliche Auswirkungen einer ökologischen Steuerreform. Bern.
- Ecoplan, Ernst Basler+Partner (2013)
Volkswirtschaftliche Massnahmenanalyse zur Energiestrategie 2050. 2. Phase der vertieften Regulierungsfolgenabschätzung zu den Massnahmen KEV, Stromeffizienzziele, Wettbewerbliche Ausschreibungen und Grossverbraucher. Bern und Zürich.
- Ecoplan, infras (2014)
Externe Effekte des Verkehrs 2010. Monetarisierung von Umwelt-, Unfall- und Gesundheitseffekten. Studie im Auftrag des Bundesamts für Raumentwicklung. Bern und Zürich.
- Evers M., De Mooij R., Van Vuuren D. (2008)
The Wage Elasticity of Labour Supply: A Synthesis of Empirical Estimates. *De Economist* 156, No. 1, 25–43.
- Gerfin M. (1993)
A Simultaneous Discrete Choice Model of Labor Supply and Wages for Married Women in Switzerland. *Empirical Economics* (1993) 18:337-356.
- Grubler, Arnulf; Nakicenovic, Nebojsa (1997)
Decarbonizing the Global Energy System. *Technological Forecasting and Social Change*, vol 53 1996:97- 110.
- Hogan, William; Jorgenson Dale (1992)
Productivity Trends and the Cost of Reducing CO₂ Emissions. *The Energy Journal*. 12, 67-85.
- Infras, CEPE (2010)
Tanktourismus. Studie im Auftrag des Bundesamts für Energie. Zürich.
- Jorgenson D. W., Wilcoxon P. J. (1993)
Reducing US Carbon Emissions: An Econometric General Equilibrium Assessment. *Resource and Energy Economics*, Vol. 15. 1993.
- Koetse Mark J, de Groot Henri L.F., Florax Raymond J.G.M. (2006)
Capital-Energy Substitution and Shifts in Factor Demand: A Meta-Analysis, Tinbergen Institute Discussion Paper, TI 2006-061/3
- Löschel Andreas (2001)
Technological change in economic models of environmental policy: a survey. *ZEW Discussion Papers*, No. 01-62.

- Luciuk Dean Richard (1999)
The Price-Independent Trend in Energy Efficiency in Canada and the Potential Influence of Non-Price Policies. Simon Fraser University.
- Manne, Alan; Richels, Richard. (1994)
The Costs of Stabilizing Global CO₂ Emissions: A probabilistic Analysis Based of Expert Judgements. The Energy Journal, 15, 1994: 31-55.
- Mohler L., Müller D. (2012)
Substitution Elasticities in Swiss Manufacturing. Studie im Auftrag des Bundesamts für Energie.
- Nystrom, Ingrid (1997)
Improving the specification of the energy-economy link for a systems engineering model. Chalmers University of Technology, Goteborg Sweden. ISSN 1103-4513, December 1995.
- OECD (2006)
The Political Economy of Environmentally Related Taxes. Paris.
- OECD (2010)
Taxation, Innovation and the Environment. Paris.
- OECD (2011a)
Environmental Taxation. A Guide for Policy Makers.
- OECD (2011b)
Taxation, Innovation and the Environment: A Policy Brief.
- Ostertag K., et al (2011)
Optimierung der Wertschöpfungskette ForschungInnovation-Markt im Cleantech-Bereich. Bericht des Fraunhofer ISI im Auftrag des Eidgenössischen Volkswirtschaftsdepartement und des UVEK.
- Pearce D. W. (1991)
The Role of Carbon Taxes in Adjusting to Global Warming. Economic Journal, Vol. 101. 1991.
- prognos (2012)
Die Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Energie (BFE).
- Repetto R., Dower R. C., Jenkins R., Geoghegan J. (1992)
Green Fees: How a Tax Shift Can Work for the Environment and the Economy. World Resources Institute. 1992.
- Saito M. (2004)
Armington Elasticities in Intermediate Inputs Trade: A Problem in Using Multilateral Trade Data. IMF Working Paper.

- Simmons-Süer Banu, Atukeren Erdal, Busch Christian (2011)
Elastizitäten und Substitutionsmöglichkeiten der Elektrizitätsnachfrage. Literaturübersicht mit besonderem Fokus auf den Schweizer Strommarkt.
- Stiglitz J. E., Dasgupta P. (1971)
Differential Taxation, Public Goods and Economic Efficiency. Review of Economic Studies. 1971.
- Welsch H. (2008)
Armington elasticities for energy policy modeling: Evidence from four European countries. Energy Economics, Volume 30, Issue 5, September 2008, Pages 2252–2264.
- Williams, Robert (1990)
Low Cost Strategies for Coping with CO₂ Emission Limits. The Energy Journal, 11, 1990.