



KURZBERICHT – 16.06.2017

Wirkungsabschätzung zur CO₂-Abgabe

Aktualisierung bis 2015

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt

Impressum

Auftraggeber: Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Abteilung Klima
CH-3003 Bern

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Auftragnehmer: Ecoplan

Autor/Autorin: André Müller, Tobias Schoch, Ecoplan

Begleitung seitens Auftraggeber

Roger Ramer (Leitung)
Silvan Aerni
Reto Burkard
Simone von Felten Küttel

Hinweis: Dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

ECOPLAN AG

Forschung und Beratung
in Wirtschaft und Politik

www.ecoplan.ch

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

Schützengasse 1
Postfach
CH - 6460 Altdorf
Tel +41 41 870 90 60
altdorf@ecoplan.ch

Inhaltsverzeichnis

	Das Wichtigste in Kürze	1
1	Einleitung	3
2	Wirkung der CO₂-Abgabe im ökonometrischen Modell	7
2.1	Wirkungsmechanismen und Untersuchungsdesign.....	7
2.2	Methodik – ökonometrisches Modell.....	10
2.3	Resultate der Wirkungsschätzung	12
3	Wirkungsbeitrag anderer Massnahmen.....	18
3.1	Abgrenzungs- und Zuweisungsproblematik.....	18
3.2	Zielvereinbarungen	22
3.3	Gebäudeprogramm	25
3.4	Kompensation von CO ₂ -Emissionen.....	26
3.5	Zusammenfassung - Wirkungsbeitrag anderer Massnahmen.....	27
4	Wirkungsvergleich mit einem alternativen Modellansatz	29
5	Schlussfolgerungen.....	31
	Anhang: Modellschätzungen	33
	Literaturverzeichnis	38

Das Wichtigste in Kürze

Die CO₂-Abgabe – ein Instrument der Klima- und Energiepolitik seit 2008

Seit dem 1.1.2008 wird auf fossilen Brennstoffen wie Öl und Erdgas die CO₂-Abgabe erhoben. Diese Lenkungsabgabe soll einen Beitrag zur Reduktion der CO₂-Emissionen im Rahmen des CO₂-Gesetzes leisten. Die Abgabe verteuert die fossilen Energieträger (insbesondere Öl und Erdgas) im Vergleich zu den nicht belasteten Energieträgern (bspw. erneuerbare Energien). Mit dem Eingriff ins Preisgefüge sollen finanzielle Anreize geschaffen werden, um Haushalte und Unternehmen zu einem Wechsel von fossilen, CO₂-intensiven Energieträgern (bspw. Heizöl) zu CO₂-armen bzw. -freien Alternativen oder einem sparsameren Energieverbrauch (bspw. mit Gebäudedämmung) zu motivieren. Die mit der Abgabe erzielten Einnahmen werden zu einem grossen Teil an die Schweizer Bevölkerung und die Unternehmen zurückverteilt.

Fragestellung und Ziel der Aktualisierungsstudie

Die Grundlagenstudie¹ aus dem Jahr 2015 hat – mit den empirischen Daten bis zum Jahr 2013 – aufgezeigt, dass die CO₂-Abgabe ein wirksames umweltpolitisches Instrument zur Reduktion der CO₂-Emissionen ist. Gegenstand der vorliegenden Aktualisierungsstudie ist es, den Analysehorizont mit den aktuell verfügbaren Daten bis und mit dem Jahr 2015 zu erweitern. Somit fällt auch die Abgabenerhöhung von 36 auf 60 CHF/t CO₂ per 1.1.2014 in den Untersuchungszeitraum. Weiter wird in der vorliegenden Aktualisierungsstudie eine Abschätzung des Wirkungsbeitrags weiterer Instrumente vorgenommen. Damit konnte die CO₂-Abgabe-Wirkung präziser ermittelt werden.

Grundsätzlich bestätigt die vorliegende Aktualisierung die Resultate der Grundlagenstudie. Die wichtigsten Erkenntnisse sind:

Die CO₂-Abgabe zeigt Wirkung

Die CO₂-Abgabe hat seit ihrer Einführung im Jahr 2008 zu Reduktionen der CO₂-Emissionen in den Sektoren Wirtschaft (Industrie und Dienstleistungen) und Haushalte geführt. Der berechnete Gesamteffekt beläuft sich kumuliert bis zum Jahr 2015 auf 4.1 bis 6.9 Mio. Tonnen CO₂ oder im Jahr 2015 auf 0.8 bis 1.3 Mio. Tonnen CO₂. Gemessen an den für die CO₂-Abgabe relevanten CO₂-Emissionen im Brennstoffbereich von rund 17 Mio. Tonnen CO₂ im Jahr 2015, konnte die CO₂-Abgabe die CO₂-Emissionen bei den Brennstoffen um 4.3% bis 7.1% reduzieren.

Die CO₂-Abgabe zeigt deutlich höhere Wirkung als andere Instrumente

Andere Instrumente, welche im Zeitraum 2008 bis 2015 ebenfalls stark ausgebaut wurden, zeigen ebenfalls Wirkung. Allerdings zeigt die CO₂-Abgabe im Jahr 2015 eine zwei- bis dreimal

¹ Ecoplan, EPFL und FHNW (2015): Wirkungsabschätzung der CO₂-Abgabe. Studie im Auftrag des Bundesamts für Umwelt, Bern.

so hohe CO₂-Reduktionswirkung wie das Gebäudeprogramm und die Zielvereinbarungen zusammen.

Die CO₂-Abgabe bringt kurz- bis mittelfristig eine Substitution weg vom Heizöl

Die Reduktionswirkung ist auf Substitutionseffekte zurückzuführen: Haushalte und Unternehmen wechseln angesichts der abgabebedingten Preiserhöhung bei den fossilen Energieträgern zu weniger CO₂-intensiven bzw. CO₂-freien Energieträgern. Dieser Effekt ist bei den Haushalten besonders deutlich sichtbar: Der Marktanteil von Heizöl sinkt zugunsten von Erdgas und den alternativen Energiequellen stetig. Das Substitutionspotenzial ist in der Wirtschaft weniger gross als bei den Haushalten, da die Wirtschaft schon vor der Einführung der CO₂-Abgabe bereits stark auf Erdgas gesetzt hat und die Nutzung von Umgebungswärme mittels Wärmepumpe vor allem im Haushaltbereich Verbreitung findet.

Angekündigte CO₂-Abgabe zeigt sofort Wirkung

Die Wirkung der CO₂-Abgabe setzt – wenn auch auf sehr tiefem Niveau – bereits in den Jahren 2006 und 2007 ein, also vor der eigentlichen Einführung per 1.1.2008. Das heisst, dass die Abgabe von den Haushalten und Unternehmen antizipiert wurde. Damit unterscheidet sich eine CO₂-Abgabe auch von schwer vorhersehbaren Weltmarktpreisschwankungen. Im Voraus kommunizierte Schritte zur Erhöhung der CO₂-Abgabe und die Einschätzungen zur längerfristigen Entwicklung CO₂-Abgabehöhe zeigen präventiv Wirkung und geben Anreize für vorgezogene auf CO₂-Effizienz ausgerichtete Investitionsentscheidungen der Unternehmen und Haushalte.

Steigende CO₂-Abgabe bringt mehr CO₂-Reduktion

Bei der Einführung der CO₂-Abgabe per 1.1.2008 betrug der Abgabesatz 12 CHF/t CO₂. Dieser Abgabesatz war im Vergleich zum Konsumentenpreis für Heizöl und Erdgas vergleichsweise gering (weniger als 4% des Konsumentenpreises für Heizöl bzw. Erdgas). Im Untersuchungszeitraum wurde der Abgabesatz zweimal erhöht: Per 1.1.2010 auf 36 CHF/t CO₂ und per 1.1.2014 auf 60 CHF/t CO₂. Die Erhöhungen per 1.1.2010 und per 1.1.2014 haben den Substitutionseffekt zugunsten CO₂-armer bzw. CO₂-freier Energieträger verstärkt. Die mit der Erhöhung der Abgabe stetig verstärkte Zunahme der CO₂-Reduktionswirkung lässt darauf schliessen, dass auch mit weiteren Erhöhungen massgebliche zusätzliche CO₂-Reduktionen erzielt werden können. Die Unternehmen und Haushalte dürften also auch bei weiteren abgabebedingten Energiepreiserhöhungen flexibel reagieren können. Die empirischen Resultate zeigen noch keine sich erschöpfenden CO₂-Reduktionspotenziale (keine stark steigenden Grenzkosten der CO₂-Minderung).

1 Einleitung

Ausgangslage

Die Schweiz hat sich mit dem CO₂-Gesetz² verpflichtet, die Treibhausgasemissionen im Inland bis zum Jahr 2020 gesamthaft um 20% unter das Niveau von 1990 zu senken. Einen wichtigen Beitrag zur Erreichung des Reduktionsziels soll die CO₂-Abgabe leisten. Die CO₂-Abgabe wird seit 2008 auf fossilen Brennstoffen erhoben und soll im Gebäudebereich und in der Industrie Anreize zur Senkung der Emissionen schaffen.

Bei der Einführung der Abgabe betrug der Abgabesatz 12 CHF/t CO₂. Seitdem wurde der Abgabesatz dreimal erhöht: Per 1.1.2010 auf 36 CHF/t CO₂, per 1.1.2014 auf 60 CHF/t CO₂ und per 1.1.2016 auf den aktuell gültigen Wert von 84 CHF/t CO₂. Der letzte Erhöhungsschritt ist in dieser Untersuchung noch nicht berücksichtigt. Abbildung 1-1 zeigt, dass der Anteil der Abgabe (exkl. MWST) im Jahr 2015 beim Heizöl 21% und beim Erdgas bei 12% des Endkonsumentenpreises beträgt.

Abbildung 1-1: Abgabesatz der CO₂-Abgabe pro Tonne CO₂, 2008 bis 2015

		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
CO₂-Abgabe	CHF/t CO ₂	12	12	36	36	36	36	60	60
Heizöl									
CO ₂ -Abgabe	CHF/100Liter	3.2	3.2	9.5	9.5	9.5	9.5	15.9	15.9
Endkonsumentenpreis ¹⁾	CHF/100Liter	109.8	69.34	85.41	97.78	104.4	101.1	99.66	75.58
CO ₂ -Abgabe in % Endkonsumentenpreis		2.9%	4.6%	11.2%	9.8%	9.1%	9.4%	16.0%	21.0%
Erdgas									
CO ₂ -Abgabe	Rp./kWh	0.24	0.24	0.71	0.71	0.71	0.71	1.19	1.19
Endkonsumentenpreis ²⁾	Rp./kWh	10.21	9.65	9.11	9.51	10.05	10.12	10.38	9.86
CO ₂ -Abgabe in % Endkonsumentenpreis		2.3%	2.5%	7.8%	7.5%	7.1%	7.0%	11.4%	12.0%

¹⁾ Kategorie 3001 bis 6000 Liter, ²⁾ Typ II (Jahresverbrauch: 20'000 kWh)

Quelle: Gesamtenergiestatistik (Bundesamt für Energie, 2017), Tab. 37; reale Preise, Basis 2010

Grundzüge der CO₂-Abgabe

Der Einsatz der CO₂-Abgabe bezweckt kein fiskalisches Ziel, sondern zielt auf die Verhaltenslenkung der Wirtschaftssubjekte. Da die Abgabe nur auf den fossilen Brennstoffen (Heizöl, Erdgas usw.)³ erhoben wird, führt sie zu einer relativen Verteuerung dieser Energieträger im Vergleich zu den nicht von der Abgabe betroffenen Energiequellen (bspw. erneuerbare Ener-

² SR 641.71 Bundesgesetz vom 23. Dezember 2011 über die Reduktion der CO₂-Emissionen.

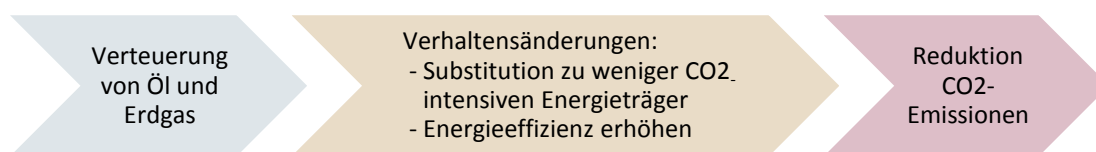
³ Die hinsichtlich der emittierten Menge an CO₂ wichtigsten fossilen Brennstoffe sind Heizöl und Erdgas. Die CO₂-Abgabe wird jedoch auch auf Stein- und Braunkohle und Ölen aus bituminösen Mineralien erhoben. Eine vollständige Übersicht zu den von der CO₂-Abgabe betroffenen Brennstoffen findet sich in der Verordnung über die Reduktion der CO₂-Emissionen (Anhang 11; SR 641.711).

gien). Die Verteuerung der fossilen Energien soll deshalb Haushalte und Industrie zum Ausweichen auf Alternativen oder zu einem sparsameren Verbrauch motivieren. Insofern werden die Wirtschaftssubjekte versuchen, von CO₂-intensiven Energieträgern (bspw. Heizöl) zu weniger CO₂-intensiven Energieträgern (bspw. Erdgas, Holz oder andere Erneuerbare) zu wechseln (Substitution) und allenfalls mit einem effizienteren Energieeinsatz (bspw. mit Gebäudedämmung oder einer effizienteren Heizung) oder einer Änderung des Verhaltens (bspw. Senkung der Raumtemperatur) reagieren. Ein Drittel der mit der Abgabe erzielten Einnahmen (aktuell max. 300 Mio. CHF, ab 1.1.2018 max. 450 Mio. CHF) fliesst in das Gebäudeprogramm, mit dem Bund und Kantone energetische Sanierungen unterstützen. Zusätzliche 25 Mio. CHF gelangen in den Technologiefonds zur Förderung emissionsarmer und ressourcenschonender Technologien. Die restlichen Einnahmen werden an alle in der Schweiz wohnhaften Personen (pro-Kopf) und die Unternehmen (proportional zur Lohnsumme) zurückverteilt.

Ziel ist die Wirkungsabschätzung der CO₂-Abgabe

Artikel 40 des CO₂-Gesetzes sieht vor, dass die einzelnen Instrumente des CO₂-Gesetzes regelmässig auf ihre Wirksamkeit überprüft werden. Gegenstand dieser Untersuchung ist eine Wirkungsabschätzung der CO₂-Abgabe. Die Wirkung der CO₂-Abgabe wird anhand der tatsächlich erzielten Reduktion der CO₂-Emissionen beurteilt.

Abbildung 1-2: Wirkungsmodell



Bei regulativen, umweltpolitischen Instrumenten, welche einen expliziten Standard verordnen, kann die Wirkungsanalyse auf einen Vergleich der Emissionen vor und nach der Einführung der Massnahme abstellen. Jedoch werden die Emissionsminderungen von Standards bei Ex-post-Evaluationen selbst unter Berücksichtigung des Mitnahmeeffekts häufig überschätzt, da bspw. Rebound-Effekte⁴ meist nicht berücksichtigt werden. Dieses Vorgehen ist bei der Beurteilung der CO₂-Abgabe nicht möglich, weil die Lenkungsabgabe kein direktes Reduktions- bzw. Belastungsziel vorgibt. Ob und wie gut eine Lenkungsabgabe wirkt, hängt von der Höhe des Abgabesatzes, dem Preisgefüge im Markt, der Verfügbarkeit von Substituten und dem Verhalten der Wirtschaftssubjekte ab. Bei zu tiefem Abgabesatz erfüllt das Instrument seine Lenkungsfunction nicht, da die Individuen aufgrund ungenügender finanzieller Anreize zu keiner Verhaltensänderung bewegt werden können. Um die Wirksamkeit der CO₂-Abgabe zu be-

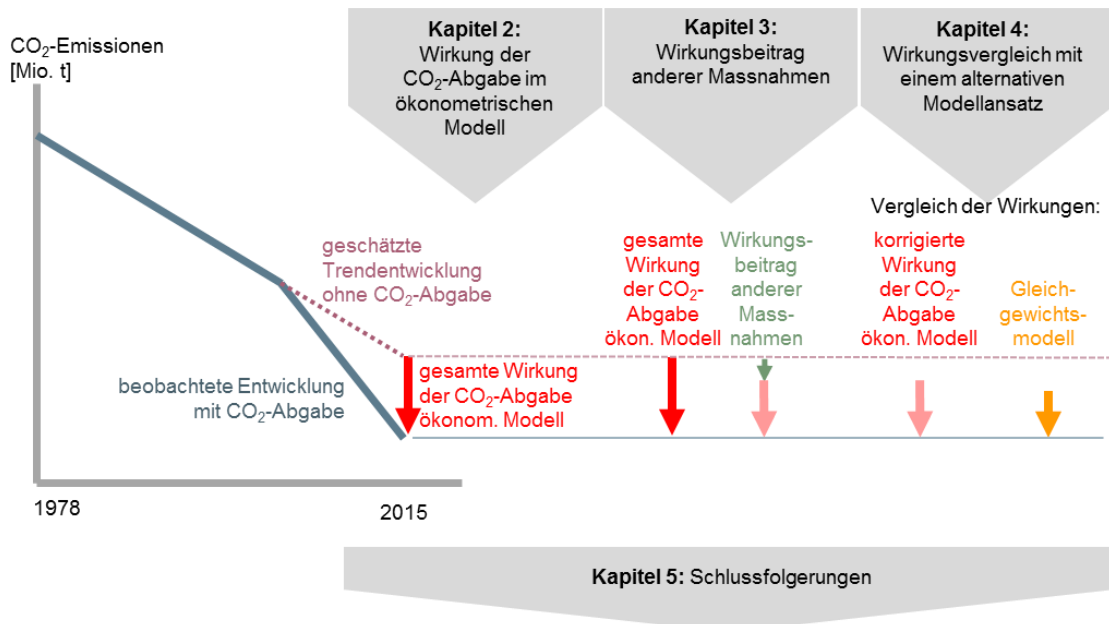
⁴ Zu den Rebound-Effekten: Die höhere Energieeffizienz senkt die Produktionskosten von gewissen Gütern und die Nutzung von anderen (bspw. geringere Ausgaben für die Beheizung von Gebäuden). Diese eingesparten finanziellen Mittel werden von den Haushalten / Unternehmen anderweitig eingesetzt, was dort allerdings zu mehr Energieverbrauch führen kann. Zudem werden bei tieferen Nutzungskosten die energieeffizienteren Güter mehr gebraucht (bspw. grössere Wohnungen, höhere Raumtemperaturen, usw.). Durch all diese Anpassungen geht ein Teil der möglichen Energieeinsparungen verloren.

urteilen, muss deshalb in einem ersten Schritt untersucht werden, ob die Verteuerung der fossilen Energieträger infolge der Abgabe zu wesentlichen Verhaltensänderungen bei den Haushalten und Unternehmen geführt hat. Als Verhaltensänderungen werden in diesem Kontext Veränderungen bei der Energienachfrage betrachtet, d.h. ob die Wirtschaftssubjekte zugunsten weniger CO₂-intensiven Energieträger substituieren, die Energieeffizienz erhöhen und allenfalls ihren Energiebedarf reduzieren. Aus dem veränderten Verhalten bzw. den Veränderungen bei der Energienachfrage kann berechnet werden, in welchem Ausmass die Menge an CO₂-Emissionen reduziert wurde. Anhand dieser Berechnungen kann festgestellt werden, ob bzw. in welchem Ausmass die CO₂-Abgabe wirkt.

Vorgehen und Struktur des Berichts

Bei der Beurteilung der Änderungen im Verhalten der Wirtschaftsakteure, die auf die Einführung der CO₂-Abgabe zurückzuführen sind, rückt folgende Frage in den Vordergrund: Wie *hätte* sich die Energienachfrage *ohne* die CO₂-Abgabe entwickelt? Diese Frage lässt sich auf der Basis von empirischen Daten allein nicht beurteilen. Zur „Messung“ der Verhaltensänderung ist daher der *Einsatz von Modellen erforderlich*, welche die Energienachfrage bzw. die CO₂-Emissionen für eine mittels Modell geschätzte Trendentwicklung «ohne CO₂-Abgabe» beschreiben. Die ex post Wirkungsanalyse ist modellgestützt und beruht auf einer Zeitreihenanalyse zur Energienachfrage in den Sektoren Haushalte und Wirtschaft. Die grundsätzlichen Wirkungsmechanismen und die mit dem ökonometrischen Modell geschätzte gesamte Wirkung der CO₂-Abgabe werden im *Kapitel 2* vorgestellt.

Abbildung 1-3: Vorgehen und Struktur des Berichts



Die CO₂-Abgabe ist nicht die einzige Massnahme, welche die CO₂-Emissionen im Bereich der fossilen Brennstoffe reduzieren hilft. Beobachtbar ist die Entwicklung der CO₂-Emissionen im abgaberelevanten Bereich der fossilen Brennstoffe. Aus der Differenz zwischen der beobachteten Entwicklung der CO₂-Emissionen und einer modellgestützten Schätzung zur Trendentwicklung der CO₂-Emissionen kann die Wirkung der CO₂-Abgabe geschätzt werden. Allerdings überlagern sich die modellgestützte Abschätzung der Wirkung der CO₂-Abgabe mit der Wirkung anderer Instrumente und Massnahmen. Bei dieser modellgestützten Schätzung zur ex post Wirkung der CO₂-Abgabe gibt es daher Abgrenzungsprobleme mit anderen energie- und klimapolitischen Instrumenten bzw. Massnahmen. Welchen Wirkungsbeitrag andere Massnahmen in der Periode bis 2015 leisteten und wie diese zur modellgestützt berechneten CO₂-Wirkung der CO₂-Abgabe steht, wird im *Kapitel 3* dargelegt.

Im Bericht Ecoplan, EPFL und FHNW (2015) wurde die Wirkung der CO₂-Abgabe nicht nur mit einem ökonometrischen Modell, sondern auch mit einem sogenannten berechenbaren allgemeinen Gleichgewichtsmodell berechnet. Im Kapitel 4 wird die Schätzung der Wirkung der CO₂-Abgabe aus den beiden Modellen – dem vorliegenden ökonometrischen Modell und dem Gleichgewichtsmodell – miteinander verglichen.

Kapitel 5 enthält die Schlussfolgerungen und wichtigsten Erkenntnisse aus dieser Wirkungsabschätzung der CO₂-Abgabe.

2 Wirkung der CO₂-Abgabe im ökonomischen Modell

2.1 Wirkungsmechanismen und Untersuchungsdesign

Wirkung der CO₂-Abgabe nicht direkt beobachtbar

Wie bereits ausgeführt, bezweckt die CO₂-Abgabe kein fiskalisches Ziel, sondern zielt auf die Verhaltenslenkung der Wirtschaftssubjekte. Die Abgabe ist ein staatlicher Preiseingriff, um die fossilen Brennstoffe im Vergleich zu den übrigen Energieträgern zu verteuern. Mit dem Eingriff ins Preisgefüge wird eine Anpassung beim Preiskalkül der Wirtschaftssubjekte beabsichtigt, die ihrerseits zu Verhaltensänderungen und damit zu einer Veränderung der Energienachfrage und der CO₂-Emissionen führt. Die Wirkung der CO₂-Abgabe ist nicht direkt beobachtbar. Beispielsweise kann sie nicht wie bei der Vorgabe eines Standards die Emissionsminderung mehr oder weniger direkt über die Anzahl installierter Geräte bestimmt werden. Die CO₂-Abgabe soll über Preissignale das Verhalten beeinflussen und wirkt somit indirekt und viel breiter als spezifische Standards oder Subventionen. Ob und wie gut die CO₂-Abgabe wirkt, hängt somit wesentlich vom Verhalten der Wirtschaftssubjekte ab. Die Verhaltensänderungen der Wirtschaftssubjekte können aber nicht beobachtet werden und nicht automatisch direkt bzw. ursächlich der CO₂-Abgabe zugeschrieben werden.

Indirekte Wirkungsmessung

Das Untersuchungsdesign muss daher diesem indirekt ausgelegten Wirkungszusammenhang der CO₂-Abgabe Rechnung tragen. Gut beobachtbar sind die Veränderungen in der Energienachfrage und die Energiepreise. Wir konzentrieren uns bei der Wirkungsabschätzung auf die Veränderung der Energienachfrage, welche sich aus der Verteuerung der fossilen Energieträger infolge der CO₂-Abgabe ergeben. Die Wirkung auf die CO₂-Emissionen lässt sich dann anhand spezifischer CO₂-Emissionsfaktoren, die für Heizöl, Erdgas und weitere Energieträger selbstverständlich unterschiedlich sind, einfach berechnen (vgl. nachfolgenden Exkurs zu den verwendeten Daten).

Exkurs: Verwendete Zeitreihendaten

Energieverbräuche aus der Gesamtenergiestatistik

In der Gesamtenergiestatistik des Bundesamts stehen Datenreihen zum Energieverbrauch für die beiden Sektoren «Haushalte» und «Wirtschaft» (Industrie, Dienstleistungen, Landwirtschaft) für die Beobachtungsperiode 1978 bis 2015 zur Verfügung.⁵ Für die Untersuchung werden die Zeitreihendaten zum Energieverbrauch für die Jahre 1978 bis 2015 aufgeschlüsselt nach den wichtigsten Energieträgern Heizöl,

⁵ Eine detailliertere Aufschlüsselung dieser Sektordaten (d.h. eine Aufteilung des Sektors „Dienstleistungen und Industrie“ in seine Bestandteile) ist erst ab dem Jahr 1990 in den Statistiken erhältlich. Das verwendete ökonomische Modell ist auf eine längere Zeitreihe angewiesen, so dass nur Aussagen für die beiden Sektoren «Haushalte» und «Wirtschaft» möglich sind.

Erdgas, Elektrizität und Restenergie. Als Restenergie werden die CO₂-freien oder CO₂-armen Energieträger Holz, Fernwärme und übrige Erneuerbare subsumiert. Die übrigen Erneuerbaren umfassen Sonne, Wind, Biogas und Umweltwärme aus Wärmepumpen.⁶

CO₂-Emissionen aus den Energieverbräuchen berechnet

Mit dem ökonometrischen Modell werden die Wirkungen der CO₂-Abgabe auf die Energieverbräuche geschätzt. Die CO₂-Emissionen berechnen sich mit Hilfe von spezifischen CO₂-Emissionfaktoren aus dem Energieverbrauch. In den so berechneten CO₂-Emissionen sind im Sektor «Wirtschaft» ein Grossteil der Prozessemissionen und auch alle anderen nicht brennstoffbedingten CO₂-Emissionen, wie bspw. die geogenen CO₂-Emissionen der Zementindustrie, nicht enthalten. Die CO₂-Emissionen der von der CO₂-Abgabe befreiten Unternehmen im Emissionshandelsystem sind somit nur zu einem kleineren Teil in der verwendeten Datenreihe enthalten. Die verwendeten Datenreihen umfassen insgesamt rund 98% der CO₂-Abgabe-relevanten CO₂-Emissionen gemäss offizieller CO₂-Statistik des BAFU⁷.

Preisdaten aus der Gesamtenergiestatistik

Für alle vier aufgeführten Energieträger werden auch Preisdaten benötigt. Diese Daten stammen ebenfalls aus der Gesamtenergiestatistik. Es handelt sich dabei um die realen Energiepreise zum Basisjahr 1990 für Produzenten und Importeure (Sektor «Wirtschaft») bzw. Konsumenten (Sektor «Haushalte»).

Für weitere Details zu den für das ökonometrische Modell benutzten Daten bzw. der Datenbereitung wird auf den Bericht Ecoplan, EPFL, FHNW (2015) verwiesen.

Kurz- und längerfristige Reaktion

Durch die CO₂-Abgabe werden die fossilen Energieträger Heizöl und Erdgas, im Vergleich zu den übrigen Energieträgern verteuert. In diesem Kontext sehen sich die Wirtschaftsakteure den folgenden (idealtypischen) Reaktionsmöglichkeiten gegenüber:

- *Energiekosten-Optimierung bei den laufenden Ausgaben:* Die Beheizung der Gebäude und energieintensive industrielle Prozesse werden teurer. Haushalte und Unternehmen versuchen, diesen zusätzlichen Kosten auszuweichen, indem sie Energie effizienter nutzen, sparen oder auf andere, weniger oder gar nicht abgabebelastete Energieträger ausweichen. Die Energiekosteneinsparung kann bspw. durch die Senkung der Raumtemperatur, gezieltes Lüften usw. erreicht werden. Dieses Potenzial wäre zwar zeitlich relativ schnell umsetzbar, ist allerdings begrenzt, da der Energiekonsum bspw. stark von der energetischen Qualität des Gebäudes bzw. des industriellen Prozesses abhängt. Auch fehlt häufig das Wissen, wie dieses kurzfristig nutzbare Potenzial bspw. durch Verhaltensänderungen genutzt werden kann.
- *Energiekosten-Optimierung bei der Infrastruktur:* Viele Gebäude und Prozesse sind nicht energieeffizient. Änderungen an der Gebäude- oder Prozessinfrastruktur sind in der Regel kostspielig. Die höheren Energiepreise alleine reichen meist nicht aus, um einen vorzeitigen Ersatz oder eine vorzeitige Erneuerung auszulösen. Höhere Energiepreise führen aber bei

⁶ Kohle, Koks sowie Müll und Industrieabfälle werden nicht miteinbezogen. Weiter wird auch auf einer Unterscheidung zwischen Heizöl EL, M und S verzichtet.

⁷ BAFU (2017), Emissionen von Treibhausgasen nach revidiertem CO₂-Gesetz und Kyoto-Protokoll, zweite Verpflichtungsperiode (2013-2020, Version April 2017), Tabelle 2.

- einem Ersatz oder einer Erneuerung zu einer energieeffizienteren Infrastruktur. Das Potenzial dieser Energiekosten-Optimierung ist sehr gross, ist aber nicht sofort umsetzbar, da es meist erst mit dem Ersatz bzw. Erneuerung der entsprechenden Infrastruktur rentabel wird.
- *Optimierung in den Vorleistungen und der Endnachfrage:* Die Besteuerung führt zu einer sinkenden Nachfrage nach energieintensiven Produkten und Dienstleistungen, weil diese teurer werden. Zudem kann die Belastung durch die CO₂-Abgabe, die ja nicht vollständig und für jeden Konsumenten und jede Unternehmung einkommensneutral rückverteilt wird, zu Veränderungen im Einkaufsverhalten führen, die auch energierelevant sind.
 - *Innovation:* Höhere Energiepreise signalisieren, dass mit energieeffizienten Geräten, Prozesse oder Infrastruktur Geld zu verdienen ist. Dies fördert die Innovation und der technische Fortschritt in Bezug auf die Energieeffizienz wird beschleunigt. Die Früchte dieser verstärkten Innovationstätigkeit können aber nicht sofort geerntet werden.

Die Reaktion der Wirtschaftssubjekte auf diese Preisänderungen unterscheidet sich nach Fristigkeit.

- **Kurzfristige Reaktion:** In der kurzen Frist ist die Nachfrage nach Energie – bei gegebener Infrastruktur bzw. Technologie – relativ stabil und kann nur in beschränktem Ausmass bspw. durch Verhaltensänderungen vermindert werden. Das Gleiche gilt auch für die Substitution zwischen einzelnen Energieträgern. Die Kosteneinsparungen, die ein Wechsel des Energieträgers mit sich bringen würde, wiegen die Netto-Investitionskosten in eine neue Anlage kurzfristig nicht auf.
- **Mittelfristige Reaktion:** In der mittleren Frist sieht die Reaktion angesichts veränderter (längerfristiger) Preiserwartungen mitunter ganz anders aus: Haushalte und Unternehmen haben einen finanziellen Anreiz, bspw. zu den vergleichsweise günstigeren, weniger CO₂-intensiven Energieträgern zu wechseln. Dieser Energieträgerwechsel, bspw. Gas- statt Ölheizung, ist kostengünstig und lässt sich relativ schnell umsetzen.
- **Längerfristige Reaktion:** Das volle Energieeffizienzpotenzial führt über einen Umbau unserer Infrastruktur und lässt sich erst längerfristig realisieren. Der beschleunigte technische Fortschritt wird helfen, die Kosten für den Umbau tiefer zu halten, braucht aber Zeit.

Die Unterscheidung zwischen kurz-, mittel- und längerfristigen Reaktionen ist idealtypisch, hängt vom Untersuchungsgegenstand ab und kann daher nicht trennscharf oder gar universell definiert werden.

Fristigkeit der zu erwartenden Wirkung der CO₂-Abgabe

Auch wenn die Wirtschaftsakteure wegen der Lenkungsabgaben andauernd höhere Energiepreise erwarten, wird ihr Energieverbrauch in der kurzen Frist von ein paar Monaten oder, je nach Verbrauchsbereich, Jahren nur soweit sinken, wie dies durch einfache Verhaltensänderungen und Optimierungsmassnahmen möglich ist. In der mittleren Frist sinkt ihr Energieverbrauch schon merklicher, weil sie in der Zwischenzeit energiesparende Ersatz-, Erneuerungs- oder gezielte Energiespar-Investitionen getätigt haben. Dies bedingt aber, dass die Lenkungsabgabe hoch genug ist und als dauerhaft angesehen wird, sonst werden keine zusätzlichen Kosten zugunsten energiesparender Investitionen in Kauf genommen. Andererseits können

angekündigte oder erwartete künftige Erhöhungen der Lenkungsabgabe schon mittelfristig Wirkung zeigen, wenn die Wirtschaftsakteure sie bei Ersatz- oder Erneuerungsmassnahmen schon einrechnen. Für die Einschätzung der kurz-, mittel- bis längerfristigen Reaktion spielt also sowohl die Höhe der aktuellen als auch die erwartete zukünftige Höhe der Lenkungsabgabe eine entscheidende Rolle.

Bei der CO₂-Abgabe auf den fossilen Brennstoffen sind die Abgabesätze (zumindest in den ersten paar Jahren) im betrachteten Zeitraum relativ gering, was dafürspricht, dass die Energienachfrage der Haushalte und Unternehmen in der kurzen Frist *typischerweise* unveränderlich ist (vgl. Abbildung 1-1 zu den Abgabesätzen). Man spricht in diesem Fall davon, dass die Energienachfrage hinsichtlich der Preise (kurzfristig) inelastisch ist. Die CO₂-Abgabe wird also – d.h. aus einer theoretischen Betrachtung – in der sehr kurzen Frist kaum grössere Einsparungen auslösen, da die kurzfristigen Reaktionsmöglichkeiten beschränkt sind und auch das Preissignal der CO₂-Abgabe zu tief ist. Kurz- bis mittelfristig ist aus der Energieträger-Substitution die grösste Wirkung zu erwarten. Das volle durch die CO₂-Abgabe ausgelöste Energieeffizienzpotenzial wird sich aber erst langfristig zeigen.

Preiserwartungen haben längerfristig einen grossen Effekt

Ob die CO₂-Abgabe wirksam ist oder nicht, kann erst aus einer längerfristigen Perspektive beurteilt werden. Selbst wenn der Abgabesatz relativ gering ist und die kurzfristige Reaktion der Wirtschaftsakteure entsprechend bescheiden ausfällt, kann daraus nicht abgeleitet werden, dass die CO₂-Abgabe unwirksam ist. Das Wirkungsmoment der Lenkungsabgabe entfaltet sich erst mit einer gewissen Verzögerung, nämlich dann, wenn die Haushalte und Unternehmen die Preissignale verwerten und ihr Verhalten entsprechend angepasst und/oder CO₂-senkende Investitionen ausgelöst haben. Das Untersuchungsdesign trägt diesem Faktum Rechnung und konzentriert sich nicht nur auf die unmittelbare Preisreaktion, sondern auch auf die mittel- bis längerfristigen Effekte.

2.2 Methodik – ökonometrisches Modell

Zeitreihenmodell

Der Zeitreihenansatz fusst auf einem ökonometrischen Zeitreihenanalysemodell zur Energienachfrage mit Daten aus der Gesamtenergiestatistik der Schweiz, 1978-2015. Der Ausgangspunkt ist ein Modell zum Produktionsverhalten. Hierzu wird unterstellt, dass die Produktion der Wirtschaft durch eine aggregierte Produktionsfunktion beschrieben werden kann. Sie beschreibt den Faktorenmix (Energieträger und nicht-energetische Faktoren, wie bspw. Arbeit und Kapital), der zu den Preisen und mit der verwendeten Technologie benötigt wird, um einen

bestimmten Wirtschaftsoutput zu erzielen. Die Produktionsfunktion umfasst in unserer Spezifikation die folgenden Energieträger (Inputfaktoren):⁸

- Heizöl (bzw. allgemeiner Erdölprodukte),
- Erdgas,
- Elektrizität und
- Restenergie (v.a. Holzenergie, Fernwärme und „übrige erneuerbare Energien“)

Aus der Produktionsfunktion können Gleichungen zu den (Kosten)-Anteilswerten an der Gesamtenergie für jeden einzelnen Energieträger hergeleitet werden. Daraus resultiert ein Gleichungssystem zu den Anteilswerten der Energieträger, das als *multivariates Zustandsraummodell* formuliert werden kann.⁹

Separate Modelle für Haushalte und Unternehmen

Für die beiden Sektoren Haushalte und Unternehmen werden separate Modelle geschätzt. Als Erklärungsfaktoren in den Modellen dienen die Preisdaten (Konsumenten- bzw. Produzentenpreise) zu jedem Energieträger. Überdies enthalten die Modelle eine Variable zur Witterungskorrektur (Heizgradtage). Die Nachfrage nach Energieträgern zeichnet sich im Gegensatz zum Konsum vieler anderer Güter (bspw. Äpfel) dadurch aus, dass der Besitz oder Konsum von Energie keinen unmittelbaren Nutzen stiftet. Erst im Zusammenhang mit der verfügbaren Technologie kann sie ihrem Zweck zugeführt werden (bspw. Beheizen von Gebäuden). Das Technologieniveau und der technologische Fortschritt sind deshalb zentrale Konzepte für die Nachfragemodellierung. Sie werden durch eine flexible Trendkomponente im Modell abgebildet.

Entwicklung «mit CO₂-Abgabe ab 2008» und Szenario «ohne CO₂-Abgabe ab 2008»

Der Vorzug der multivariaten Modellierung liegt darin, dass die Anteilswerte aller Energieträger gleichzeitig modelliert werden können. Insofern ermöglicht es diese Spezifikation, dass Substitutionseffekte zwischen einzelnen Energieträgern infolge von Preisänderungen (bspw. durch die CO₂-Abgabe) direkt untersucht werden können. Um die Verhaltensänderungen der Wirtschaftssubjekte auf die CO₂-Abgabe zu analysieren, wird ein hypothetisches Szenario «ohne CO₂-Abgabe ab 2008» simuliert. Dieses hypothetische Szenario entspricht der modellgeschätzten Trendentwicklung ohne CO₂-Abgabe. Anhand des Vergleichs der beobachteten Entwicklung «mit CO₂-Abgabe ab 2008» und dem Szenario «ohne CO₂-Abgabe ab 2008» kann die Reaktion der Wirtschaftssubjekte und im Endeffekt die Wirkung der CO₂-Abgabe herausgearbeitet werden.

⁸ Die Energieträger „Kohle und Koks“ und „Müll und Industrieabfälle“ werden nicht berücksichtigt, weil ihr Anteil am Total geringer als 5% und es sich dabei um spezielle Energieträger handelt, deren Reaktionen mit dem gewählten Modellansatz nicht sinnvoll abbildbar sind.

⁹ Siehe Grundlagenbericht, Ecoplan, EPFL und FHNW (2015).

2.3 Resultate der Wirkungsschätzung

Resultate aus dem Grundlagenbericht 2015

Als Einstieg in die Diskussion der aktuellen Resultate, erachten wir es als sinnvoll, zuerst die wichtigsten Erkenntnisse aus dem Grundlagenbericht¹⁰ (Analysehorizont bis 2013) zu wiederholen.

- Die CO₂-Abgabe bringt **kurz- bis mittelfristig eine Substitution weg vom Heizöl**. Die Reduktionswirkung ist auf Substitutionseffekte zurückzuführen: Haushalte und Unternehmen wechseln angesichts der abgabebedingten Preiserhöhung bei den fossilen Energieträgern zu weniger CO₂-intensiven bzw. CO₂-freien Energieträgern. Dieser Effekt ist bei den Haushalten besonders deutlich sichtbar: Der Marktanteil von Heizöl sinkt zugunsten von Erdgas und den alternativen Energiequellen stetig.
- **Angekündigte CO₂-Abgabe zeigt sofort Wirkung**: Die Wirkung der CO₂-Abgabe setzt – wenn auch auf sehr tiefem Niveau – bereits in den Jahren 2006 und 2007 ein, also vor der eigentlichen Einführung per 1.1.2008. Das heisst, dass die Abgabe nach dem Grundsatzentscheid im Jahr 2005 von den Haushalten und Unternehmen bereits vor der eigentlichen Inkraftsetzung antizipiert wurde.
- **Steigende CO₂-Abgabe bringt mehr CO₂-Reduktion**: Die Erhöhung per 1.1.2010 (von 12 auf 36 CHF/t CO₂) hat den Substitutionseffekt zugunsten CO₂-armer bzw. CO₂-freier Energieträger verstärkt.

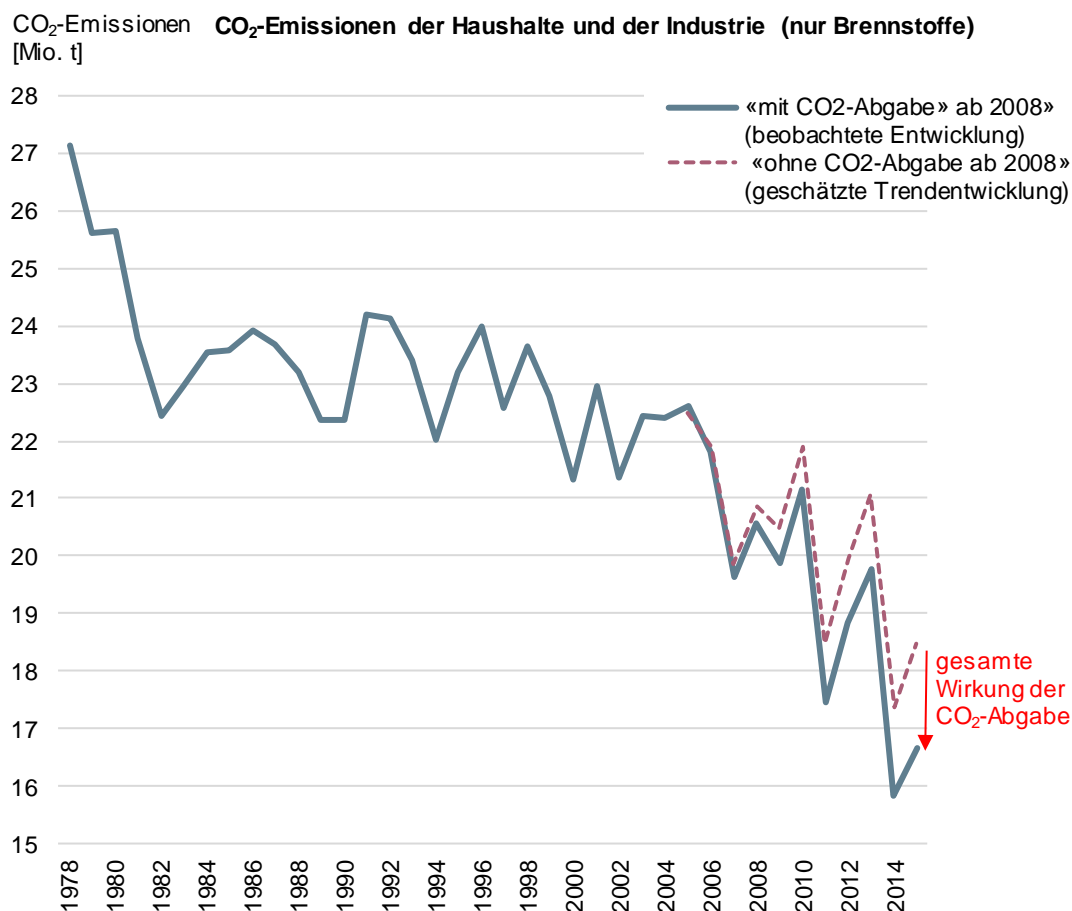
Wirkungsanalyse mittels Szenarienvergleich

Es ist für die Wirkungsanalyse der CO₂-Abgabe – wie bereits ausgeführt – unabdingbar, ein **hypothetisches Szenario** zu entwickeln, wie sich die Gesamtwirtschaft *ohne* CO₂-Abgabe entwickelt hätte (*Trendentwicklung ohne CO₂-Abgabe*). Die Herleitung des hypothetischen Szenarios «ohne CO₂-Abgabe ab 2008» ist modellbasiert. Die Wirkungsanalyse beruht anschliessend auf dem Vergleich der Energienachfrage zwischen der empirisch beobachteten Entwicklung «mit CO₂-Abgabe ab 2008» und dem hypothetischen Szenario «ohne CO₂-Abgabe ab 2008». Aus der Differenz der Szenarien kann abgeleitet werden, wie die Wirtschaftssubjekte ihr Verhalten primär infolge der Einführung der CO₂-Abgabe angepasst haben. Daraus kann berechnet werden, in welchem Ausmass Haushalte und Unternehmen einzelne Energieträger substituieren (bspw. Wechsel von Ölfeuerung zu elektrisch angetriebenen Wärmepumpen) bzw. ihre Energienachfrage anpassen. Aus den sich daraus ergebenden Verschiebungen bei der Energienachfrage können schlussendlich die eingesparten CO₂-Emissionen anhand der Emissionsfaktoren berechnet werden.

Die nachfolgende Abbildung zeigt den Vergleich der beobachteten CO₂-Emissionen aus Brennstoffen mit der modellberechneten Trendentwicklung «ohne CO₂-Abgabe ab 2008». Die Differenz der beiden Entwicklungen entspricht der Wirkung der CO₂-Abgabe.

¹⁰ Vgl. Ecoplan, EPFL und FHNW (2015, Kapitel «Synthese»).

Abbildung 2-1: CO₂-Emissionen (Brennstoffverbrauch in Haushalten und Industrie): Vergleich der beobachteten Entwicklung mit einer hypothetischen geschätzten Trendentwicklung «ohne CO₂-Abgabe ab 2008» (Jahre 1978 bis 2015)¹¹

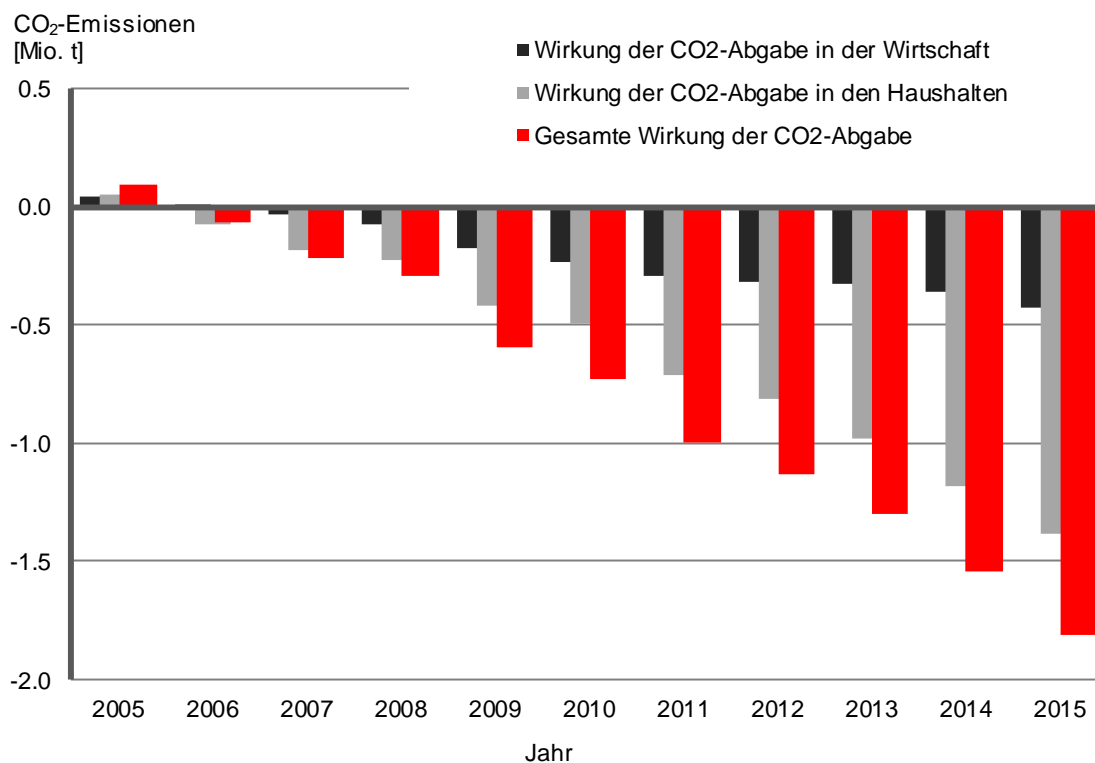


Die CO₂-Abgabe zeigt Wirkung

Die obige Abbildung zeigt, dass die CO₂-Abgabe eine spürbare Wirkung auf die CO₂-Emissionen hat. Die jährlichen CO₂-Emissionen schwanken aber von Jahr zu Jahr aufgrund von wärmeren oder kälteren Wintern relativ stark. Das erschwert den visuellen Vergleich. In der nachfolgenden Abbildung 2-2 konzentrieren wir uns einzig auf die jährliche Wirkung der CO₂-Abgabe – also auf die Differenz zwischen der Trendentwicklung und der beobachteten Entwicklung.

¹¹ Kleinere Abweichungen zu BAFU (2017), Emissionen von Treibhausgasen nach revidiertem CO₂-Gesetz und Kyoto-Protokoll, zweite Verpflichtungsperiode (2013-2020, Version April 2017), ergeben sich aufgrund einiger vereinfachender Annahmen: So wird die Modellschätzung ohne den Energieträger Kohle durchgeführt und für alle Energieträger wurden zeitlich konstante spezifische Emissionsfaktoren pro Energieträger angenommen.

Abbildung 2-2: Wirkung der CO₂-Abgabe gemäss ökonomischem Modell (Jahre 2005 bis 2015)



Quelle: Modellberechnung, siehe Anhang; weitere Erläuterungen finden sich in Ecoplan, EPFL und FHNW (2015, S. A-23 ff.).

Wie die obige Abbildung zeigt, hat die CO₂-Abgabe zu deutlichen Reduktionen der CO₂-Emissionen in den Sektoren Wirtschaft (Industrie und Dienstleistungen) und Haushalte geführt. Die mit dem ökonomischen Modell berechnete Wirkung der CO₂-Abgabe beläuft sich im Jahr 2015 auf 1.8 Mio. Tonnen CO₂. Gemessen an den für die CO₂-Abgabe relevanten CO₂-Emissionen im Brennstoffbereich von rund 17 Mio. Tonnen CO₂ im Jahr 2015, konnte die CO₂-Abgabe die CO₂-Emissionen bei den Brennstoffen im Jahr 2015 um 9.6% reduzieren.

Bezogen auf den ganzen Zeithorizont von 2005 bis 2015 (also inklusive der «Ankündigungsperiode» vor der Einführung der CO₂-Abgabe im Jahr 2008) hat die CO₂-Abgabe die CO₂-Emissionen kumuliert bis zum Jahr 2015 um 8.6 Mio. Tonnen CO₂ reduziert. Dies entspricht 3.9% der in dieser Periode gesamthaft emittierten für die CO₂-Abgabe relevanten CO₂-Emissionen im Brennstoffbereich.

Weiter zeigt die obige Abbildung, dass 75% der Reduktionswirkung bei den Haushalten und 25% bei der Wirtschaft (Industrie und Dienstleistungen) angefallen ist. Die Gründe für die absolut gesehen geringere Wirkung bei der Wirtschaft sind: (i) Die CO₂-Emissionen aus dem CO₂-Abgabe-relevanten Brennstoffbereich sind für die Haushalte über 10% grösser als für die

Wirtschaft.¹² (ii) In der Wirtschaft betrug der Erdgasanteil an den fossilen Brennstoffen im Jahr 2008 bereits 45%, im Sektor Haushalt dagegen erst 28%. Das Potenzial für einen Wechsel vom Heizöl auf Erdgas war somit beim Inkrafttreten der CO₂-Abgabe im Sektor Wirtschaft bereits deutlich mehr ausgeschöpft als im Sektor Haushalt. (iii) Die Nutzung von Umweltwärme mittels Wärmepumpen konnte sich aufgrund der speziellen Eignung im Gebäudebereich (Niedrigtemperaturwärme) vor allem im Sektor Haushalt verbreiten (bei Neubauten oder Sanierung bestehender fossiler Heizungen).

Substitution zwischen den Energieträgern: ein Haupteffekt der CO₂-Abgabe

Durch die CO₂-Abgabe werden die fossilen Brennstoffe im Vergleich zu den übrigen Energieträgern verteuert. Damit sollen die Verbraucher dazu bewegt werden, zu weniger CO₂-intensiven Energieträgern zu wechseln.

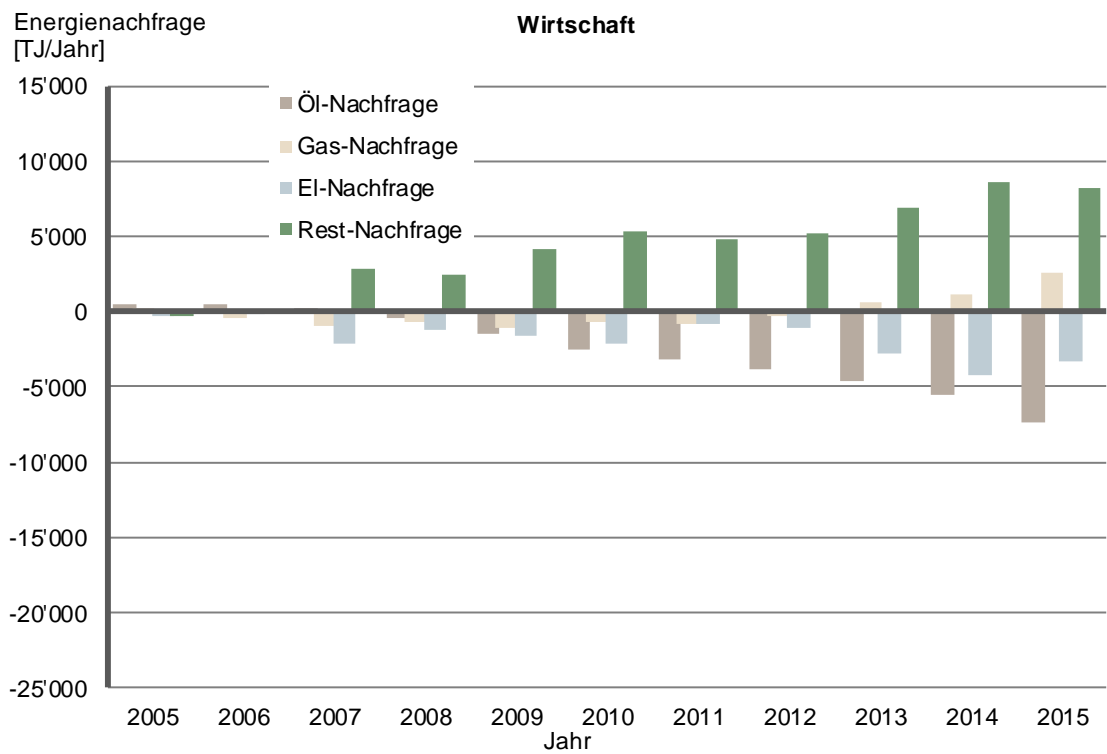
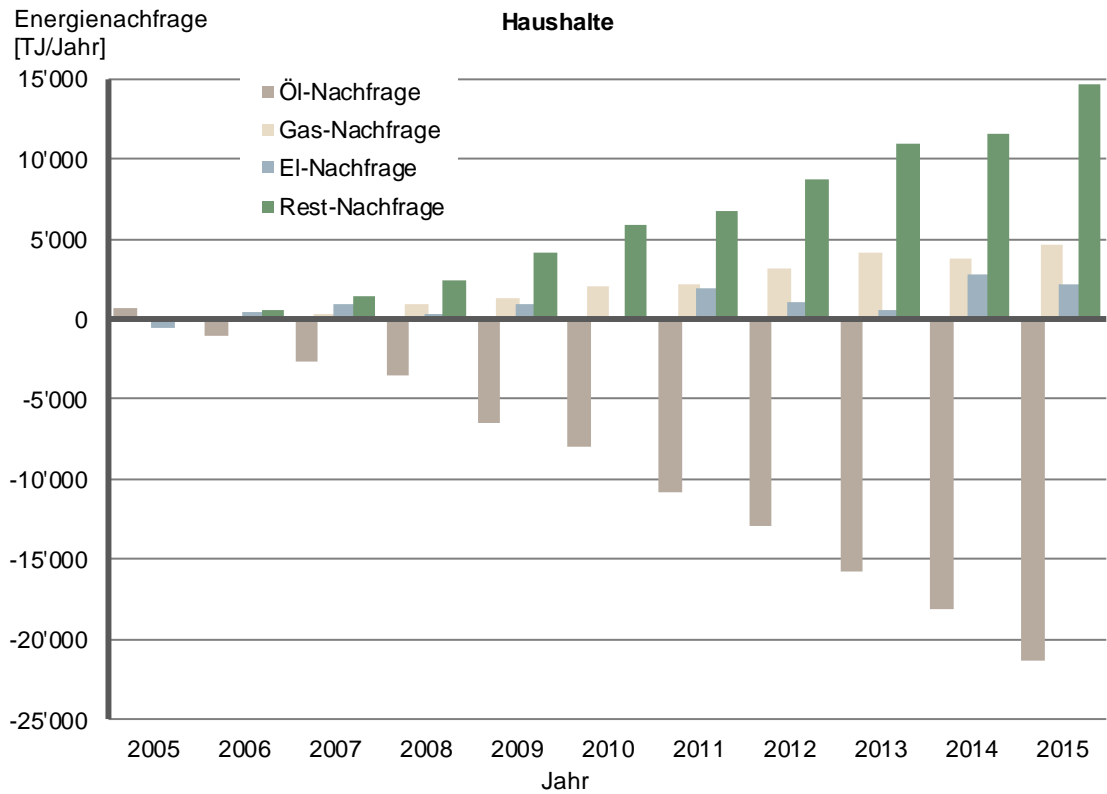
Das zunehmende Substitutionsverhalten zeigt sich auch in den empirischen Daten. In der nachfolgenden Abbildung 2-3 in der oberen Grafik sind die Verschiebungen bei den nachgefragten Energiemengen der Haushalte dargestellt, die sich aufgrund der Substitution infolge der CO₂-Abgabe eingestellt haben. Die Kennzahlen beruhen auf dem Zeitreihenmodell und sind für die Energieträger Heizöl, Gas, Elektrizität und „Restenergie“ (v.a. Holzenergie, Fernwärme und übrige erneuerbare Energien, grösstenteils CO₂-frei) separat ausgewiesen.

Die obige Abbildung zeigt, dass die von den Haushalten nachgefragte Energiemenge in Form von Heizöl deutlich abnimmt. Im Gegensatz dazu steigt die Nachfrage bei den Energieträgern „Restenergie“ und Gas im gleichen Zeitraum an. Bei der Nachfrage nach Elektrizität zeichnet sich keine nennenswerte Zunahme ab. Aus diesen empirischen Resultaten geht hervor, dass die Haushalte (für Unternehmen ist es ähnlich) in erster Linie von Heizöl zu Gas oder zu „Restenergie“ (v.a. erneuerbare Energie wie Sonne, Wind, Biogas und Umweltwärme aus Wärmepumpen) wechseln. Mit der Substitution zugunsten CO₂-armer bzw. CO₂-freier Energieträger wird die Gesamtemissionsmenge wesentlich reduziert. Die Substitution kann daher – hinsichtlich der CO₂-Reduktion – als einer der Haupteffekte der CO₂-Abgabe angesehen werden.

Im Sektor Wirtschaft zeigt sich ebenfalls eine Substitution weg vom Heizöl zugunsten der Restenergie (insbesondere vermehrter Einsatz von Holz) und in deutlich geringerem Ausmass zugunsten von Erdgas. Wie erwähnt hatte der Sektor Wirtschaft bereits vor der Einführung der CO₂-Abgabe stark auf Erdgas gesetzt, so dass das Substitutionspotenzial vom Erdöl hin zu Erdgas geringer ist als bei den Haushalten. Weiter zeigt sich, dass die Substitution weg von Erdöl nicht wie bei den Haushalten zu einem höheren Stromverbrauch führt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Elektro-Wärmepumpen, welche mit Hilfe von Strom die Nutzung von Umweltwärme ermöglichen, vor allem im Haushaltbereich zum Einsatz kamen.

¹² Die Haushalte zeigen im CO₂-Abgabe-relevanten Brennstoffbereich um 11% höhere CO₂-Emissionen als der Sektor Wirtschaft in den Jahren 2008 bis 2015.

Abbildung 2-3: Substitutionseffekte - Verschiebungen bei der Nachfrage für die einzelnen Energieträger (Sektoren «Haushalte» und «Wirtschaft», Jahre 2005 bis 2015)



Quelle: Modellberechnung, siehe Anhang; weitere Erläuterungen finden sich in Ecoplan, EPFL und FHNW (2015, S. A-23 ff.).

Ökonometrisches Modell überschätzt Wirkung

Die vorgängige Schätzung mit dem ökonometrischen Modell überschätzt die Wirkung der CO₂-Abgabe, da neben der eigentlichen Wirkung der CO₂-Abgabe auch die Wirkung weiterer Massnahmen zur Senkung der CO₂-Emissionen im Brennstoffbereich im Modell erfasst und deren Wirkung der CO₂-Abgabe zugesprochen werden. Diese Überschätzung der Wirkung lässt sich nicht vermeiden, da der zur Verfügung stehende Datensatz relativ stark aggregiert ist und eine vorgängige Differenzierung nach einzelnen Instrumenten bzw. Massnahmen nicht möglich ist (vgl. dazu den Exkurs zu den Daten im Kapitel 2.1). Im nachfolgenden Kapitel wird diese Thematik aufgerollt.

3 Wirkungsbeitrag anderer Massnahmen

3.1 Abgrenzungs- und Zuweisungsproblematik

Abgrenzung der CO₂-Abgabe von den übrigen Massnahmen

Parallel zur CO₂-Abgabe haben Bund und Kantone weitere Massnahmen und Instrumente eingeführt, welche eine Reduktion der CO₂-Emissionen (bzw. insbesondere der Emissionen aus fossilen Brennstoffen) zum Ziel haben. In Abbildung 3-1 sind die im Kontext der CO₂-Abgabe relevanten Massnahmen aufgeführt. Es handelt sich dabei um Massnahmen, deren Wirkungsziele sich mit den Wirkungszielen der CO₂-Abgabe überlappen und die teilweise direkt mit der CO₂-Abgabe verknüpft sind.

Als Beispiel kann hierzu das Gebäudeprogramm angeführt werden, welches über Subventionen die Energieeffizienz im Gebäudebereich verbessert und damit einen Beitrag zur Reduktion der CO₂-Emissionen leisten. Auch das Gebäudeprogramm trägt einen Beitrag zur Emissionsreduktion bei. Die methodischen Schwierigkeiten bei der Wirkungsabschätzung zur CO₂-Abgabe bestehen darin, deren Wirkung von den Wirkungen der übrigen Massnahmen und Instrumenten abzugrenzen.

In Abbildung 3-1 ist aufgeführt, ob bzw. auf welche Art und Weise die Modellberechnungen die Massnahmen und Instrumente zur Reduktion der CO₂-Emissionen berücksichtigen. Zusätzlich zu den politischen Interventionen und Massnahmen ist auch der technologische Fortschritt als eigenständige Dimension aufgeführt, weil sich technologische Verbesserungen (bspw. effizientere Ölheizungen) auch autonom (d.h. ohne Politikintervention) im Markt durchsetzen und damit ebenfalls einen Beitrag zur Emissionsreduktion leisten.

Abbildung 3-1: Übersicht zu den Massnahmen und Instrumente zur CO₂-Reduktion (im Kontext der CO₂-Abgabe, 2008-2015) und wie diese im ökonomischen Modell berücksichtigt sind

Massnahme / Instrument		Welche Massnahmen/Instrumente sind in den modellberechneten Wirkungen berücksichtigt?
CO₂-Abgabe (seit 2008)	CO ₂ -Abgabe, eingeführt ab 2008 auf dem Brennstoffverbrauch von Haushalten und Unternehmen	Wirkung der CO ₂ -Abgabe auf Unternehmen und Haushalte voll berücksichtigt
Zielvereinbarungen	Zielvereinbarungen für die Unternehmen wurden 1999 als freiwillige Massnahme beschlossen und sind seit 2001 aktiv. Heute dienen die Zielvereinbarungen entweder als freiwillige Zielvereinbarungen oder als Verpflichtungen zur Befreiung von der CO ₂ -Abgabe, für die Rückerstattung des Netzzuschlages oder für die Erfüllung des Grossverbraucherartikels der Kantone.	in der modellberechneten Wirkung der CO ₂ -Abgabe teilweise enthalten
Gebäude-Programm (seit 2006)	Förderung von Gebäudesanierungen durch Bund und Kantone. Ein Teil der Einnahmen aus der CO ₂ -Abgabe dient der Finanzierung des Gebäudeprogramms.	in der modellberechneten Wirkung der CO ₂ -Abgabe teilweise enthalten
Kompensation von CO₂-Emissionen	Kompensation von CO ₂ -Emissionen für Treibstoffimporteure und fossil-thermische Kraftwerke, eingeführt 2014 (Ablösung des Klimarappens)	in der modellberechneten Wirkung der CO ₂ -Abgabe teilweise enthalten (Bedeutung im CO ₂ -Abgabe-relevanten Bereich bis 2015 vernachlässigbar)
EHS-Unternehmen	Unternehmen im Schweizer Emissionshandelssystem (EHS) sind von der CO ₂ -Abgabe befreit. Das EHS	nur ein kleiner Teil der CO ₂ -Emissionen der EHS-Unternehmen ist im Datensatz enthalten und nur Wirkungen für diesen kleinen Teil sind in der CO ₂ -Abgabe teilweise enthalten
MuKE n Muster-vorschriften (seit 1992)	MuKE n sind energierechtliche Vorschriften im Gebäudebereich (1992 Musterverordnung, MuKE n 2000, MuKE n 2008, MuKE n 2014 ist erst in Umsetzung).	indirekt berücksichtigt über Trendkomponente
Technologische Veränderungen / Fortschritt	technologische Veränderungen erhöhen Energieeffizienz (unabhängig von politischen Interventionen) und leisten Beitrag an Emissionsreduktion	indirekt berücksichtigt über Trendkomponente

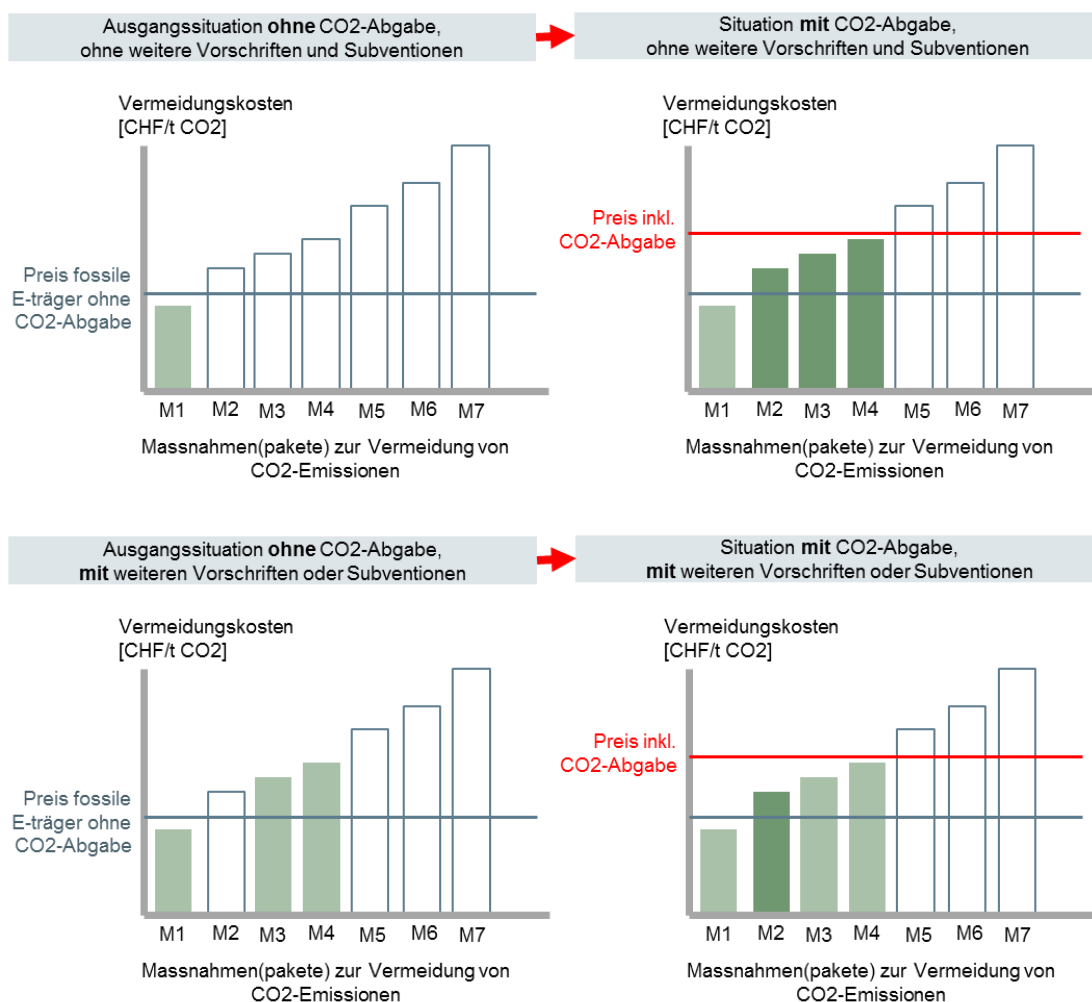
Quelle: Eigene Darstellung. Es sind nur Massnahmen aufgeführt, die im Zusammenhang mit den, von der CO₂-Abgabe betroffenen, fossilen Brennstoffen stehen (im Zeitfenster 2008-2015).

Problematik der Zuschreibung der Wirkung auf einzelne Massnahmen

Die Wirkung der CO₂-Abgabe ist abhängig davon, welche anderen Massnahmen zur CO₂-Vermeidung bereits in Kraft sind. Die nachfolgende Abbildung 3-2 illustriert, dass die Ausgangssituation massgeblich die Wirkung der CO₂-Abgabe bestimmt. Die obere linke Grafik zeigt eine Situation ohne CO₂-Abgabe, Vorschriften oder Subventionen. In dieser Ausgangssituation werden einzig die Massnahmen M1 umgesetzt, da diese Massnahmen rentabel sind. Wird nun in dieser Ausgangssituation eine CO₂-Abgabe eingeführt, so gibt - gemäss der Grafik rechts oben

- die CO₂-Abgabe preisliche Anreize die Massnahmen M2, M3 und M4 zusätzlich umzusetzen. Der Wirkungsbeitrag der CO₂-Abgabe würde somit aus der zusätzlichen CO₂-Minderung dieser drei Massnahmen M2, M3 und M4 bestehen.

Abbildung 3-2: Wirkung der CO₂-Abgabe ist abhängig von der Ausgangssituation



Besteht vor der Einführung der CO₂-Abgabe bereits ein Regelwerk mit diversen Vorschriften und Subventionen, so werden bereits in der Ausgangslage – ausgelöst durch die Vorschriften und/oder Subventionen – bereits Massnahmen umgesetzt, die bei den geltenden fossilen Energiepreisen nicht rentabel sind. In der Grafik unten links werden die Massnahmen M3 und M4 bereits in der Ausgangslage durch Vorschriften und/oder Subventionen ausgelöst. Wird eine CO₂-Abgabe in einer solchen Ausgangslage eingeführt, ist die Wirkung der CO₂-Abgabe geringer als wenn die CO₂-Abgabe in einer «Welt ohne Vorschriften und Subventionen» eingeführt wird. Gemäss der Grafik unten rechts würde die CO₂-Abgabe zusätzlich lediglich die Umsetzung der Massnahmen M2 anreizen. Der Wirkungsbeitrag einer zusätzlichen CO₂-Abgabe wäre in dieser «Welt mit vorbestehenden Vorschriften oder Subventionen» geringer.

Diese Ausführungen zeigen, dass die Zuschreibung eines Wirkungsbeitrags stark davon abhängt, von welcher Ausgangssituation ausgegangen wird. Wir gehen grundsätzlich davon aus, dass der Wirkungsbeitrag der im Jahr 2008 eingeführten CO₂-Abgabe auf Basis einer Ausgangssituation im Jahr 2007 bestimmt werden muss. Die mit Vorschriften und Subventionen «vorbelastete» Ausgangssituation ist in unseren Modellschätzungen (vgl. vorgängiges Kapitel) in der Trendentwicklung enthalten. Abgrenzungsprobleme im Wirkungsbeitrag zwischen CO₂-Abgabe und anderen Massnahmen bestehen vor allem dann, wenn andere Massnahmen nach 2008 neu eingeführt oder deutlich – über den Trend hinaus - verschärft wurden.

Die Problematik der Zuweisung des Wirkungsbeitrags auf verschiedene sich überlappende Massnahmen besteht nicht nur bei der Einführung einer Massnahme, sondern auch bei deren Verschärfung. Am Beispiel einer Erhöhung der CO₂-Abgabe lässt sich dies illustrieren: Angenommen es besteht bereits eine CO₂-Abgabe und ein Gebäudeprogramm, das idealerweise noch nicht rentable Massnahmen fördert. Wird die CO₂-Abgabe erhöht, so verliert sie einen Teil ihrer potenziellen Wirkung, da ein Teil der Massnahmen bereits vor der Erhöhung der CO₂-Abgabe mit den Gebäudeprogramm-Subventionen umgesetzt wurde. Dieses Beispiel ist keine Grundsatzkritik, welche sich gegen ein Zusammenspiel zwischen CO₂-Abgaben und Subventionen richtet. Das Beispiel macht aber deutlich, dass der Massnahmenmix nicht nur statisch, sondern dynamisch aufeinander abzustimmen ist.

Nachfolgend diskutieren wir die drei wichtigsten Massnahmen Zielvereinbarungen, Gebäudeprogramm und CO₂-Kompensation, die sich mit der Wirkungsmessung im vorgängig vorgestellten ökonomischen Modell überlappen. Die Relevanz bzw. der Wirkungsbeitrag dieser drei Massnahmen soll ganz grob abgeschätzt werden und am Schluss den im ökonomischen Modell ermittelten CO₂-Wirkungen gegenübergestellt werden.

3.2 Zielvereinbarungen

Zielvereinbarungen vor und ab 2008

Zielvereinbarungen zwischen den Unternehmen und der öffentlichen Hand wurden als freiwillige Massnahme eingeführt und stetig weiterentwickelt:¹³

- *Vor 2008:* Um die Ziele des am 1.1.1999 in Kraft getretenen Energiegesetzes und des am 1.5.2000 in Kraft getretenen CO₂-Gesetzes zu erreichen, wurde vom Bund prioritär auf sogenannte «freiwillige» Massnahmen gesetzt. «Freiwillig» ist so zu verstehen, dass die Unternehmen mittels Anreizen zu Massnahmen zur Erhöhung der Energie- oder CO₂-Effizienz animiert werden sollten. Solche Anreize waren bspw. die in Aussicht gestellte Befreiung von einer künftig einzuführenden CO₂-Abgabe oder ein attraktives Beratungsangebot zur Einführung eines innerbetrieblichen Energiemanagementsystems.
- *Ab 2008 - Einführung der CO₂-Abgabe und des Grossverbraucherartikels:* Unter bestimmten Voraussetzungen und dem Abschluss einer Zielvereinbarung können sich Unternehmen von der im Jahr 2008 eingeführten CO₂-Abgabe befreien lassen. Seit 2008 gilt ausserdem in einigen Kantonen der Grossverbraucherartikel, mit welchem die Kantone grosse Energieverbraucher zur Steigerung der betrieblichen Energieeffizienz verpflichten können. Durch den Abschluss einer Zielvereinbarung können sich die Unternehmen von den Detailvorschriften des Kantons entbinden.

Wirkungsbeitrag der Zielvereinbarungen

Die Zielvereinbarungen dienen einerseits als Abfederungsmassnahmen für Unternehmen im internationalen Wettbewerb, bei welchen die CO₂-Abgabe zu ungewollten Produktionsverlagerungen ins Ausland führen könnte (Vermeidung von «Carbon Leakage»). In diesen Fällen wird die CO₂-Abgabe rückerstattet und mit der Zielvereinbarung sollen diese Unternehmen angehalten werden, Massnahmen zur CO₂-Vermeidung umzusetzen. Hauptanreiz für den Abschluss der Zielvereinbarung ist die Rückerstattung der CO₂-Abgabe. Die für die Zielvereinbarung durchzuführende Potenzialanalyse deckt zusätzliche CO₂-Vermeidungsmassnahmen auf, bringt also einen zusätzlichen Wirkungsbeitrag. Die Nettowirkung dieses Wirkungsbeitrags ist allerdings sehr bescheiden und beträgt gemäss Ecoplan (2016) für das Jahr 2015 (im Vergleich zum Ausgangsjahr 2013 der laufenden Verpflichtungsperiode) 0.03 bis 0.06 Mio. t CO₂.¹⁴

Bei den kleineren Unternehmen können dank den Zielvereinbarungen deutlich mehr unerkannte Vermeidungspotenziale aufgedeckt und umgesetzt werden. Gemäss Ecoplan (2016) beträgt die gesamte Nettowirkung für die kleineren Unternehmen im Jahr 2015 (im Vergleich zu 2013) 0.08 bis 0.15 Mio. t CO₂. Geschätzt 60% der Zielvereinbarungen mit einer Nettowirkung von 0.05 bis 0.09 Mio. t CO₂ wurden wegen der Befreiung von der CO₂-Abgabe (oder

¹³ Für weitere Ausführungen wird verwiesen auf Ecoplan (2016), Evaluation der Zielvereinbarungen.

¹⁴ Entspricht in etwa den in Ecoplan (2015) ausgewiesenen Nettowirkungen für die grösseren und mittleren Unternehmen (vgl. Abbildung 5-5).

dem Netzzuschlag) und können somit ursächlich auf die CO₂-Abgabe zurückgeführt werden. Rund 40% - oder 0.03 bis 0.06 Mio. t CO₂ - wurden aufgrund des kantonalen Grossverbraucherartikels abgeschlossen und stehen somit nicht ursächlich auf die CO₂-Abgabe zurückgeführt werden.

Zusammenfassend schätzen wir also für die aktuelle Verpflichtungsperiode ab 2013 bis 2020 für das Jahr 2015 folgenden Wirkungsbeitrag der Zielvereinbarungen:

Abbildung 3-3: Wirkungsbeitrag der Zielvereinbarungen – Jahr 2015 im Vergleich zum Jahr 2013

	Nettowirkung Zielvereinbarung Mio. t CO ₂
Ursächlich auf die Zielvereinbarungen zurückzuführender Wirkungsbeitrag:	0.08 bis 0.15
- davon grosse und mittlere Unternehmen	0.03 bis 0.06
- davon kleinere Unternehmen	0.05 bis 0.09
Ursächlich auf Grossverbraucherartikel zurückzuführender Wirkungsbeitrag	0.03 bis 0.06
- davon kleinere Unternehmen	0.03 bis 0.06
Gesamte Nettowirkung der Zielvereinbarungen	0.11 bis 0.21

Schwierige Zuweisung des Wirkungsbeitrags

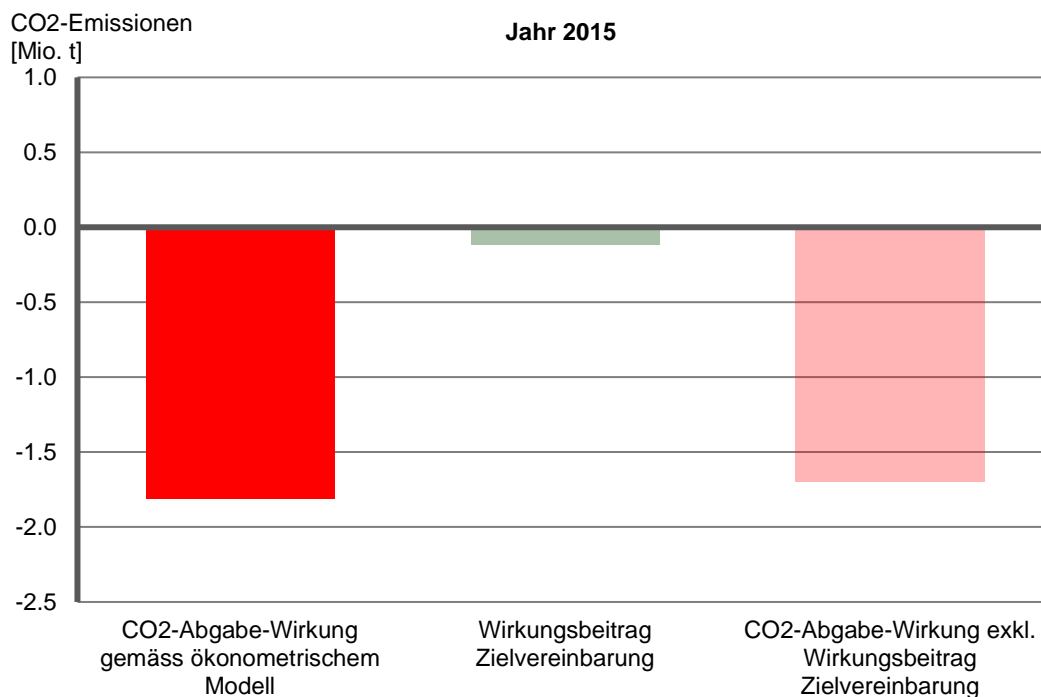
Die oben ausgewiesene Nettowirkung der Zielvereinbarung ist bei der ökonomischen Modellschätzung in den Wirkungen der CO₂-Abgabe vollumfänglich enthalten. Dies kann für den ursächlich auf die CO₂-Abgabe zurückzuführenden Anteil durchaus vertreten werden. Die Zielvereinbarung kann als flankierende Massnahme zur Wirkungsunterstützung der CO₂-Abgabe interpretiert werden. Wir rechnen diese unterstützende Wirkung der Zielvereinbarung der CO₂-Abgabe an, da ohne Zielvereinbarung und CO₂-Abgabebefreiung eine ähnliche – wenn nicht sogar grössere – Reduktion der CO₂-Emissionen erreicht worden wäre.

Der ursächlich auf den Grossverbraucherartikel zurückzuführende Wirkungsbeitrag muss aber von der im ökonomischen Modell ermittelten CO₂-Abgabe-Wirkung abgezogen werden. Mit Ecoplan (2016) existieren allerdings nur Abschätzungen zum Wirkungsbeitrag für die aktuelle Verpflichtungsperiode: 0.03 bis 0.06 Mio. t CO₂ für das Jahr 2015 bzw. zusätzlich jährlich 0.015 bis 0.03 Mio. t CO₂ oder rund 0.02 Mio. t CO₂. Für die Periode 2008 bis 2012 treffen wir stark vereinfachende Annahmen und gehen davon aus, dass der jährliche Wirkungsbeitrag in der Periode 2008 bis 2012 aufgrund der geringeren aber wachsenden Anzahl Kantone mit Grossverbraucherartikel zwischen jährlich 0.01 bis 0.015 Mio. t CO₂ betrug.

Abbildung 3-4: Wirkungsbeitrag der Zielvereinbarungen, welcher ursächlich auf Grossverbraucherartikel zurückzuführen ist

[Mio. t CO ₂]	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
jährlich	0.010	0.010	0.010	0.015	0.015	0.015	0.020	0.020
kumuliert	0.010	0.020	0.030	0.045	0.060	0.075	0.095	0.115

Wie die nachfolgende Abbildung zeigt, ist die mittels ökonomischem Modell berechnete CO₂-Abgabe-Wirkung mit dem auf den Grossverbraucherartikel zurückzuführenden Wirkungsbeitrag der Zielvereinbarung zu korrigieren. Allerdings ist der auf den Grossverbraucherartikel zurückzuführende Wirkungsbeitrag der Zielvereinbarung gering, so dass die Korrektur klein ausfällt.

Abbildung 3-5: Korrektur der CO₂-Abgabe-Wirkung gemäss ökonomischem Modell mit dem Wirkungsbeitrag der Zielvereinbarungen (Jahr 2015)

3.3 Gebäudeprogramm

Entwicklungsphasen des Gebäudeprogramms

Das Gebäudeprogramm wurde – wie die Zielvereinbarungen – schrittweise entwickelt:

- Phase 1 (2006 bis 2009): In dieser Phase wurden Projekte von insgesamt 176 Mio. Franken durch die Stiftung Klimarappen unterstützt.
- Phase 2 (ab 2010): Das Gebäudeprogramm wurde mit der Einführung der CO₂-Abgabe, welche die Grundlage für die Finanzierung darstellt, ab 2010 ausgebaut. In der Periode 2010 bis 2015 wurden 1184 Millionen Franken ausbezahlt. Die Bruttowirkung der ausbezahlten Beiträge beträgt im Jahr 2015 0.7 Mio. Tonnen CO₂.¹⁵

Wirkungsbeitrag des Gebäudeprogramms

Die oben ausgewiesene Bruttowirkung überschätzt den tatsächlichen Wirkungsbeitrag des Gebäudeprogramms. Infrac (2015)¹⁶ schätzt – unter Berücksichtigung eines höheren Mitnahmeeffekts, des technischen Fortschritts und soziökonomischen Aspekten – die jährliche Wirkung des Gebäudeprogramms 2010 bis 2014 per 2014 auf 0.34 (Bandbreite 0.25 bis 0.44) Mio. t CO₂. Infrac liegt damit rund 40% tiefer als die Bruttowirkung von 0.58 Mio. t CO₂ im Jahre 2014. Infrac weist aber darauf hin, dass aus qualitativen Überlegungen davon auszugehen ist, dass die Wirkung mit der Zeit zurückgeht.

Ecoplan (2017)¹⁷ schätzt die additive Wirkung des Gebäudeprogramms 2010 bis 2014 per 2014 auf 0.22 Mio. t CO₂. Ecoplan rechnet mit einem höheren Mitnahmeeffekt als Infrac, da Ecoplan bei der Berechnung der additiven Wirkung des Förderprogramms nicht berücksichtigt, dass die CO₂-Minderungswirkung abnehmend ist. Bei der von Ecoplan grob geschätzten CO₂-Wirkung 2010 bis 2014 von 0.22 Mio. t CO₂ des Gebäudeprogramms handelt es sich um die anhaltende, mittelfristig konstante Nettowirkung des Gebäudeprogramms.

Eine realistische Grössenordnung für die Wirkung des Gebäudeprogramms 2010 bis 2014 (5 Jahre) wäre somit rund 0.3 Mio. t CO₂ oder 0.06 Mio. t CO₂/Jahr. In den Jahren vor 2010 war das Gebäudeprogramm deutlich geringer in seinem Umfang und ein grosser Teil der Wirkung dieses früheren Gebäudeprogramms ist in der Trendentwicklung bereits enthalten. Der Wirkungsbeitrag des Gebäudeprogramms kann also wie folgt berechnet werden:

Abbildung 3-6: Wirkungsbeitrag des Gebäudeprogramms

[Mio. t CO ₂]	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
jährlich	in der Trendentwicklung		0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
kumuliert	bereits enthalten		0.06	0.12	0.18	0.24	0.30	0.36

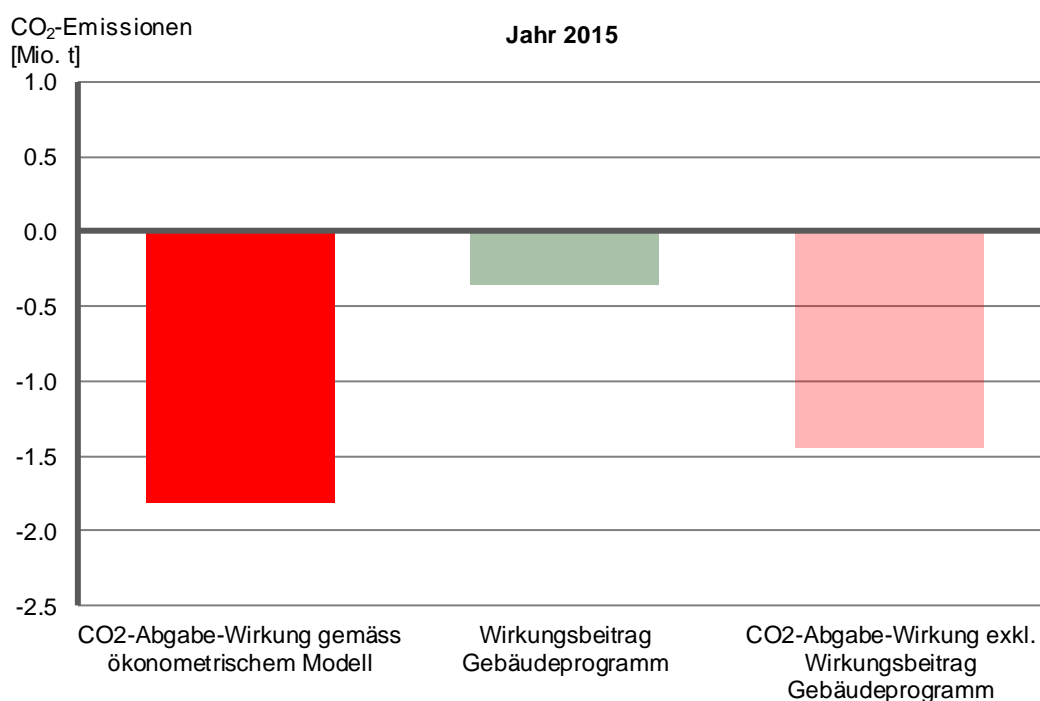
¹⁵ Vgl. EnDK (2016), Jahresbericht 2015 des Gebäudeprogramms, Seite 22.

¹⁶ Infrac (2015), Energie- und CO₂-Wirkung des Gebäudeprogramms 2010 bis 2014, Zusatzanalyse für die Berichtserstattung an das Parlament.

¹⁷ Ecoplan (2017), Kurzfristperspektiven zu den Treibhausgasemissionen, Aktualisierung der Prognosen 2016-2020.

Wie die nachfolgende Abbildung zeigt, ist die mittels ökonometrisch Modell berechnete CO₂-Abgabe-Wirkung mit dem Wirkungsbeitrag des Gebäudeprogramms zu korrigieren. Wir führen das Gebäudeprogramm somit ursächlich nicht auf die CO₂-Abgabe zurück, obwohl die CO₂-Abgabe das Gebäudeprogramm finanziert. Nicht berücksichtigt haben wir bei dieser Korrektur mögliche Kannibalisierung der Wirkung des Gebäudeprogramms aufgrund der schrittweisen Erhöhung der CO₂-Abgabe (siehe Ausführungen im Kapitel 3.1).

Abbildung 3-7: Korrektur der CO₂-Abgabe-Wirkung gemäss ökonometrischem Modell mit dem Wirkungsbeitrag des Gebäudeprogramms (Jahr 2015)



3.4 Kompensation von CO₂-Emissionen

Sowohl die Importeure von Treibstoffen wie auch die Betreiber von fossil-thermischen Kraftwerken sind zur CO₂-Kompensation im Inland verpflichtet. Mit der CO₂-Kompensationspflicht sollen zusätzliche Vermeidungsmassnahmen ausgelöst werden. Der Wirkungsbeitrag der CO₂-Kompensationspflicht, welche auf den CO₂-Abgabe-relevanten Brennstoffbereich zielen, müsste also von der im ökonometrischen Modell geschätzten CO₂-Abgabe-Wirkung ebenfalls abgezogen werden.

Verzicht auf eine Bestimmung des Wirkungsbeitrags

Ein Grossteil der unter der CO₂-Kompensationspflicht bis 2015 umgesetzten Projekte zur CO₂-Reduktion dürfte bereits in der Trendentwicklung, welche mit dem ökonometrischen Modell

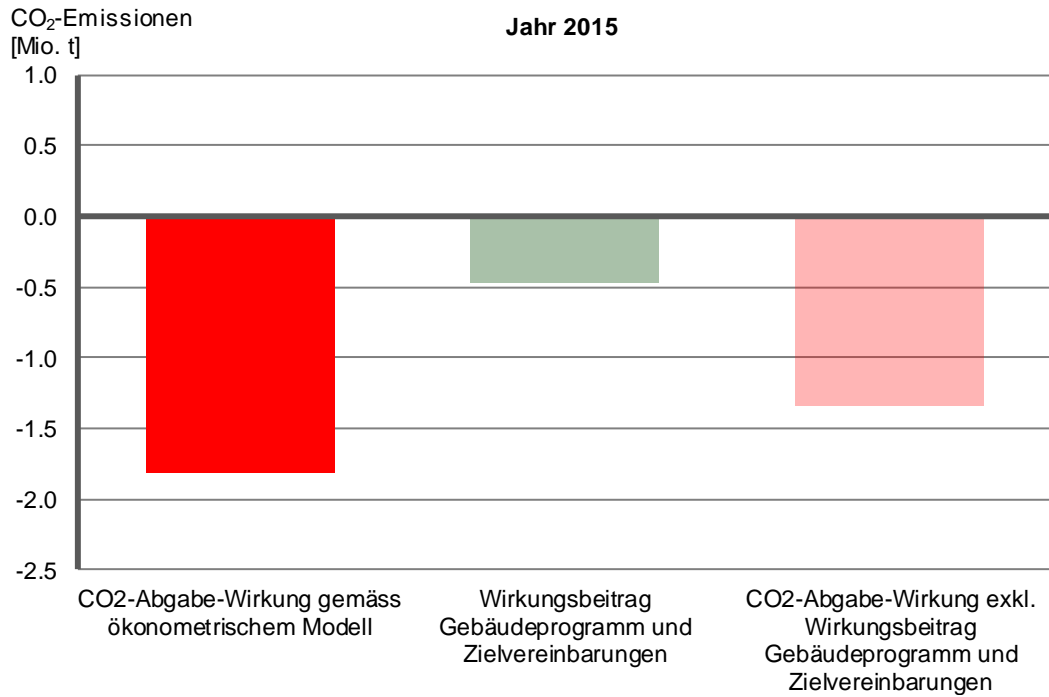
berechnet wurde, enthalten sein. Dies weil einerseits bereits vor 2008 CO₂-Kompensationsprojekte auf freiwilliger Basis umgesetzt wurde und andererseits ein Teil der aktuellen Kompensationspflicht auch mit Aktivitäten erfüllt wurde, die zu Zeiten des früheren CO₂-Gesetzes bereits initiiert wurden. Weiter muss berücksichtigt werden, dass nur Kompensationsprojekte im Brennstoffbereich zu einer allfälligen Minderung der im ökonomischen Modell geschätzten CO₂-Abgabe-Wirkung führen würden. Bis ins Jahr 2015 sind die zusätzlichen – über den im ökonomischen Modell geschätzten Trend hinausgehenden – Minderungen durch Kompensationsprojekte gering: Die registrierten Kompensationsprojekte haben in den Jahren 2010 bis 2015 in der Summe zu einer Emissionsminderung von 0.38 Mio. t CO₂ beigetragen.¹⁸ Davon fallen nur 4% oder 0.02 Mio. t CO₂ in den CO₂-Abgabe-relevanten Bereich. Wir können also den Wirkungsbeitrag aus der CO₂-Kompensationspflicht im CO₂-Abgabe-relevanten Brennstoffbereich vernachlässigen.

3.5 Zusammenfassung - Wirkungsbeitrag anderer Massnahmen

Im ökonomischen Modell berechnen wir eine CO₂-Abgabe-Wirkung im Jahre 2015 von -1.8 Mio. Tonnen CO₂. Ein Teil dieser mit dem ökonomischen Modell gemessenen CO₂-Abgabe-Wirkung wird aber nicht direkt durch die CO₂-Abgabe erzielt, sondern durch andere Massnahmen. Bei den anderen Massnahmen, deren Wirkung im ökonomischen Modell der CO₂-Abgabe zugewiesen wurde, sind die Zielvereinbarungen (Anteil kantonaler Grossverbraucherartikel) und das Gebäudeprogramm von Relevanz. Obwohl das Gebäudeprogramm über die CO₂-Abgabe finanziert wird, rechnen wir die CO₂-Minderungswirkung des Gebäudeprogramms nicht der CO₂-Wirkung an. Die im ökonomischen Modell berechnete CO₂-Abgabe-Wirkung ist also um den Wirkungsbeitrag dieser beiden Massnahmen zu korrigieren. Die nachfolgende Abbildung illustriert dies und zeigt, dass die CO₂-Abgabe eine deutlich stärkere CO₂-Reduktion aufweist als die anderen Massnahmen.

¹⁸ Vgl. Geschäftsstelle Kompensation, BAFU und BFE (2017), Registrierte Kompensationsprojekte. Neben den registrierten Kompensationsprojekten wurden folgende weitere Emissionsminderungen, welche für die vorliegende Betrachtung nicht relevant sind, bescheinigt: (i) Bescheinigungen nonEHS Unternehmen 2. Verpflichtungsperiode, (ii) Programm zur Reduktion von geogenen Emissionen in der Zementindustrie 2008-2012, (iii) Umwandlung von CHU1 in CHA, sowie (iv) selbst durchgeführte Projekte. Bei den selbst durchgeführten Projekten gibt es Projekte im CO₂-Abgabe-relevanten Bereich. Ein Teil der Bescheinigungen ist aber auf bereits viel früher initiierte Projekte zurückzuführen.

Abbildung 3-8: Korrektur der CO₂-Abgabe-Wirkung gemäss ökonomischem Modell mit dem Wirkungsbeitrag anderer Massnahmen (Jahr 2015)

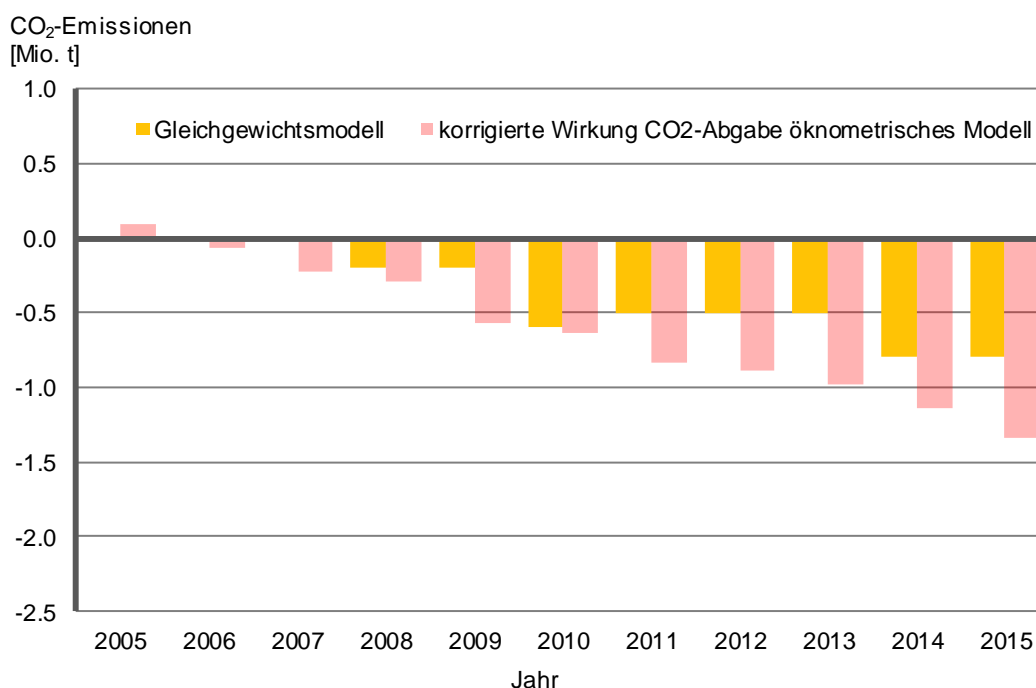


4 Wirkungsvergleich mit einem alternativen Modellansatz

Im Kapitel 2 haben wir die CO₂-Abgabe-Wirkung mit einem ökonometrischen Modell aufgrund der empirischen Daten von 1978 bis 2015 geschätzt. Da wir mit diesem ökonometrischen Modell teilweise auch CO₂-Reduktionswirkungen von anderen Massnahmen – insbesondere des Gebäudeprogramms und der Zielvereinbarungen zur Erfüllung des kantonalen Grossverbraucherartikels – haben wir den Wirkungsbeitrag dieser anderen Massnahmen im Kapitel 3 geschätzt. So erhalten wir eine mit dem ökonometrischen Modell geschätzte CO₂-Abgabe-Wirkung, welche um den Wirkungsbeitrag der anderen Massnahmen reduziert wurde.

Diese korrigierte CO₂-Abgabe-Wirkung vergleichen wir mit den Resultaten eines komplementären Modellansatzes. In der Studie Ecoplan, EPFL, FHNW (2015) wurde die ex-post-Wirkung der CO₂-Abgabe für die Jahre 2008 bis 2014 mit einem allgemeinen, berechenbaren Gleichgewichtsmodell berechnet. Für den Vergleich der beiden Modellansätze haben wir die CO₂-Reduktionswerte für das Jahr 2015 im Gleichgewichtsmodell geschätzt.¹⁹

Abbildung 4-1: CO₂-Abgabe-Wirkung – Vergleich zweier unterschiedlicher Modellansätze



Wie aus Abbildung 3-8 ersichtlich ist, unterscheiden sich die Wirkungsabschätzungen der beiden Modelle in Bezug auf das Niveau des Wirkungspfads. Die mit dem ökonometrischen Modell abgeschätzte Reduktion bei den CO₂-Emissionen ist grösser als die Abschätzung mit dem

¹⁹ Da für die Jahre 2014 und 2015 dieselbe Höhe der CO₂-Abgabe gilt, haben wir den im Gleichgewichtsmodell berechneten Wert für das Jahr 2014 auch für das Jahr 2015 unterstellt.

Gleichgewichtsmodell. Der Grund dafür liegt in erster Linie in der Trendkomponente des ökonomischen Modells. Zudem wird im ökonomischen Modell die Wirkung vor Einführung der Abgabe (Antizipation) ebenfalls berücksichtigt. Der Trend repräsentiert die mittel- und längerfristigen Preiserwartungen. Demzufolge sind die längerfristigen Aspekte – bspw. die Antizipation einer erwarteten, weiteren Erhöhung der CO₂-Abgabe - bei der Abschätzung des ökonomischen Modells bereits enthalten. Die Trendkomponente ist jedoch nicht ein reines Abbild der langfristigen Preiserwartungen. Sie umfasst auch die längerfristigen Änderungen der technologischen Rahmenbedingungen und – soweit nicht in der Korrektur berücksichtigt - weitere Massnahmen zur Verbreitung energieeffizienter Technologien (bspw. Änderungen bei den Baustandards). Mit anderen Worten: Der Trend kann die mittel- und langfristigen Preiseffekte leicht überschätzen. Demzufolge führt die Trendkomponente im Modell auch zu einer leichten Überschätzung der Wirkung der CO₂-Abgabe.

Die Wirkungsabschätzung des Gleichgewichtsmodells zeichnet sich dadurch aus, dass sich die abgabebedingten Preisänderungen umgehend auf die CO₂-Emissionen auswirken. Ein zeitlicher Anpassungspfad kann mit der rekursiven Dynamik des Modells nicht endogen berechnet werden, da die mögliche zukünftige Entwicklung der Abgabe nicht in das Kalkül der Akteure einfließt. Auch ergeben sich aus den abgabebedingten Preisänderungen im Gleichgewichtsmodell, das mit einem exogenen technischen Fortschritt rechnet, keine positiven Rückkoppelungen auf den technischen Fortschritt. Das Gleichgewichtsmodell wurde über die Wahl der hinterlegten Elastizitäten so parametrisiert, dass die kurz- bis mittelfristigen Reaktionen auf Preisänderungen abgebildet werden.

Die beiden Modelle liefern eine untere und eine obere Bandbreite der CO₂-Abgabe-Wirkung. Die CO₂-Abgabe-Wirkung lässt sich für die beiden Modelle für den Zeitraum bis 2015 wie folgt vergleichen:

- Das ökonomische Modell berechnet eine – um den Wirkungsbeitrag der Zielvereinbarung und des Gebäudeprogramms korrigierte - kumulierte Wirkung der CO₂-Abgabe bis und mit dem Jahr 2015 von 6.9 Mio. Tonnen CO₂.
- Die CO₂-Minderung aufgrund der CO₂-Abgabe ist gemäss Berechnungen mit dem Gleichgewichtsmodell beträgt bis zum Jahr 2015 4.1 Mio. Tonnen CO₂.

Die Bandbreite der CO₂-Abgabe-Wirkung bis zum Jahr 2015 beträgt somit 4.1 (untere Grenze der Bandbreite) bis 6.9 Mio. Tonnen CO₂ (obere Grenze der Bandbreite). Im Jahr 2015 beträgt die Reduktion 0.8 bis 1.3 Mio. Tonnen CO₂.

Sowohl das ökonomische Modell als auch das Gleichgewichtsmodell zeigen, dass mit zunehmender CO₂-Abgabehöhe die CO₂-Emissionen weiter zurückgehen. Dies bedeutet, dass wir aufgrund der beobachteten Entwicklung noch nicht auf sich erschöpfende CO₂-Reduktionspotenziale schliessen können.

5 Schlussfolgerungen

Die vorliegende Aktualisierung der Studie Ecoplan, EPFL und FHNW (2015) bestätigt die Resultate. Die wichtigsten Erkenntnisse sind:

Die CO₂-Abgabe zeigt Wirkung

Die CO₂-Abgabe und die damit verbundenen Massnahmen für die davon befreiten Unternehmen, hat seit ihrer Einführung zu Reduktionen der CO₂-Emissionen in den Sektoren Wirtschaft (Industrie und Dienstleistungen) und Haushalte geführt. Der berechnete Gesamteffekt beläuft sich kumuliert bis zum Jahr 2015 auf 4.1 bis 6.9 Mio. Tonnen CO₂ oder im Jahr 2015 auf 0.8 bis 1.3 Mio. Tonnen CO₂. Gemessen an den für die CO₂-Abgabe relevanten CO₂-Emissionen im Brennstoffbereich von rund 17 Mio. Tonnen CO₂ im Jahr 2015, konnte die CO₂-Abgabe die CO₂-Emissionen bei den Brennstoffen um 4.3% bis 7.1% reduzieren.

Die CO₂-Abgabe zeigt deutlich höhere Wirkung als andere Instrumente

Andere Instrumente, welche im Zeitraum 2008 bis 2015 ebenfalls stark ausgebaut wurden, zeigen ebenfalls Wirkung. Allerdings zeigt die CO₂-Abgabe im Jahr 2015 eine zwei- bis dreimal so hohe CO₂-Reduktionswirkung wie das Gebäudeprogramm und die Zielvereinbarungen zusammen.

Die CO₂-Abgabe bringt kurz- bis mittelfristig eine Substitution weg vom Heizöl

Die Reduktionswirkung ist auf Substitutionseffekte zurückzuführen: Haushalte und Unternehmen wechseln angesichts der abgabebedingten Preiserhöhung bei den fossilen Energieträgern zu weniger CO₂-intensiven bzw. CO₂-freien Energieträgern. Dieser Effekt ist bei den Haushalten besonders deutlich sichtbar: Der Marktanteil von Heizöl sinkt zugunsten von Erdgas und den alternativen Energiequellen stetig.

Angekündigte CO₂-Abgabe zeigt sofort Wirkung

Die Wirkung der CO₂-Abgabe setzt – wenn auch auf sehr tiefem Niveau – bereits in den Jahren 2006 und 2007 ein, also vor der eigentlichen Einführung per 1.1.2008. Das heisst, dass die Abgabe von den Haushalten und Unternehmen antizipiert wurde. Damit unterscheidet sich eine CO₂-Abgabe auch von schwer vorhersehbaren Weltmarktpreisschwankungen. Im Voraus kommunizierte Schritte zur Erhöhung der CO₂-Abgabe und die Einschätzungen zur längerfristigen Entwicklung CO₂-Abgabehöhe zeigen präventiv Wirkung und geben Anreize für vorgezogene auf CO₂-Effizienz ausgerichtete Investitionsentscheidungen der Unternehmen und Haushalte.

Steigende CO₂-Abgabe bringt mehr CO₂-Reduktion

Bei der Einführung der CO₂-Abgabe per 1.1.2008 betrug der Abgabesatz 12 CHF/t CO₂. Dieser Abgabesatz war im Vergleich zum Konsumentenpreis für Heizöl und Erdgas vergleichsweise gering (weniger als 4% des Konsumentenpreises für Heizöl bzw. Erdgas). Innerhalb des Untersuchungszeitraums wurde der Abgabesatz zweimal erhöht: Per 1.1.2010 auf 36 CHF/t CO₂ und per 1.1.2014 auf 60 CHF/t CO₂. Die beiden Erhöhungen haben den Substitutionseffekt

zugunsten CO₂-armer bzw. CO₂-freier Energieträger verstärkt. Die mit der Erhöhung der Abgabe stetig verstärkte Zunahme der CO₂-Reduktionswirkung lässt darauf schliessen, dass auch mit weiteren Erhöhungen massgebliche zusätzliche CO₂-Reduktionen erzielt werden können. Die Unternehmen und Haushalte dürften also auch bei weiteren abgabebedingten Energiepreiserhöhungen flexibel reagieren können. Die empirischen Resultate zeigen noch keine sich erschöpfenden CO₂-Reduktionspotenziale (keine stark steigenden Grenzkosten der CO₂-Minderung).

Anhang: Modellschätzungen

In diesem Kapitel sind die Parameterschätzungen für die sektorspezifischen Modelle (Haushalte und Wirtschaft) dokumentiert:

- Abbildung 5-1: Parameterschätzungen zum Substitutionsmodell (Sektor Haushalte, Referenzszenario, 1978-2015)
- Abbildung 5-2: Preiselastizitäten (Sektor Haushalte, Referenzszenario, 1978-2015)
- Abbildung 5-3: Parameterschätzungen zum Substitutionsmodell (Sektor Wirtschaft, Referenzszenario, 1978-2015)
- Abbildung 5-4: Preiselastizitäten (Sektor Wirtschaft, Referenzszenario, 1978-2015)

Die Darstellung konzentriert sich nur auf das Wesentlichste; die Details können aus dem Grundlagenbericht entnommen werden; siehe Ecoplan, EPFL und FHNW (2015; Anhang A).

Abbildung 5-5 und Abbildung 5-6 dokumentieren die Werte, welche den grafischen Darstellungen im Kapitel 2 zugrunde liegen.

Sektor Haushalte

Abbildung 5-1: Parameterschätzungen zum Substitutionsmodell (Sektor Haushalte, Referenzszenario, 1978-2015)

Joint energie price model							
Data		1978-2015					
Dependent variable		i) OIL share eq.		ii) GAS share eq.		iii) EL share eq.	
Hyperparameters							
Error variance	coef.	-1.73E-01	0.182 *	5.30E-02	0.347	1.07E+00	0.000 ***
	std. err.	(1.3E-01)		(5.5E-02)		(1.1E-01)	
Slope variance	coef.	-1.50E-02	0.000 ***	3.00E-03	0.007 ***	3.00E-03	0.007 ***
	std. err.	(3.0E-03)		(1.0E-03)		(1.0E-03)	
Regression effects							
logPriceOIL	coef.	-0.015	0.007 ***	0.007	0.002 ***	0.003	0.462
	std. err.	(0.005)		(0.002)		(0.004)	
logPriceGAS	coef.	0.007	0.002 ***	-0.021	0.016 ***	0.004	0.623
	std. err.	(0.002)		(0.008)		(0.008)	
logPriceEL	coef.	0.003	0.462	0.004	0.623	-0.005	0.705
	std. err.	(0.004)		(0.008)		(0.013)	
logHGT	coef.	0.065	0.001 ***	0.021	0.007 ***	-0.097	0.000 ***
	std. err.	(0.016)		(0.007)		(0.014)	
Diagnostics of the standardized innovations							
Durbin-Watson stat	coef.	2.167		1.831		1.885	
	p-value	0.701		0.305		0.364	
Ljung-Box stat.	coef.	0.516		0.205		0.021	
	p-value	0.472		0.651		0.964	
Shapiro-Wilk stat.	coef.	0.924		0.979		0.952	
	p-value	0.016 **		0.715		0.126	
Significance levels:		≤20 % *		≤10 % **		≤5% ***	

Quelle: Eigene Berechnungen. Daten: Gesamtenergiestatistik 2015.

Anm.: Die Koeffizienten zu den Preisvariablen können hier nicht als Elastizitäten aufgefasst werden. Die tatsächlichen Preiselastizitäten wurden separat berechnet und sind im Text diskutiert. Die Ljung-Box-Statistik ist zum Lag 1 berechnet.

Abbildung 5-2: Preiselastizitäten (Sektor Haushalte, Referenzszenario, 1978-2015)

	Ölpreis	Gaspreis	Elektrizitätspreis	Preis Restenergie
Ölpreis	-0.264	0.076	0.119	0.069
Gaspreis	0.076	-0.134	0.032	0.025
Elektrizitätspreis	0.119	0.032	-0.175	0.024
Preis Restenergie	0.069	0.025	0.024	-0.118

Quelle: Modell zu den Energieanteilen für den Sektor Haushalte, siehe Abbildung 5-1.

Anm.: Die Eigenpreiselastizitäten sind auf der Hauptdiagonale verzeichnet, die Kreuzpreiselastizitäten ergeben sich als Nebendiagonaleinträge der Matrix. Es handelt sich um (symmetrische) Faktorpreiselastizitäten nach Allen-Uzawa.

Sektor Wirtschaft

Abbildung 5-3: Parameterschätzungen zum Substitutionsmodell (Sektor Wirtschaft, Referenzszenario, 1978-2015)

Joint energie price model							
Data		1978-2015					
Dependent variable		i) OIL share eq.		ii) GAS share eq.		iii) EL share eq.	
Hyperparameters							
Error variance	coef.	-6.65E-01	0.000 ***	2.32E-01	0.001 ***	1.55E+00	0.000 ***
	std. err.	(1.5E-01)		(5.8E-02)		(1.0E-01)	
Slope variance	coef.	-1.10E-02	0.040 ***	5.00E-03	0.111 *	1.00E-03	0.805
	std. err.	(5.0E-03)		(3.0E-03)		(4.0E-03)	
Regression effects							
logPriceOIL	coef.	-0.017	0.003 ***	0.009	0.000 ***	0.013	0.004 ***
	std. err.	(0.005)		(0.002)		(0.004)	
logPriceGAS	coef.	0.009	0.000 ***	-0.003	0.623	-0.020	0.038 ***
	std. err.	(0.002)		(0.006)		(0.009)	
logPriceEL	coef.	0.013	0.004 ***	-0.020	0.038 ***	-0.057	0.034 ***
	std. err.	(0.004)		(0.009)		(0.025)	
Dummy1990	coef.	-		-		-0.008	0.197 *
	std. err.	-		-		(0.006)	
logHGT	coef.	0.104	0.000 ***	0.005	0.483	-0.115	0.000 ***
	std. err.	(0.018)		(0.007)		(0.011)	
Diagnostics of the standardized innovations							
Durbin-Watson stat	coef.	1.871		2.142		2.311	
	p-value	0.347		0.667		0.823	
Ljung-Box stat.	coef.	0.109		0.215		1.434	
	p-value	0.741		0.643		0.231	
Shapiro-Wilk stat.	coef.	0.966		0.984		0.971	
	p-value	0.322		0.878		0.454	
Significance levels:		≤20 % *		≤10 % **		≤5% ***	

Quelle: Eigene Berechnungen. Daten: Gesamtenergiestatistik 2015.

Anm.: Die Koeffizienten zu den Preisvariablen können hier nicht als Elastizitäten aufgefasst werden. Die tatsächlichen Preiselastizitäten wurden separat berechnet und sind im Text diskutiert. Die Ljung-Box-Statistik ist zum Lag 1 berechnet.

Abbildung 5-4: Preiselastizitäten (Sektor Wirtschaft, Referenzszenario, 1978-2015)

	Ölpreis	Gaspreis	Elektrizitätspreis	Preis Restenergie
Ölpreis	-0.249	0.068	0.161	0.020
Gaspreis	0.068	-0.138	0.045	0.025
Elektrizitätspreis	0.161	0.045	-0.297	0.091
Preis Restenergie	0.020	0.025	0.091	-0.136

Quelle: Modell zu den Energieanteilen für den Sektor Wirtschaft, siehe Abbildung 5-3.

Anm.: Die Eigenpreiselastizitäten sind auf der Hauptdiagonale verzeichnet, die Kreuzpreiselastizitäten ergeben sich als Nebendiagonaleinträge der Matrix. Es handelt sich um (symmetrische) Faktorpreiselastizitäten nach Allen-Uzawa.

Abbildung 5-5: Substitutionseffekte - Verschiebungen bei der Nachfrage für die einzelnen Energieträger (Sektoren «Haushalte» und «Wirtschaft», Jahre 2005 bis 2015), Werte zur Abbildung 2-3

Haushalte					
Jahr	Total Energy (in Terajoule)	Gesamte Wirkung der CO₂-Abgabe auf einzelne Energieträger			
		Öl-Nachfrage (in Terajoule)	Gas-Nachfrage (in Terajoule)	El-Nachfrage (in Terajoule)	Rest-Nachfrage (in Terajoule)
2005	260'690	654	57	-527	-188
2006	254'200	-1'096	147	404	547
2007	233'470	-2'683	367	894	1'424
2008	247'440	-3'551	891	280	2'380
2009	245'310	-6'452	1'371	944	4'133
2010	264'540	-7'926	2'079	-79	5'928
2011	225'340	-10'841	2'147	1'911	6'783
2012	243'850	-12'961	3'175	1'029	8'757
2013	258'520	-15'816	4'201	608	11'008
2014	218'500	-18'153	3'754	2'760	11'637
2015	231'990	-21'417	4'628	2'148	14'641
Emissionsfaktoren (Tonnen CO ₂ / TJ)		77.0	56.1	0.2937	0.41874

Wirtschaft					
Jahr	Total Energie (in Terajoule)	Gesamte Wirkung der CO₂-Abgabe auf einzelne Energieträger			
		Öl-Nachfrage (in Terajoule)	Gas-Nachfrage (in Terajoule)	El-Nachfrage (in Terajoule)	Rest-Nachfrage (in Terajoule)
2005	310'780	438	171	-320	-286
2006	309'020	498	-464	-49	15
2007	297'910	277	-992	-2'127	2'845
2008	308'010	-428	-724	-1'275	2'427
2009	297'760	-1'504	-1'102	-1'560	4'163
2010	313'510	-2'527	-718	-2'129	5'374
2011	291'180	-3'183	-842	-827	4'848
2012	300'840	-3'872	-316	-1'029	5'220
2013	307'640	-4'655	594	-2'796	6'857
2014	277'860	-5'521	1'156	-4'240	8'605
2015	285'480	-7'437	2'526	-3'269	8'179
Emissionsfaktoren (Tonnen CO ₂ / TJ)		77.0	56.1	0.2937	0.41874

Abbildung 5-6: Wirkung der CO₂-Abgabe gemäss ökonomischem Modell (Jahre 2005 bis 2015), Werte zur Abbildung 2-2 sowie Aufteilung der Wirkung auf Sektoren Haushalte und Wirtschaft

Haushalte						
Jahr	Wirkung der CO ₂ -Abgabe auf die CO ₂ -Emissionen nach Energieträger				Wirkung der CO ₂ -Abgabe in den Haushalten	
	Öl-Emissionen (Tonnen CO ₂)	Gas-Emissionen (Tonnen CO ₂)	El-Emissionen (Tonnen CO ₂)	Rest-Emissionen (Tonnen CO ₂)		
2005	50'384	3'217	-155	-79	53'368	
2006	-84'361	8'271	119	229	-75'743	
2007	-206'558	20'563	263	596	-185'136	
2008	-273'409	49'973	82	997	-222'357	
2009	-496'777	76'929	277	1'731	-417'840	
2010	-610'273	116'648	-23	2'482	-491'166	
2011	-834'765	120'474	561	2'840	-710'890	
2012	-997'968	178'113	302	3'667	-815'886	
2013	-1'217'852	235'673	178	4'609	-977'390	
2014	-1'397'779	210'590	811	4'873	-1'181'506	
2015	-1'649'133	259'642	631	6'131	-1'382'730	
Total	-7'718'492	1'280'095	3'046	28'077	-6'407'275	

Wirtschaft						
Jahr	Wirkung der CO ₂ -Abgabe auf die CO ₂ -Emissionen nach Energieträger				Wirkung der CO ₂ -Abgabe in der Wirtschaft	
	Öl-Emissionen (Tonnen CO ₂)	Gas-Emissionen (Tonnen CO ₂)	El-Emissionen (Tonnen CO ₂)	Rest-Emissionen (Tonnen CO ₂)		
2005	33'741	9'589	-94	-120	43'117	
2006	38'309	-26'004	-15	6	12'297	
2007	21'333	-55'653	-625	1'191	-33'754	
2008	-32'966	-40'606	-375	1'016	-72'931	
2009	-115'784	-61'806	-458	1'743	-176'305	
2010	-194'571	-40'276	-625	2'250	-233'222	
2011	-245'060	-47'209	-243	2'030	-290'481	
2012	-298'129	-17'721	-302	2'186	-313'967	
2013	-358'404	33'309	-821	2'871	-323'044	
2014	-425'123	64'846	-1'245	3'603	-357'919	
2015	-572'630	141'737	-960	3'425	-428'429	
Total	-2'149'283	-39'795	-5'763	20'203	-2'174'638	

Haushalte + Wirtschaft						
Jahr	Wirkung der CO ₂ -Abgabe auf die CO ₂ -Emissionen nach Energieträger				Gesamte Wirkung der CO ₂ -Abgabe	
	Öl-Emissionen (Tonnen CO ₂)	Gas-Emissionen (Tonnen CO ₂)	El-Emissionen (Tonnen CO ₂)	Rest-Emissionen (Tonnen CO ₂)		
2005	84'125	12'807	-249	-198	96'484	
2006	-46'052	-17'733	104	235	-63'446	
2007	-185'225	-35'090	-362	1'788	-218'889	
2008	-306'375	9'366	-292	2'013	-295'288	
2009	-612'561	15'123	-181	3'474	-594'145	
2010	-804'843	76'372	-649	4'733	-724'388	
2011	-1'079'825	73'265	318	4'870	-1'001'371	
2012	-1'296'098	160'392	0	5'852	-1'129'853	
2013	-1'576'255	268'982	-643	7'481	-1'300'435	
2014	-1'822'902	275'436	-435	8'476	-1'539'425	
2015	-2'221'763	401'379	-329	9'556	-1'811'158	
Total	-9'867'776	1'240'299	-2'717	48'280	-8'581'913	

Literaturverzeichnis

BAFU (2017)

Emissionen von Treibhausgasen nach revidiertem CO₂-Gesetz und Kyoto-Protokoll, zweite Verpflichtungsperiode (2013-2020, Version April 2017). Bern.

BFE (2016)

Gesamtenergiestatistik 2015. Bern.

Ecoplan (2016)

Evaluation der Zielvereinbarungen. Umsetzung, Wirkung, Effizienz und Weiterentwicklung. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Energie. Bern.

Ecoplan (2017)

Kurzfristperspektiven zu den Treibhausgasemissionen, Aktualisierung der Prognosen 2016-2020. Bern.

Ecoplan, EPFL und FHNW (2015)

Wirkungsabschätzung CO₂-Abgabe. Studie im Auftrag des Bundesamt für Umwelt, Bern.

EnDK (2016)

Jahresbericht 2015 des Gebäudeprogramms.

Infras (2015)

Energie- und CO₂-Wirkung des Gebäudeprogramms 2010 bis 2014. Zusatzanalyse für die Berichterstattung an das Parlament. Zürich.

Vgl. Geschäftsstelle Kompensation, BAFU und BFE (2017)

Registrierte Kompensationsprojekte, Stand 12.04.2017,
<http://www.bafu.admin.ch/klima/13879/13880/15742/index.html?lang=de>.