

Zur schweizerischen Klimapolitik: Wie effizient ist die Bepreisung des fossilen Energieverbrauchs?



Zur schweizerischen Klimapolitik: Wie effizient ist die Bepreisung des fossilen Energieverbrauchs?

Im Dezember 2015 hat sich die internationale Staatengemeinschaft an der Klimakonferenz in Paris geeinigt, den Anstieg der Erdtemperatur zu begrenzen. Die Staaten wurden aufgefordert, national festgelegte Reduktionsziele und Strategien für Treibhausgasemissionen einzureichen und regelmässig Bericht zu erstatten, ob und wie die Ziele erreicht werden.

In der Schweiz werden knapp zwei Drittel des Endenergieverbrauchs aus fossilen Energieträgern bezogen (Bundesamt für Energie 2018). Gleichzeitig machen die energiebedingten CO₂-Emissionen knapp 80% der gesamten Treibhausgasemissionen aus (Bundesamt für Umwelt 2018). Deshalb ist die Zielvorgabe der Schweiz, die Treibhausgasemissionen im Rahmen des Pariser Abkommens bis ins Jahr 2030 um 50% gegenüber 1990 zu vermindern, auch energiepolitisch von grosser Bedeutung.

Um das Ziel zu erreichen, soll das CO₂-Gesetz totalrevidiert werden. Das vorliegende White Paper analysiert die Massnahmen der bundesrätlichen Revisionsvorlage zusammen mit anderen Regelungen zur Bepreisung des fossilen Energieverbrauchs aus ökonomischer Sicht. Das soll nicht heissen, dass naturwissenschaftliche, technische und juristische Fragen unbedeutend sind. Die Massnahmen werden speziell im Hinblick auf ihre Effektivität und Effizienz untersucht. Effektivität bezeichnet dabei die tatsächliche Minderungsleistung und Effizienz die Minderung zu möglichst geringen Kosten.

Folgende Punkte werden als besonders wichtig erachtet und in diesem White Paper näher diskutiert:

1. Die Emissionsminderung im Inland wird durch das schweizerische Treibhausgasinventar genau überprüft und kann bei Bedarf über eine Verstärkung der Massnahmen beeinflusst werden. Die ausländische Emissionsminderung lässt sich dagegen nur viel schwieriger kontrollieren. Sie hängt unter anderem davon ab, ob die im Ausland erworbenen Minderungsbescheinigungen das Kriterium der Zusätzlichkeit (Additionalität) erfüllen und ob es dabei nicht zu Doppelzählungen der Minderungen kommt.
2. Die CO₂-Abgabe hat sich als zentrales und effizientes Instrument der schweizerischen Klimapolitik bewährt. Sie wird allerdings nur auf rund einem Drittel der CO₂-Emissionen erhoben. Diese Einschränkung beeinträchtigt eine noch effizientere Emissionsminderung im Inland.
3. Zur Effizienzbeurteilung reicht es nicht aus, alleine die expliziten CO₂-Abgabebesätze zu betrachten. Dabei werden weder andere bestehende Abgaben auf fossilen Energieträgern – wie beispielsweise die Mineralölsteuer oder die Mehrwertsteuer – noch der lokale Zusatznutzen einer Emissionsminderung – wie etwa geringere Gesundheitskosten durch die Reduktion von Luftverschmutzung – berücksichtigt. Das Konzept des impliziten CO₂-Preises kann diese Mängel beheben. Die Ergebnisse zeigen, dass auch die impliziten CO₂-Preise je nach Verwendung der fossilen Energie unterschiedlich und teilweise sogar negativ sind. Weil negative implizite CO₂-Preise bedeuten, dass die Verbraucherpreise nicht einmal die inländisch anfallenden Kosten decken, liesse sich in diesen Fällen schon wegen des lokalen Zusatznutzens eine Preisanhebung rechtfertigen.
4. Durch eine fahrleistungsabhängige Personenwagenabgabe, wie sie schon beim Schwerverkehr mit der LSVA besteht, sowie durch einen Zuschlag auf den Zertifikatspreis im Rahmen des Emissionshandelssystems könnten die impliziten Preise angeglichen und eine effizientere Emissionsvermeidung im Inland erreicht werden. Ausserdem würde ein stabiler Zertifikatspreis die Planungssicherheit für Investitionen erhöhen.

Ausgangslage

Am 12. Dezember 2015 hat sich die internationale Staatengemeinschaft an der Klimakonferenz in Paris auf das Ziel geeinigt, den Anstieg der durchschnittlichen Erdtemperatur deutlich unter 2°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu halten und Anstrengungen zu unternehmen, den Temperaturanstieg auf 1,5°C zu begrenzen (United Nations 2015). Im Unterschied zum vorangehenden Kyoto-Protokoll sollen dazu weltweit möglichst alle Länder einen Beitrag leisten.

Zur Erreichung dieser Vorgaben wurden die Staaten aufgefordert, national festgelegte Reduktionsziele und Vermeidungsstrategien für Treibhausgasemissionen einzureichen und über deren Zielerreichung regelmässig Bericht zu erstatten. Zudem sollen die Anstrengungen zur Reduktion der Treibhausgase alle fünf Jahre verstärkt werden.

Die Schweiz emittierte im Referenzjahr 1990 knapp 54 Mio. t CO₂-eq. «eq.» steht für Äquivalente, bei deren Bestimmung die verschiedenen Treibhausgase entsprechend ihrem globalen Erwärmungspotenzial in CO₂-Mengen umgerechnet werden (Bundesamt für Umwelt 2018). Diese Emissionen sollen bis im Jahr 2030 um 50% gesenkt werden. (Zur Diskussion der Ziele, vgl. IPCC 2018, Bretschger et al. 2018 und Piana 2018.) Nachdem das eidgenössische Parlament dem Vorgehen zugestimmt hatte, ratifizierte die Schweiz das Klimaabkommen im Oktober 2017 als 149. Land. Durch die Ratifikation wurde das Verminderungsziel definitiv. Die Emissionsziele sind

allerdings nur politisch, nicht aber völkerrechtlich verbindlich. Deshalb sieht das Pariser Abkommen für den Fall, dass die Länder ihre Ziele verfehlen, auch keine Sanktionen vor (Bundesrat 2016).

Infolge des neuen Klimaabkommens soll das bestehende CO₂-Gesetz für die Zeit nach 2020 totalrevidiert werden. Nach abgeschlossenem Vernehmlassungsverfahren hat der Bundesrat im Dezember 2017 die Botschaft zum neuen Gesetz vorgelegt, so dass die parlamentarische Beratung der Gesetzesrevision Anfang 2018 beginnen konnte. Zum Zeitpunkt des Erscheinens dieses Beitrages hat der Nationalrat den Entwurf des Gesetzes zuerst in verschiedenen Punkten abgeändert und dann in der Schlussabstimmung gänzlich abgelehnt. Das bedeutet aller Voraussicht nach nicht, dass die Schweiz zukünftig keine Klimapolitik mehr machen wird, sondern zeigt viel mehr, wie stark die Meinungen über die richtige Art der Klimapolitik der Schweiz divergieren.

An dieser Stelle setzt das vorliegende White Papers an, indem es die im ursprünglichen Revisionsentwurf des CO₂-Gesetzes vorgesehenen Massnahmen zusammen mit der bestehenden Bepreisung des fossilen Energieverbrauchs ökonomisch analysiert. Dazu diskutieren wir im nächsten Abschnitt die grundsätzliche Frage, welche Vor- und Nachteile Verminderungen von CO₂-Emissionen im Inland oder im Ausland mit sich bringen. Die ursprüngliche Vorlage des revidierten CO₂-Gesetzes geht davon aus, dass mindestens

drei Fünftel der Emissionsminderung im Inland realisiert werden sollen. Deswegen konzentrieren sich die danach folgenden Abschnitte auf inländische Massnahmen. Dabei geht es um die Fragen, ob und vor allem wie effizient die Vorgaben mit dem geplanten Massnahmenmix erreicht werden können. Den Schwerpunkt legen wir dabei auf die unterschiedliche Bepreisung der CO₂-Emissionen; andere Instrumente wie Gebote und Verbote werden nur am Rande diskutiert. Als Effizienzkriterium dient die Kosten-Effektivität. Sie ist dann gegeben, wenn das vereinbarte Minderungsziel zu möglichst tiefen Kosten erreicht wird. Auf Basis dieser Analyse lassen sich verschiedene Handlungsempfehlungen ableiten, die im Schlussabschnitt präsentiert werden.

Auch wenn der Fokus der vorliegenden Analyse vor allem auf Effizienz gerichtet ist, soll dies nicht heissen, dass bei der Beurteilung der Klimapolitik nicht auch andere Aspekte wie Verteilungseffekte, soziale Akzeptanz und administrative Kosten von Bedeutung sind (siehe dazu z.B. Goulder und Parry 2008). Zudem sind neben einer ökonomischen Beurteilung natürlich auch naturwissenschaftliche, technische und juristische Fragen von Belang, die hier nicht analysiert werden.

Die Revision des CO₂-Gesetzes soll zwar alle Treibhausgasemissionen umfassen (und trägt im Entwurf offiziell auch den Titel Bundesgesetz über die Verminderung der Treibhausgasemissionen), dennoch beschränken wir uns im Folgenden auf CO₂-Emissionen. Diese machen den

grössten Teil der gesamten Treibhausgasemissionen in der Schweiz aus, und mit dem revidierten Gesetz sollen insbesondere diejenigen CO₂-Emissionen vermindert werden, die auf die energetische Nutzung fossiler Brenn- und Treibstoffe zurückzuführen sind.

Inländische versus ausländische Emissionsminderung

Treibhausgase breiten sich global und unabhängig vom Emissionsstandort in der Atmosphäre aus. Der Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur ist also nicht abhängig davon, wo auf der Welt zusätzliche Mengen CO₂ emittiert werden. Aus diesem Grunde sollte das Problem auch global angegangen werden – wie dies zuerst mit dem Kyoto-Protokoll und neu durch das Pariser Abkommen zum Klimaschutz versucht wurde und wird. Damit stellt sich aber auch die Frage, welcher Anteil der schweizerischen Verminderungsverpflichtung im In- und welcher im Ausland realisiert werden soll. Diese Frage lässt sich aus wissenschaftlicher Sicht quantitativ nicht präzise beantworten und wird in der gegenwärtigen parlamentarischen Diskussion kontrovers diskutiert, weil es sowohl Argumente für als auch gegen Emissionsminderungen im In- bzw. im Ausland gibt. Folgende Punkte sind dabei von besonderer Bedeutung:

Für eine ausländische Emissionsminderung spricht das Kostenargument: Emissionen sollen dort vermieden werden, wo dies global am kostengünstigsten ist. Das muss nicht heissen, dass die Vermeidung

der Emissionen auch von demjenigen Land finanziert wird, in welchem sie stattfindet. So kann beispielsweise die Schweiz über den Kauf von internationalen Emissionsminderungsbescheinigungen Treibhausgase im Ausland reduzieren und sich diese an die eigene nationale Verminderungsverpflichtung anrechnen lassen.

Ein weiteres Argument für eine internationale bzw. gegen eine nationale Vermeidungsstrategie ist das so genannte Leaking: Wenn die Vermeidung im Inland zu relativ hohen Kosten führt, besteht ein Anreiz, Produktionsaktivitäten und die damit verbundenen Emissionen ins Ausland zu verlagern (Böhringer et al. 2012). Damit kommt es zwar im Inland zu einer Emissionsminderung, weil aber als Folge davon im Ausland mehr emittiert wird, ergibt sich unter dem Strich global gesehen unter Umständen gar keine Reduktion. Leaking tritt vor allem bei energieintensiven und exportorientierten Unternehmen auf, wenn diese im Inland stärker als im Ausland reguliert werden. Aus diesem Grunde sehen nationale Regulierungen für solche Unternehmen häufig Ausnahmeregelungen vor. In der Schweiz zeigt sich dies etwa darin, dass im Rahmen des Emissionshandelssystems ein grosser Teil der Emissionsrechte frei an die Emittenten vergeben wird.

Ein gewichtiger Einwand gegen ausländische Emissionsvermeidung bezieht sich auf die Qualität der internationalen Emissionsbescheinigungen. Damit diese auch tatsächlich zu Minderungen führen, müssen

sie das Additionalitäts-Kriterium erfüllen: Für Emissionsvermeidungen darf nur dann eine Gutschrift erstellt werden, wenn die Vermeidung ohne die Einnahmen durch den Verkauf der Gutschrift nicht getätigt worden wäre. So erfüllt beispielsweise der Bau einer Windturbine in China, die unabhängig von den Einnahmen durch den Verkauf der Minderungsgutschrift realisiert worden wäre, das Additionalitäts-Kriterium nicht. Eine Überprüfung des Kriteriums ist darum besonders schwierig, weil die Referenz häufig hypothetisch ist: Man weiss also beispielsweise nicht sicher, ob die Windturbine sowieso gebaut worden wäre oder nicht. Cames et al. (2016) kommen bei einer Analyse von über 5'600 Projekten im Rahmen des Clean Development Mechanism unter dem Kyoto-Protokoll zum Schluss, dass die Wahrscheinlichkeit der Additionalität bei 85% der Projekte und bei 73% der bescheinigten Emissionen gering ist. Eine hohe Wahrscheinlichkeit der Additionalität wird nur 2% der Projekte bzw. 7% der bescheinigten Emissionen attestiert. Im Entwurf des revidierten CO₂-Gesetzes werden in Artikel 6 zwar strikte Anforderungen an internationale Bescheinigungen bezüglich Additionalität und Vermeidung von Doppelzählungen gestellt, doch ihre Umsetzung hängt auch von den internationalen Kontrollverfahren ab, die im Rahmen des Pariser Abkommens erst entwickelt und implementiert werden müssen.

Ungeachtet dieser Kontrollprobleme dürfte es zunehmend schwieriger bzw. teurer werden, Emissi-

onsminderungen im Ausland zu realisieren, weil fast die gesamte internationale Staatengemeinschaft am Pariser Abkommen beteiligt ist und neu auch ärmere Länder Verpflichtungen zur Emissionsminderung eingegangen sind. So zeigen Daten der Weltbank, dass die Weltbevölkerung etwa hälftig in Ländern mit tiefem oder tiefem mittlerem Einkommen und zur anderen Hälfte in Ländern mit höherem mittlerem oder hohem Einkommen lebt (<https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.KT>). Die reichere Ländergruppe emittiert aber 87% der globalen CO₂-Emissionen. Will diese Gruppe ihre Emissionen deutlich reduzieren, so muss das intern geschehen, ganz einfach darum, weil die notwendige Minderungs- menge die Gesamtemissionen der armen Ländergruppe übersteigt.

Eine andere Frage ist, ob die zu erwartende Verknappung internationaler Emissionsbescheinigungen einen politischen Eingriff rechtfertigt, der mehr inländische Emissionsvermeidung zum Ziel hat. Wenn die wirtschaftlichen Akteure diese Verknappung voraussehen und langfristig planen, ist davon auszugehen, dass sie dies bereits in die gegenwärtigen Investitionsentscheidungen einfließen lassen. Eine ähnliche Diskussion wird auch in Bezug auf die Förderung von zukunftssträchtigen sauberen Technologien geführt. Auch hier stellt sich die Frage, ob der Staat als Regulierer eingreifen soll oder ob man davon ausgehen kann, dass private Investoren zukünftige Entwicklungen besser voraussehen.

Eindeutiger ist der Sachverhalt, wenn

beim Verbrauch von fossiler Energie externe Kosten (siehe Box) nicht nur global aufgrund des Klimawandels, sondern auch im Inland anfallen, beispielsweise aufgrund lokaler Luftverschmutzung. In diesem Fall würde ein inländischer Verbrauchsrückgang zu einem Zusatznutzen in Form von geringeren Kosten im Inland führen (OECD 2000 und IPCC 2014). Dieser Aspekt wird im Zusammenhang mit dem weiter unten erörterten Konzept des impliziten CO₂-Preises nochmals aufgenommen.

Die ursprüngliche Vorlage des CO₂-Gesetzes sieht vor, dass mindestens 60% der gesamten Emissionsminderung bis im Jahre 2030 im Inland erfolgen. In diesem Zusammenhang gilt es anzumerken, dass die geplante Verknüpfung des Emissionshandelssystems mit der Europäischen Union dazu führen würde, dass der Kauf von Emissionszertifikaten auch dann der inländischen Reduktion angerechnet wird, wenn die Emissionen im Ausland vermieden werden (Bundesrat 2017, S. 27). Auch wenn aufgrund der aktuellen parlamentarischen Kontroverse nicht absehbar ist, wie gross der Inlandanteil zukünftig sein wird, ba-

sieren die folgenden Ausführungen auf den Vorgaben des bundesrätlichen Gesetzesentwurfs, ohne diese weiter zu hinterfragen und fokussieren auf Massnahmen zur inländischen Emissionsvermeidung. Die Aussagen zur Effizienz dieser Massnahmen gelten aber unabhängig von der konkreten Festlegung einer Zielvorgabe.

Massnahmen zur inländischen Emissionsminderung

Um die im Pariser Abkommen eingegangenen Verpflichtungen zu erfüllen, werden im Entwurf des totalrevidierten CO₂-Gesetzes keine grundsätzlich neuen Massnahmen vorgeschlagen, sondern die bestehenden Massnahmen verstärkt bzw. erweitert. (Eine ausführliche Erörterung der bestehenden Massnahmen findet sich in Betz et al. 2015.)

So ist vorgesehen, die CO₂-Abgabe auf Brennstoffe in unveränderter Form weiterzuführen. Der maximal mögliche Abgabesatz soll aber von bisher 120 auf neu 210 CHF/t CO₂ angehoben werden. Betreiber von grossen und emissionsintensiven Anlagen sollen weiterhin von der CO₂-Abgabe ausgenommen wer-

Externe Kosten

Externe Kosten oder negative Externalitäten sind Kosten von Marktaktivitäten, welche nicht von den Verursachern, sondern von Dritten getragen werden. Weil externe Kosten nicht in den Marktpreisen enthalten sind, ist der Preis von Gütern, deren Produktion bzw. Konsum externe Kosten verursachen, zu tief und die gehandelte Menge zu gross. Umweltbelastung ist das klassische Beispiel einer negativen Externalität und eines damit verbundenen Marktversagens. So bezeichnet Stern in einem viel beachteten Bericht zuhanden der britischen Regierung den vom Menschen verursachten Klimawandel als «the greatest market failure the world has ever seen» (Stern 2007, S. viii).

den, sind aber verpflichtet, am Emissionshandelssystem teilzunehmen, welches neu mit dem europäischen Handelssystem verknüpft werden soll. Ebenfalls ist geplant, dass sich ortsfeste Anlagen, deren jährlicher CO₂-Abgabebetrag 15'000 Franken übersteigt, von der Abgabe befreien lassen können, wenn sie sich gegenüber dem Bund im Rahmen einer Zielvereinbarung zu einer bestimmten Emissionsverminderung verpflichten.

Die Einnahmen aus der CO₂-Abgabe sollen gemäss Gesetzesentwurf nur noch bis 2025 teilweise zweckgebunden sein und im Rahmen des Gebäudeprogramms zur Förderung von energetischen Sanierungen bei Gebäuden verwendet werden. Neben dem CO₂-Gesetz sind im Gebäudebereich auch die Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE) zur Regelung des Energieverbrauchs von Neubauten von Bedeutung.

Wie bisher soll auf Treibstoffe keine CO₂-Abgabe erhoben werden. Dafür ist bereits im geltenden CO₂-Gesetz neu geregelt, dass der durchschnittliche Grenzwert für die ab 2020 neu in Verkehr gesetzten Personenwagen auf durchschnittlich 95 Gramm CO₂/km verschärft wird. Erstmals gilt ab 2020 auch für Lieferwagen und leichte Sattelschlepper bis zu einem Gewicht von 3.5 Tonnen ein Grenzwert in der Höhe von 147 Gramm CO₂/km. Diese Vorgaben sollen gemäss Gesetzesentwurf nach 2024 in Anlehnung an die EU-Vorschriften weiter abgesenkt werden können. Zudem sollen Händler von fossilen Treibstoffen wie bis anhin

einen grossen Teil der CO₂-Emissionen, welche beim Verbrauch des Treibstoffes entstehen, durch die Finanzierung von Emissionsminderungsprojekten im In- oder Ausland kompensieren.

Da die Emissionen des Flugverkehrs zwischen der Schweiz und dem EWR ebenfalls ins europäische Emissionshandelssystem integriert werden sollen, sind deren Regelung neu auch im Vorschlag des revidierten CO₂-Gesetzes vorgesehen, obwohl sie wie auch die restlichen internationalen Flugverkehrsemissionen nicht Teil der Schweizer Reduktionsverpflichtungen sind (Bundesamt für Umwelt 2018, S. 7).

Im Folgenden werden die Massnahmen des ursprünglichen Revisionsentwurfs des CO₂-Gesetzes vorgesehen. Dabei erörtern wir zuerst,

welche Wirkungen die Massnahmen haben und ob damit die politisch ursprünglich vorgegebenen Ziele erreicht werden können. Im Anschluss diskutieren wir, ob die Massnahmen in Kombination mit der bestehenden Bepreisung des fossilen Energieverbrauchs auch effizient sind, ob also die Emissionsminderung zu möglichst geringen Kosten erfolgt. Ergänzend gehen wir auf die Verteilungswirkung der marktwirtschaftlichen Instrumente ein.

Die Wirksamkeit der inländischen Massnahmen

Gesamthaft müssen aufgrund der internationalen Verpflichtung bis 2030 knapp 27 Mio. t CO₂-eq (50% von 54 Mio. t) gegenüber 1990 vermieden werden, davon sollen gemäss ursprünglichem Entwurf des revidierten CO₂-Gesetzes mindes-

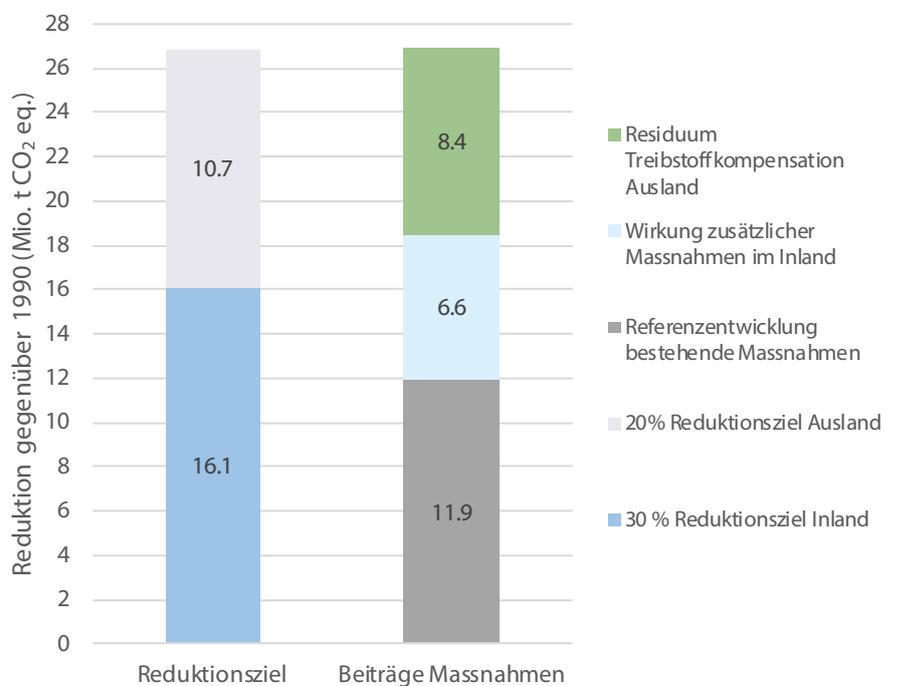


Abbildung 1: Zielvorgaben ursprünglicher Gesetzesentwurf und Wirkung der Massnahmen (Daten übernommen aus Bundesamt für Umwelt 2017. Dabei werden neben CO₂-Minderungen auch Reduktionen von anderen Treibhausgasen, etwa aus dem Agrarsektor, ausgewiesen. Deswegen sind die Zahlen in CO₂-eq. angegeben.)

tens 16.2 Mio. t im Inland realisiert werden.

Die erwarteten Wirkungen der Massnahmen des Gesetzesentwurfes werden im Synthesebericht zur volkswirtschaftlichen Beurteilung der Totalrevision des CO₂-Gesetzes (Bundesamt für Umwelt 2017) ausgewiesen. Um abzuschätzen, inwiefern die Verstärkung der verschiedenen Massnahmen im revidierten CO₂-Gesetz zur Zielerreichung beiträgt, wurde ein Referenzszenario auf der Basis eines allgemeinen Gleichgewichtsmodells berechnet (Vielle und Thalmann 2017).

Abbildung 1 zeigt, dass gemäss diesen Berechnungen zur Erreichung einer inländischen Emissionsreduktion von -30% bereits 11.9 Mio. t durch die Referenzentwicklung abgedeckt werden, weil sowohl die bestehenden Massnahmen – etwa die CO₂-Abgabe in der Höhe von

derzeit 96 CHF/t CO₂ – auch ohne Verstärkung über 2020 hinaus wie auch der autonome technische Fortschritt zu einer Emissionsreduktion führen. Darüber hinaus wird geschätzt, dass durch die geplante Verstärkung der Massnahmen im revidierten CO₂-Gesetz eine zusätzliche inländische Reduktion von 6.6 Mio. t CO₂-eq. erreicht würde, wobei Massnahmen im Gebäudebereich mehr als die Hälfte dazu beitragen. Zusammen mit den 11.9 Mio. t der Referenzentwicklung ergäbe dies eine Gesamtreduktion von 18.5 Mio. t. Damit könnte also mehr als eine 30%-ige Emissionsreduktion (16.2 Mio. t CO₂-eq.) im Inland realisiert werden.

Als Residuum verbleibt eine ausländische Reduktionsmenge von 8.4 Mio. t CO₂-eq. Diese Vermeidung soll gemäss ursprünglichem Gesetzesentwurf grösstenteils durch eine

entsprechende ausländische Kompensation der inländischen Treibstoffemissionen erreicht werden (siehe Abbildung 1, Seite 6).

Zur Effizienz des inländischen Massnahmenpakets

Allgemein werden Emissionen dann zu den geringsten Kosten vermieden, wenn die Vermeidungskosten einer zusätzlichen Einheit über alle Emittenten hinweg ausgeglichen sind. Dies lässt sich prinzipiell durch einen einheitlichen Preis auf den Emissionen erreichen. Bei diesem sogenannten Preis-Standard-Ansatz (Baumol und Oates 1971) vermeiden Emittenten Emissionen, wenn deren Vermeidung günstiger als ihr Preis ist. Emittenten, deren Vermeidungskosten höher als der Preis sind, werden dagegen nicht vermeiden, sondern entscheiden sich dafür, den Preis zu bezahlen. Da alle Emittenten diesem Kalkül folgen,

	CO ₂ -Abgabe	Mehrwertsteuer	spezifische Abgaben				
			Zertifikatspreis	Mineralölsteuer	LSVA	Kompensationsabgabe	Lärmgebühr & Emissionsabgabe
Brennstoffe (CO ₂ -Abgabe): 33% ¹⁾	✓	✓	-	(✓)	-	-	-
Brennstoffe (EHS): 13%	-	✓	✓	(✓)	-	-	-
Brennstoffe (Zielvereinbarung): 4%	-	✓	-	(✓)	-	-	-
Treibstoffe (nicht-LSVA): 33%	-	✓	-	✓	-	✓	-
Treibstoffe (LSVA): 4%	-	✓	-	✓	✓	✓	-
Flugtreibstoffe Europa: 7%	-	-	✓ ²⁾	-	-	-	✓
Flugtreibstoffe aussereurop.: 6%	-	-	-	-	-	-	✓

¹⁾ Jeweiliger Anteil am Total der in der Tabelle erfassten CO₂-Emissionen

²⁾ Bei vorgeschlagener Anbindung an der europäische Emissionshandelssystem

Tabelle 1: Die verschiedenen Abgaben auf der Verwendung von fossiler Energie

werden nur die relativ günstigen Vermeidungsmassnahmen ergriffen und die Emissionen zu möglichst geringen Kosten vermieden.

Mit der CO₂-Abgabe besteht in der Schweiz ein preisbasiertes marktwirtschaftliches Instrument, das an sich eine gute Kosten-Effektivität aufweist. Fauceglia et al. (2018) zeigen, dass die CO₂-Abgabe im Unternehmenssektor tatsächlich zur Minderung von Treibhausgasen beigetragen hat. Allerdings wird die Abgabe nur auf rund einem Drittel der CO₂-Emissionen erhoben (siehe Tabelle 1 und Bundesamt für Umwelt 2018). Eine so starke Beschränkung ist problematisch, auch wenn die Effizienz einer umfassenden und einheitlichen CO₂-Abgabe an verschiedene Bedingungen geknüpft ist, die in der Praxis selten erfüllt sind. Folgende Aspekte sind dabei von besonderer Bedeutung:

- Um die effektive Abgabebelastung zu bestimmen, die unter Umständen stark vom CO₂-Abgabesatz abweichen kann, müssen weitere preisliche Belastungen berücksichtigt werden (Landis et al. 2016). Tabelle 1 (Seite 7) zeigt, welche zusätzlichen und teilweise ganz unterschiedlichen direkten und indirekten Abgaben auf den verschiedenen Verwendungen von fossiler Energie erhoben werden. Dazu gehört zunächst einmal die Mehrwertsteuer zur Finanzierung allgemeiner öffentlicher Ausgaben, welche auf Brenn- und Treibstoffe, nicht aber auf Flugtreibstoffe erhoben wird. Zu den spezifischen Belas-

tungen zählen ausserdem der Zertifikatspreis im Rahmen des Emissionshandelssystems, die Mineralölsteuer auf Brenn- und Treibstoffe, die leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe LSWA, eine geringe Abgabe auf Treibstoffe des Strassenverkehrs zur Finanzierung von Kompensationsprojekten sowie eine Lärmgebühr und eine Emissionsabgabe beim Flugverkehr.

- Der Verbrauch von fossiler Energie verursacht wie erwähnt neben der globalen Erwärmung weitere externe Kosten im Inland, die je nach Verwendung unterschiedlich hoch sind. Speziell zu erwähnen ist in dieser Beziehung die lokale Luftverschmutzung. Weniger CO₂-Emissionen führen daher nicht nur zu einer geringeren globalen Erwärmung, sondern unter anderem auch zu weniger Luftbelastung und damit zu einem lokalen Sekundärnutzen als Folge der Reduktion des fossilen Energieverbrauchs. Studien für verschiedene Länder haben gezeigt, dass das Ausmass solcher Synergien der CO₂-Emissionsminderung beträchtlich sein kann und bei der Beurteilung der Klimapolitik nicht vernachlässigt werden sollte (Edenhofer et al. 2013, Nam et al. 2014, Parry et al. 2014, Parry 2017, Wei et al. 2018).
- Emittenten, welche die Abgabe bezahlen, müssen auch über Emissionsvermeidungen entscheiden können. Dieses Problem ist vor allem bei Miet-

wohnungen von Bedeutung, weil die Heizungskosten von den Mietern zu tragen sind, die Vermieter aber die Investitionsentscheidungen für energetische Sanierungen treffen (International Energy Agency 2007 und 2018). Vor diesem Hintergrund, und weil in der Schweiz die Mehrheit der Bevölkerung in Mietverhältnissen lebt, können Vorschriften im Gebäudebereich als Ergänzung zur CO₂-Abgabe sinnvoll sein.

Die beiden ersten obigen Punkte weisen darauf hin, dass zur Beurteilung der Effizienz der CO₂-Politik nicht alleine die explizite CO₂-Abgabe herbeigezogen werden kann, weil dabei weder andere Abgaben auf dem fossilen Energieverbrauch noch der lokale Zusatznutzen der Emissionsminderung berücksichtigt werden. Der Mangel lässt sich beheben, indem diese Aspekte über die Bestimmung von impliziten Preisen für CO₂-Emissionen einbezogen werden.

Dabei entsprechen die impliziten CO₂-Preise der verschiedenen Verwendungen der fossilen Energieträger der jeweiligen Differenz zwischen dem Bruttoverbraucherpreis und dem effizienten Preis aus nationaler Sicht. Der Bruttoverbraucherpreis enthält neben dem Produzentenpreis die Mehrwertsteuer und alle spezifischen Abgaben – inklusive der CO₂-Abgabe, wenn eine solche erhoben wird. Der effiziente nationale Preis umfasst alle verbrauchsabhängigen internen Kosten sowie die lokalen externen Kosten, nicht

aber die globalen externen Kosten aufgrund der globalen Erwärmung (siehe nähere Ausführungen dazu in Schleiniger 2016). In Abbildung 2 ist das Konzept am Beispiel eines positiven impliziten Preises dargestellt. Weil dabei der Bruttoverbraucherpreis höher ist als die inländisch anfallenden Kosten, kann die Differenz in diesem Fall als der Teil des Preises interpretiert werden, der als implizite Lenkungsabgabe der Verminderung von CO₂-Emissionen dient.

Da der so bestimmte implizite CO₂-Preis also den effektiven Preis wiedergibt, den die Emittenten pro Tonne CO₂ zahlen, dient er als besserer Effizienzindikator für die Klimapolitik als der explizite CO₂-Abgabesatz. Je ausgeglichener der implizite CO₂-Preis über die verschiedenen Verwendungen der fossilen Energie ist, desto kostengünstiger ist die gesamte Emissionsvermeidung. Denn

dadurch wird verhindert, dass an einem Ort relativ teuer vermieden wird, obwohl an anderen Orten dieselben Emissionen zu tieferen Kosten vermindert werden könnten.

Zur Bestimmung der impliziten Preise müssen einerseits die verschiedenen Abgabebelastungen aufsummiert und andererseits die lokalen externen Kosten der einzelnen Verwendungen der fossilen Energie in Geldeinheiten ausgedrückt werden. Die viel schwierigere und mit grössten Unsicherheiten verbundene Monetarisierung der Folgen der globalen Erwärmung ist dagegen zur Berechnung der impliziten Preise nicht notwendig.

In Tabelle 2 ist eine Schätzung der impliziten CO₂-Preise auf der Basis der aktuell geltenden Abgabesätze für die verschiedenen Energieträger und Massnahmenregimes in der

Schweiz ausgewiesen. Dabei zeigt sich, dass die impliziten Preise nicht nur sehr unterschiedlich, sondern teilweise auch negativ sind.

- Beim Heizöl, das mit der expliziten CO₂-Abgabe belastet wird, ist der implizite Preis zwar positiv, aber kleiner als der aktuelle Abgabesatz von 96 CHF/t CO₂, weil ein Teil der Abgabe zur Deckung der lokalen externen Kosten abgezogen wird. Zur Bestimmung der externen Kosten wurden in der Schweiz umfangreiche Studien erstellt, deren Resultate in Ecoplan (2012) sowie in Ecoplan und Infrac (2014) umfassend dokumentiert sind. So wird etwa auf Basis des Leitschadstoffs PM10 geschätzt, dass es aufgrund der Luftbelastung in der Schweiz jährlich zu knapp 3'000 frühzeitigen Todesfällen kommt, was einem Verlust

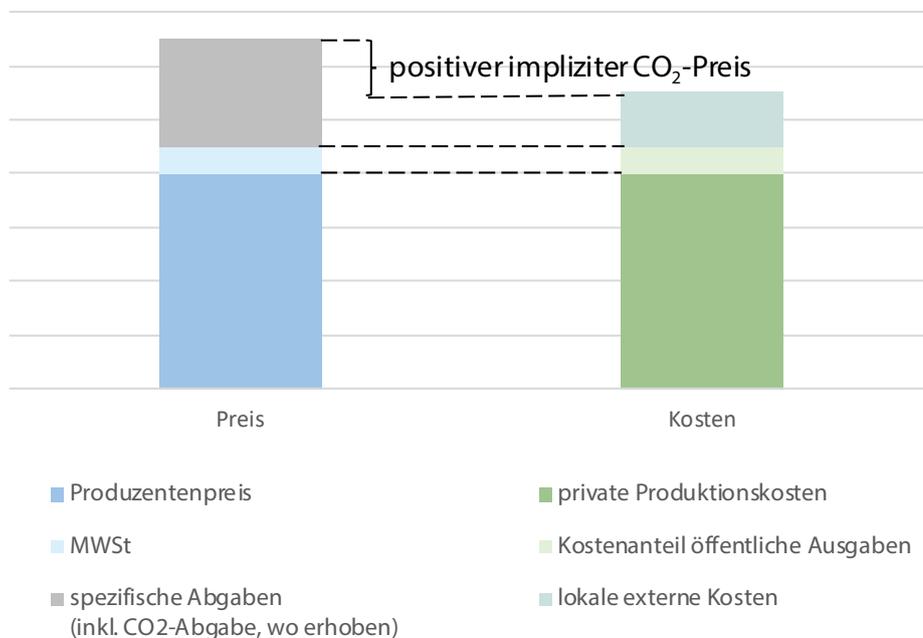


Abbildung 2: Schema impliziter CO₂-Preis

	CHF/t CO ₂
Heizöl (CO ₂ -Abgabe)	65
Heizöl (EHS)	-22 ¹⁾
Heizöl (Zielvereinbarung)	<57 ²⁾
Treibstoffe (nicht-LSVA)	-87
Treibstoffe (LSVA)	72
Flugtreibstoffe Europa	-54 ¹⁾
Flugtreibstoffe aussereurop.	-71

¹⁾ Verwendeter Zertifikatspreis: 17 CHF/t CO₂ (Durchschnittspreis für europäische Emissionsrechte Dezember 2017 bis November 2018)

²⁾ Unter Annahme, dass nur Massnahmen realisiert werden, die sich bei einer CO₂-Abgabe von 96 CHF/t CO₂ betriebswirtschaftlich lohnen

Tabelle 2: Schätzung implizierter CO₂-Preise (Berechnungen basieren auf Schleiniger 2016 und den aktuell geltenden Abgabesätzen)

von rund 30'000 Lebensjahren entspricht.

- Beim Heizölverbrauch im Rahmen des Emissionshandelssystems ist dagegen der implizite Preis negativ. Unter der Annahme, dass die Verbrennung einer Tonne Heizöl 0.5 kg PM10-Emissionen verursacht, deckt der durchschnittliche europäische Zertifikatspreis des letzten Jahres in der Höhe von 14 EUR bzw. 17 CHF/t CO₂ die lokalen externen Kosten nicht.
- Bei den Zielvereinbarungen, welche rund 4% der gesamten CO₂-Emissionen umfassen, lässt sich nur eine obere Grenze des impliziten Preises bestimmen, weil nicht bekannt ist, wie hoch die Vermeidungskosten bei den verschiedenen Vereinbarungen sind und angenommen wird, dass Vereinbarungen abgeschlossen werden, die sich auch bei einem tieferen als dem aktuellen CO₂-Abgabesatz lohnen (Ecoplan 2016).
- Bei der Berechnung der impliziten CO₂-Preise des Treibstoffverbrauchs im Strassenverkehr sind verschiedene Punkte speziell zu beachten. So beträgt die Mineralölsteuer auf Benzin und Diesel 73 bzw. 76 Rappen pro Liter, während sie bei Brennstoffen praktisch vernachlässigbar ist. Dabei gilt es allerdings zu berücksichtigen, dass beim Treibstoffverbrauch von Fahrzeugen auch Kosten in Form der Strassenbenutzung verursacht werden, zu deren Finanzierung die Mineralölsteuer herangezogen

wird.

Der Schwerverkehr wird zusätzlich mit der leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe (LSVA) belastet. Die LSVA ist insofern bemerkenswert, als damit ein eigentliches Internalisierungsinstrument zur Anwendung kommt. So hält das Schwerverkehrsabgabegesetz in Artikel 7 fest, dass der Ertrag der Abgabe die ungedeckten Wegekosten – also die externen Kosten – nicht übersteigen darf. Die aktuellen Sätze von 2.8 bis 3.1 Rappen pro Bruttotonnenkilometer entsprechen umgerechnet auf einen Liter Treibstoff rund 2 Franken. Das ist ein substantieller Betrag, der bei einer isolierten Betrachtung der CO₂-Abgabe gar nicht berücksichtigt würde. Dies zeigt, wie wichtig eine Gesamtbetrachtung der bestehenden Abgaben ist, da sonst die Abgabebelastung der einzelnen Verwendungen der fossilen Energie stark verzerrt wiedergegeben würde.

Auf der Kostenseite müssen beim Strassenverkehr neben den Kosten der lokalen Luftbelastung und der Strassenabnutzung auch externe Kosten von Lärm, Unfällen und Staus berücksichtigt werden (Bundesamt für Raumentwicklung 2018). Da ein grosser Teil dieser Kosten im Unterschied zu den CO₂-Emissionen nicht in Abhängigkeit des Treibstoffverbrauchs, sondern der Fahrleistung anfällt, sollte dies bei einem verursacherorientierten Abgabesystem

berücksichtigt werden.

In der Summe ergeben sich im Strassenverkehr stark unterschiedliche implizite CO₂-Preise für den Schwerverkehr und den Nicht-Schwerverkehr, der vor allem Personenwagen umfasst. Wegen der Belastung durch die LSVA liegt der Verbraucherpreis beim Schwerverkehr über den inländisch anfallenden Kosten, und der implizite Preis ist mit gut 70 Franken deutlich positiv. Im Unterschied dazu ist der implizite Preis beim Nicht-Schwerverkehr mit beinahe -90 Franken stark negativ. Dies ist insofern von grosser Tragweite, als die Treibstoffemissionen des Nicht-Schwerverkehrs rund einen Drittel aller inländischen CO₂-Emissionen ausmachen.

- Auch beim Flugverkehr ergeben sich deutlich negative implizite CO₂-Preise, weil die Flugtreibstoffe mit Ausnahme des Zertifikatspreises im Rahmen des geplanten Emissionshandelssystems nicht direkt belastet werden.

Die Herleitung der impliziten Preise ist mit verschiedenen Unsicherheiten verbunden. Die Ergebnisse sind unter anderem vom verwendeten Wert eines statistischen Lebens abhängig. Die in der Tabelle ausgewiesenen Zahlen basieren auf einer konservativen Wertschätzung. Bei höheren Werten für ein statistisches Leben resultiert ein grösserer Zusatznutzen durch die Emissionsminderung und es ergeben sich kleinere bzw. stärker negative implizite Preise. Die grossen Unterschiede der

impliziten Preise bleiben aber bestehen. Daraus lässt sich allgemein ableiten, dass es Möglichkeiten gibt, die CO₂-Emissionen in der Schweiz kostengünstiger zu vermeiden. Bei negativen impliziten Preisen würde sich eine Preiserhöhung sogar ohne Berücksichtigung des globalen Klimawandels lohnen, um dadurch zumindest die inländisch anfallenden externen Kosten zu decken (siehe dazu auch Parry 2017).

Die Verteilungswirkungen der marktwirtschaftlichen Instrumente

Die Flexibilität von marktwirtschaftlichen Instrumenten und der relativ einfache Vollzug im Vergleich zu Vorschriften und Geboten, bei denen keine oder wenig Rücksicht auf die unterschiedlichen Vermeidungskosten der Emittenten genommen wird, ermöglicht eine Emissionsvermeidung zu tiefen Kosten. Als Folge ist auch die Belastung relativ klein, welche die einzelnen wirtschaftlichen Akteure bei diesen Instrumenten im Durchschnitt zu tragen haben.

Marktwirtschaftliche Instrumente führen aber zu grösseren Umverteilungen als dies bei Vorschriften wie Emissionsgrenzwerten der Fall ist (Böhringer et al. 2017). Der Grund für die stärkere Umverteilungswirkung ist, dass bei Instrumenten, die über den Preis wirken, neben den Vermeidungskosten auch Zahlungen auf den verbleibenden Emissionen anfallen, sei es durch eine Lenkungsabgabe auf den Restemissionen oder durch den Kauf bzw. die Ersteigerung von Emissionszertifikaten. Diese Zahlungen stellen keine volkswirtschaftlichen Kosten dar,

sondern Transfers von den privaten Haushalten und den Unternehmen an den Staat. Die Verteilungswirkung solcher Instrumente ist daher entscheidend davon abhängig, wie die staatlichen Einnahmen verwendet werden.

Grundsätzlich können durch die Verwendung von staatlichen Einnahmen bzw. die Art der Vergabe von Emissionsrechten unerwünschte Verteilungswirkungen korrigiert werden. Die Frage, welche Verteilungswirkung unerwünscht ist, lässt sich dabei nur politisch beantworten.

In der Schweiz werden rund zwei Drittel der Einnahmen aus der CO₂-Abgabe im Verhältnis der Abgabeerträge an Wirtschaft und Bevölkerung zurückverteilt und ein Drittel der Einnahmen fliesst in das Gebäudeprogramm. Die Zweckbindung soll gemäss ursprünglichem Revisionsentwurf des CO₂-Gesetzes Ende 2025 auslaufen; danach soll das gesamte Aufkommen zurückverteilt werden. Die Rückverteilung an die Bevölkerung erfolgt pro Kopf und hat zur Folge, dass die Abgabe inklusive Rückverteilung die Einkommensdisparitäten tendenziell vermindert. Der Grund dafür ist, dass der Energieverbrauch und damit auch die CO₂-Abgabezahlungen mit dem Haushaltseinkommen ansteigen. Daher zahlen reiche Haushalte einen grösseren Abgabebetrag als arme Haushalte. Bei einer Pro-Kopf-Rückverteilung ergibt sich daher per Saldo eine Umverteilung von reich zu arm. Die Rückverteilung an die Unternehmen erfolgt in Abhängigkeit der AHV-Lohnsumme.

Damit verbleiben die Einnahmen im Unternehmenssektor, ohne dass dadurch die Anreizwirkung zur Emissionsvermeidung verloren geht. Innerhalb der Unternehmen, die mit der CO₂-Abgabe belastet werden, kommt es allerdings zu einer Umverteilung von relativ energieintensiven zu relativ arbeitsintensiven Unternehmen.

Im Rahmen des Emissionshandelsystems wird der grösste Teil der Emissionsrechte gratis an die Unternehmen verteilt. Dadurch steigen die Gesamtkosten der Unternehmen nur wenig an, und die internationale Wettbewerbsfähigkeit ist kaum beeinträchtigt. Im bestehenden Schweizer Emissionshandelssystem mit grosszügiger freier Vergabe werden die Emissionsrechte jedoch kaum gehandelt, und es bestehen nur wenig Anreize zur Emissionsminderung. Alternativ könnten die Emissionsrechte auch versteigert und die Einnahmen an die beteiligten Unternehmen zurückverteilt werden. Durch die Versteigerung wären alle Unternehmen gezwungen, sich am Handel zu beteiligen. Dies würde, auch wenn das nationale Handelssystem nicht mit dem europäischen System verknüpft würde, die Liquidität erhöhen und im Unterschied zur freien Vergabe zu einem klareren und stabileren Preissignal führen.

Handlungsempfehlungen

Das vorliegende White Paper befasst sich mit den vom Bundesrat im Rahmen der Revision des CO₂-Gesetzes ursprünglich vorgeschlagenen Massnahmen zur Reduktion der CO₂-Emissionen sowie der Be-

preisung von fossilen Brenn- und Treibstoffen. Dementsprechend beziehen sich auch die Handlungsempfehlungen auf energiepolitische Aspekte.

Der Entwurf des revidierten CO₂-Gesetzes sieht in seiner ursprünglichen Fassung vor, dass maximal 40% der angestrebten Reduktion im Ausland realisiert werden dürfen. Damit soll ermöglicht werden, kostengünstige Minderungspotenziale teilweise im Ausland auszuschöpfen. In Bezug auf den Kauf von internationalen Bescheinigungen über im Ausland erzielte Verminderungen von Treibhausgasemissionen gilt es allerdings Folgendes zu beachten:

- Bisher war die Additionalität solcher Bescheinigungen ein kritischer Punkt. Dadurch dass sich im Pariser Abkommen neu fast die gesamte Staatengemeinschaft zur Emissionseindämmung verpflichtet hat, ist zusätzlich ein besonderes Augenmerk auf die Verhinderung von Doppelzählungen zu richten. In Artikel 6 des Entwurfes des revidierten CO₂-Gesetzes wird diesem Problem explizit Rechnung getragen. Seine Durchsetzung wird aber von der konkreten Ausgestaltung der supranationalen Modalitäten über die grenzüberschreitenden Anrechnungen von Emissionsminderungen abhängen.
- Bei Entscheidungen über langfristige Investitionen muss die zukünftige Verknappung von internationalen Emissionsminderungsbescheinigungen als Folge des Pariser Abkommens

berücksichtigt werden. Damit kann vermieden werden, dass Investitionen nur kurzfristig, aber nicht langfristig rentieren.

Zur effizienten Vermeidung von inländischen Emissionen ist ein ausgeglichener impliziter CO₂-Preis von grosser Bedeutung. Im Unterschied zur expliziten CO₂-Abgabe werden dabei andere bestehende Abgaben sowie der Zusatznutzen einer inländischen Emissionsvermeidung miteinbezogen. Eigene Abschätzungen zeigen, dass die impliziten CO₂-Preise der verschiedenen Verwendungen von fossiler Energie sehr unterschiedlich und teilweise sogar negativ sind. Durch gezielte Preisanpassungen zur Korrektur von negativen Preisen liessen sich daher sowohl eine grössere Wirkung als auch eine bessere Effizienz erzielen. Namentlich geht es dabei um folgende Bereiche:

- Beim Personenwagenverkehr sollte die CO₂-Abgabe auch auf Treibstoffe ausgedehnt werden. Bei der konkreten Ausgestaltung der effizienten Preisgestaltung für Treibstoffe gilt es zu beachten, dass ein grosser Teil der lokalen externen Kosten nicht verbrauchs-, sondern fahrleistungsabhängig anfällt. Deshalb bietet sich für Personenwagen (inkl. Elektrofahrzeuge) eine fahrleistungsabhängige Verkehrsabgabe analog zur LSWA an. Die treibstoffabhängige Abgabe würde dann die CO₂-Abgabe und die verbrauchabhängigen lokalen externen Kosten, womöglich abgestuft nach Diesel- und Benzinfahrzeu-

gen, sowie die Mehrwertsteuer enthalten und damit geringer ausfallen als die heutige Mineralölsteuer. In der Summe würde der Personenwagenverkehr aber stärker belastet als aktuell und als in der Vorlage des Bundesrates geplant.

- Im Rahmen eines Emissionshandelssystems mit Europa liesse sich durch einen Preiszuschlag, der die Differenz zwischen dem Marktpreis der Emissionsrechte und den lokalen externen Kosten ausgleicht, verhindern, dass der von dem Emittenten zu zahlende Preis geringer als die lokal verursachten Schäden ist. Dadurch liesse sich auch das Problem umgehen, dass Emissionsminderungen durch den Kauf von europäischen Emissionsrechten ins Ausland verlagert werden, obwohl wegen des Zusatznutzens im Inland eine inländische Vermeidung vorteilhaft wäre. Ein ähnliches System wird bereits im Vereinigten Königreich für die Emissionen von Kraftwerken praktiziert (Abrell et al. 2018).
- Beim internationalen Flugverkehr, dessen Emissionen (wie auch diejenigen des internationalen Schiffsverkehrs) weder im Pariser Klimaabkommen noch im CO₂-Gesetz berücksichtigt werden, drängt sich zunächst und unabhängig von klimapolitischen Fragen die Belastung von Flugtreibstoffen mit der Mehrwertsteuer auf. Allerdings ist es der Schweiz aufgrund von internationalen Abkommen

(Chicago Konvention) untersagt, Flugtreibstoffe zu besteuern. Die Anpassung des Abkommens muss daher in Abstimmung mit der internationalen Gemeinschaft geschehen.

Während die CO₂-Emissionen des Flugverkehrs zwischen der Schweiz und dem EWR in das europäische Emissionshandelsystem eingebunden werden sollen, besteht für die Emissionen von Flügen mit Start oder Landung ausserhalb Europas

noch gar keine Preisregulierung (Sachverständigenrat für Umweltfragen 2017). Die Schweiz kann solche Massnahmen unilateral höchstens indirekt und unter Einhaltung der Chicago Konvention einführen. Sie kann sich aber im Rahmen des neuen Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA) dafür einsetzen, dass die CO₂-Emissionen des internationalen Flugverkehrs angemessen und möglichst bald

bepreist werden.

Das revidierte CO₂-Gesetz in seiner vom Bundesrat vorgeschlagenen Form kann im Rahmen der Energiestrategie 2050 einen wichtigen Beitrag zur Dekarbonisierung des Energiesystems leisten. Mit verschiedenen Anpassungen und Ergänzungen liesse sich der Weg dorthin allerdings kostengünstiger ausgestalten, vor allem dann, wenn durch gezielte Preiserhöhungen negative implizite Preise vermieden würden.

SCCER CREST

Das Competence Center for Research in Energy, Society and Transition (CREST) trägt zur Umsetzung der Energiestrategie 2050 bei, indem es detaillierte, forschungsbasierte Handlungsempfehlungen erarbeitet. Diese Empfehlungen sollen helfen, die Energienachfrage zu reduzieren, Innovationen zu fördern und den Anteil der regenerativen Energieerzeugung in einer kosteneffizienten Weise zu erhöhen.

In CREST arbeiten Forschungsgruppen aus neun grossen Schweizer Forschungsinstitutionen zusammen, die gemeinsam die Handlungsfelder Wirtschaft, Umwelt, Recht und Verhalten abdecken.

CREST ist eines der acht von Innosuisse geförderten Swiss Competence Centers for Energy Research (SCCER). Weitere Informationen zu unseren Forschungs- und Transfer-Aktivitäten finden Sie auf www.sccer-crest.ch.

Kontakt

Prof. Dr. Reto Schleiniger
Zentrum für Energie und Umwelt, ZHAW
reto.schleiniger@zhaw.ch

Autoren

Jan Abrell, ETH Zürich
Regina Betz, ZHAW
Mirjam Kosch, ETH Zürich
Valentino Piana, HES-SO Valais-Wallis
Reto Schleiniger, ZHAW (Lead)
Anna Stünzi, ETH Zürich

Redaktion

Michael Schär, SCHWINDL SCHÄR GmbH

Layout und Gestaltung

Fiona Vicent, Universität Basel

Referenzen

- Abrell, J., Kosch, M., Rausch, S. (2018) Using Machine Learning for Policy Evaluation: How Effective was the UK Carbon Tax? Working paper. Erhältlich auf Anfrage.
- Baumol, W. J., Oates, W.E. (1971) The Use of Standards and Prices for Protection of the Environment. *The Swedish Journal of Economics*, Vol. 73, No. 1, 42-54.
- Betz, R., Leu, T., Schleiniger, R. (2015) Disentangling the Effects of Swiss Energy and Climate Policies, SML Working Paper Series ISSN 2296-5025, No. 5.
- Böhringer, C., Carbone, J.C., Rutherford, T.F. (2012) Unilateral climate policy design: Efficiency and equity implications of alternative instruments to reduce carbon leakage, *Energy Economics* 34, 208-2017.
- Böhringer, C. et al. (2017) Promotion- or Steering-based Energy Policy: Assessing Efficiency and Distributional Impacts, ETH Zürich.
- Bretschger, L., Meulemann, M., Stünzi, A. (2018) Climate Policy Based on the Paris Agreement, In: Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, Elsevier, ISBN 9780124095489.
- Bundesamt für Umwelt (2017) Synthesebericht: Volkswirtschaftliche Beurteilung der klimapolitischen Massnahmen nach 2020, VOBU zur Totalrevision des CO₂-Gesetzes nach 2020, Bern.
- Bundesamt für Umwelt (2018) Emissionen von Treibhausgasen nach revidiertem CO₂-Gesetz und Kyoto-Protokoll, 2. Verpflichtungsperiode (2013–2020).
- Bundesamt für Energie (2018) Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2017.
- Bundesamt für Raumentwicklung (2018) Externe Kosten und Nutzen des Verkehrs in der Schweiz, Strassen-, Schienen-, Luft- und Schiffsverkehr 2015.
- Bundesrat (2016) Botschaft zur Genehmigung des Klimaübereinkommens von Paris, 16.083.
- Bundesrat (2017) Botschaft zur Totalrevision des CO₂-Gesetzes nach 2020, 17.071.
- Cames, M. et al. (2016) How additional is the Clean Development Mechanism? Analysis of the application of current tools and proposed alternatives, Berlin.
- Ecoplan (2012) Energiestrategie 2050 – volkswirtschaftliche Auswirkungen, Bern.
- Ecoplan und Infras (2014) Externe Effekte des Verkehrs 2010, Bern, Zürich and Altdorf.
- Ecoplan (2016) Externe Evaluation der Zielvereinbarungen: Umsetzung, Wirkung, Effizienz und Weiterentwicklung, im Auftrag des Bundesamtes für Energie.
- Edenhofer, O., Knopf, B. and Luderer, G. (2013) Reaping the benefits of renewables in a nonoptimal world. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Volume 110, 11666-11667.
- Fauceglia, D., Leu, T. and Müller, T. (2018) How do plants respond to a rising carbon tax? Empirical evidence on energy consumption and emissions. CREST Working Paper.
- Goulder, L., Parry, I. W. (2008) Instrument choice in environmental policy. *Review of Environmental Economics and Policy*, 2, 152–174.
- International Energy Agency (2007) Mind the Gap, Quantifying Principal-Agent Problems in Energy Efficiency, OECD/IEA, Paris.
- International Energy Agency (2018) Energy Policies of IEA Countries, Switzerland 2018 Review, OECD/IEA.

- IPCC (2014) Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change, Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press. IPCC (2014) Climate Change 2014, Synthesis Report.
- IPCC (2018), Global Warming of 1.5 °C, an IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty, Summary for Policymakers.
- Landis, F., Rausch, S. and Kosch, M. (2018) Differentiated Carbon Prices and the Economic Costs of Decarbonization, *Environmental and Resource Economics*, 70, 483-516.
- Nam, K.-M. et al., (2014) Synergy between pollution and carbon emissions control: Comparing China and the United States. *Energy Economics*, Volume 46, pp. 186-201.
- OECD (2000) Ancillary Benefits of Greenhouse Gas Mitigation, Proceedings of an IPCC CO-Sponsored Workshop, Paris.
- Parry, I., Veung, C. and Heine, D. (2014) How Much Carbon Pricing is in Countries' Own Interests? The Critical Role of Co-Benefits. IMF Working Paper 14/174.
- Parry, I. (2017) Reflections on the International Coordination of Carbon Pricing, in: Cramton, P. et al. (eds), *Global Carbon Pricing, The Path to Climate Cooperation*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England.
- Piana V. (2018), Towards 1.5°C-consistent next Paris NDCs: a comparison between Italian and Swiss transport decarbonization perspectives, accepted at SISC 2018 Conference.
- Sachverständigenrat für Umweltfragen (2017) Umsteuern erforderlich: Klimaschutz im Verkehrssektor, Sondergutachten, Berlin.
- Schleiniger, R. (2016) Implicit Prices of Fossil fuel Use in Switzerland, *Energy Policy* 96, 411-420.
- Stern, N. (2007) *The Economics of Climate Change*, Cambridge University Press.
- United Nations (2015) Paris Agreement. http://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf
- Vielle, M. and Thalmann, P. (2017) Updated Emissions Scenarios without Measures 1990-2035, Lausanne.
- Wei, X., Betz, R., MacGill, I. and Vithayasrichareon. P. (2018) Evaluation of Potential Co-benefits of Air Pollution Control and Climate Mitigation Policies for China's Electricity Industry, Working Paper.