



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Umwelt BAFU

Kosten und Potential der Reduktion von Treibhausgasen in der Schweiz

**Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulates 11.3523 von
Nationalrat Bastien Girod vom 15. Juni 2011**

Bern, 16. Dezember 2013

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
Zusammenfassung	2
Glossar	3
1 Einleitung.....	4
1.1 Ausgangslage.....	4
1.2 Auftrag und Inhalt des Berichts	4
1.3 Begrifflichkeiten	5
1.3.1 Referenzentwicklung	5
1.3.2 Reduktionspotenzial	5
1.3.3 Direkte Reduktionskosten	5
1.3.4 Volkswirtschaftliche Auswirkungen (Wohlfahrt und Bruttoinlandprodukt)	5
2 Reduktionspotenziale und –kosten in der Schweiz	6
2.1 Bestehende Literatur	6
2.2 Reduktionspotenziale und –kosten bis 2020.....	7
2.2.1 Modellgrundlagen	7
2.2.2 Szenarien	8
2.2.3 Berechnete CO ₂ -Einsparpotenziale	9
2.2.4 Berechnete Potenziale auf sektoraler Ebene.....	9
2.2.5 Berechnete Potenziale nach Energieträgern	10
2.2.6 Berechnete Potenziale nach Verwendungszwecken	11
2.2.7 Kosten der Emissionsreduktionen.....	14
2.2.8 Direkte Kosten im Szenario POM gegenüber Szenario WWB.....	14
2.3 Reduktionspotenziale und -kosten in der Landwirtschaft.....	15
2.3.1 Reduktionspotenziale in der Landwirtschaft.....	16
2.3.2 Reduktionskosten in der Landwirtschaft.....	16
3 Ausblick.....	16
4 Vorstösse mit ähnlichen Anliegen.....	19
4.1 Postulat Bourgeois (13.3682): Abhängigkeit der Landwirtschaft von fossilen Energien verringern	19
4.2 Postulat Bourgeois (13.3292): Vollständige Erfassung des energetischen Potenzials der Landwirtschaft	19
4.3 Interpellation Sommaruga (07.3860): Reduktion von Treibhausgasen – Kompensation vor allem im Ausland.....	19
4.4 Postulat Reymond (07.3592): Aktionsprogramm zur Verminderung des CO ₂ -Ausstosses ..	19
5 Schlussfolgerung.....	20
Anhang 1: Reduktionspotenziale und -kosten nach Szenarien bis 2050.....	22
Anhang 2: Fallbeispiel aus dem Gebäudebereich	28
Anhang 3: Rahmendaten	30

Zusammenfassung

Nationalrat Girod beauftragt in seinem Postulat den Bundesrat, eine Studie in Auftrag zu geben, welche die Potenziale in der Schweiz zur Reduktion der Treibhausgas-Emissionen und deren Kosten aufzeigt. Die Identifikation von Reduktionspotenzialen und -kosten ist zum einen für die Betreiber fossil-thermischer Kraftwerke und die Importeure fossiler Treibstoffe, die gemäss CO₂-Gesetz zur CO₂-Kompensation verpflichtet sind, von grossem Interesse. Zum anderen soll die Studie über den Zeitraum der aktuellen CO₂-Gesetzgebung hinaus Hinweise für eine mögliche zukünftige Ausrichtung der Klimapolitik geben.

Die Ergebnisse zeigen, dass bis 2020 mit gezielten, teilweise bereits geplanten Verschärfungen der bestehenden Instrumente Emissionseinsparungen im Umfang von knapp 20 % gegenüber dem Jahr 1990 möglich sind. Im Vergleich zu den Emissionen im Jahr 2010 beträgt die entsprechende Reduktion knapp 18%.

Die grössten Potenziale bestehen im Sektor Verkehr und bei den Wohngebäuden. In beiden Bereichen können bis 2020 um die 3 Mio. Tonnen CO₂ eingespart werden. Im Dienstleistungssektor beträgt das Reduktionspotenzial rund 1 Mio. Tonnen CO₂, in der Industrie etwa 0.4 Mio. Tonnen CO₂. Erzielt werden die Reduktionen in erster Linie über Fortschritte bei der Energieeffizienz und über Substitutionen zu Erneuerbaren oder weniger CO₂-intensiven Energieträgern.

Die Reduktionskosten liegen im Jahr 2020 je nach Sektor zwischen 150 und 320 CHF pro reduzierter Tonne CO₂, sie gehen aber längerfristig insbesondere im Verkehrssektor deutlich zurück. Die Klimapolitik orientiert sich bereits jetzt am international anerkannten 2°-Ziel. Darum werden frühzeitig wirksame Massnahmen umgesetzt, die in der kürzeren Frist noch mit Mehrkosten verbunden sein können, längerfristig aber zu sichtbaren Einsparungen führen. Die Kosten im Jahr 2020 sind daher in einem langfristigen Kontext zu sehen.

Würden die bestehenden Massnahmen und Instrumente bis 2050 fortgeführt und weiter verschärft, könnten die Emissionen bis dahin um rund 45% gegenüber 2010 reduziert werden. Die bestehenden Massnahmen legen somit bei kontinuierlicher Weiterentwicklung eine solide Basis für allfällige weitergehende Verpflichtungen, beispielsweise als Folge eines internationalen Abkommens mit konsequenter Ausrichtung auf das 2°-Ziel. Die Schweiz verfügt über genügend Reduktionspotenziale, um einen Beitrag zur Erreichung dieses Ziels zu leisten. Wenn die politischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen gegeben sind, können diese Potenziale zu sehr moderaten zusätzlichen Kosten erschlossen werden.

Glossar

ARE	Bundesamt für Raumentwicklung
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BFE	Bundesamt für Energie
BFS	Bundesamt für Statistik
BIP	Bruttoinlandprodukt
CHF	Schweizer Franken
CO ₂ eq	CO ₂ -Äquivalent
EBF	Energiebezugsfläche
EICom	Eidgenössische Elektrizitätskommission
ETH Zürich	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
IEA	International Energy Agency
IND & DL	Sektor Industrie & Dienstleistungen
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
NEP	Szenario „Neue Energiepolitik“
PHH	Sektor Private Haushalte (Wohngebäude)
Pkm	Personenkilometer
POM C	Szenario „Politisches Massnahmenpaket“ mit Stromangebotsvariante C (ab 2030 vermehrter Zubau von Gaskombikraftwerken)
POM C&E	Szenario „Politisches Massnahmenpaket“ mit Stromangebotsvariante C&E (ab 2030 vermehrter Zubau von Gaskombikraftwerken und Erneuerbaren)
SECO	Staatssekretariat für Wirtschaft
THG	Treibhausgas
THG-2020	ETH Zürich (2009): „THG 2020“ – Möglichkeiten und Grenzen zur Vermeidung landwirtschaftlicher Treibhausgase in der Schweiz
Tkm	Tonnenkilometer
USD/b	US-Dollar pro Barrel (Mass für Rohölpreis)
VEK	Sektor Verkehr
WWB	Szenario „Weiter wie bisher“

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Das Postulat „Kosten und Potenzial der Reduktion von Treibhausgasen in der Schweiz“ von Nationalrat Bastien Girod vom 15. Juni 2011 fordert den Bundesrat auf, eine Studie über die Potenziale zur Reduktion von Treibhausgasen in der Schweiz und deren Kosten in Auftrag zu geben. In der Begründung des Postulats hält Nationalrat Girod fest, dass verschiedene Studien zwar grosse Potenziale in unterschiedlichen Bereichen zeigen. Es fehle aber eine konsistente Beurteilung der Reduktionskosten sowie der Potenziale unter einheitlichen Annahmen.

Der Bundesrat anerkannte die Notwendigkeit einer umfassenden und auf einheitlichen Annahmen beruhenden Studie. Das Postulat wurde am 24. August 2011 vom Bundesrat zur Annahme beantragt und am 23. Dezember 2011 vom Nationalrat zur Beantwortung überwiesen.

1.2 Auftrag und Inhalt des Berichts

Das revidierte CO₂-Gesetz (SR 641.71), das seit dem 1. Januar 2013 in Kraft ist (CO₂-Gesetz), sieht vor, dass die Treibhausgasemissionen bis 2020 um 20% gegenüber 1990 reduziert werden. Diese Reduktion ist grundsätzlich mit Massnahmen im Inland zu erreichen.

Von besonderem Interesse ist die Aufdeckung inländischer Reduktionspotenziale und -kosten für die Betreiber fossil-thermischer Kraftwerke und für die Importeure fossiler Treibstoffe, welche gemäss CO₂-Gesetz zur CO₂-Kompensation verpflichtet sind. Der Bericht fokussiert darum insbesondere auf die Reduktionspotenziale (und die damit verbundenen Kosten), die bis zum Jahr 2020 erschlossen werden können.

Darüber hinaus ist die Identifikation von CO₂-Reduktionspotenzialen auch über den zeitlichen Geltungsbereich der aktuellen CO₂-Gesetzgebung hinaus von Bedeutung. Dadurch lassen sich bereits jetzt Erkenntnisse über eine mögliche zukünftige Ausrichtung der Klimapolitik (sowohl auf nationaler wie auch auf internationaler Ebene) gewinnen.

Im Rahmen der Energiestrategie 2050 werden erste Weichen für den Zeitraum über das Jahr 2020 hinaus gestellt. Grundlage für die neuen energiepolitischen Ziele sind umfangreiche Perspektivarbeiten, die mit Hilfe von Modellrechnungen Auskunft über den zukünftigen Energieverbrauch, die Entwicklung der Versorgung und die entsprechenden Kosten geben, in Abhängigkeit von den jeweils unterstellten Szenarioannahmen¹. In der Absicht, die längerfristigen Diskussionen zu den Reduktionspotenzialen und -kosten in der Klima- und der Energiepolitik auf eine einheitliche Basis zu stellen, wurde als Hauptgrundlage für diesen Bericht eine neue umfangreiche Studie² erarbeitet, die auf denselben Grundlagen, Annahmen und Szenarien aufbaut wie die Energieperspektiven 2050. In dieser Studie findet sich insbesondere auch eine ausführliche Beschreibung der Szenarien (siehe Kapitel 2.2.2) und eine Auflistung der darin umgesetzten Massnahmen.

Nach einer kurzen Erläuterung der wichtigsten Begrifflichkeiten werden in Kapitel 2 die Reduktionspotenziale und -kosten bis zum Jahr 2020 in verschiedenen Bereichen dargestellt. Kapitel 3 zeigt auf, mit welchen Emissionseinsparungen in der längeren Frist bis 2050 mit den bereits beschlossenen Massnahmen zu rechnen wäre. Kapitel 4 verweist auf Vorstösse mit ähnlicher Stossrichtung. Kapitel 5 schliesst den Bericht mit einigen Schlussfolgerungen ab.

¹ Prognos (2012): Die Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050 – Energienachfrage und Elektrizitätsangebot in der Schweiz 2000-2050, Bern.

² Prognos (2013): CO₂-Einsparpotenziale in Konsistenz mit den Szenarien der Schweizer Energieperspektiven, Bern, abrufbar unter <http://www.bafu.admin.ch/klima/12325/index.html?lang=de>.

1.3 Begrifflichkeiten

1.3.1 Referenzentwicklung

Reduktionspotenziale und deren Kosten können unabhängig vom gewählten Modellansatz immer nur im Vergleich zu einer Referenzgrösse berechnet werden. Die Referenzentwicklung bildet üblicherweise die Entwicklung ab, die mit den aktuell umgesetzten Instrumenten, der heute absehbaren technologischen Entwicklung und ohne den Einsatz zusätzlicher Massnahmen eintreten würde³.

Der Definition der Referenzentwicklung kommt somit eine entscheidende Bedeutung zu. Annahmen bezüglich Basisjahr, technologischer Entwicklung, Energiepreisen, Zinssätzen oder BIP- und Bevölkerungswachstum beeinflussen die Referenzentwicklung und damit auch die berechneten Potenziale und Kosten entscheidend. Die wichtigsten Annahmen zur in diesem Bericht verwendeten Referenzentwicklung sind in Anhang 3 aufgelistet.

1.3.2 Reduktionspotenzial

In Analogie zur Energiestrategie 2050 steht in diesem Bericht das *erwartete Potenzial* (oft auch als realisierbares Potenzial bezeichnet) im Vordergrund. Es ergibt sich aus der Schnittmenge des wirtschaftlichen, des ökologischen und des gesellschaftlich akzeptierten Potenzials und beruht im Wesentlichen auf heute bereits bekannten, jedoch noch nicht zwingend bereits umgesetzten Massnahmen⁴.

Die Politik kann durch den Einsatz geeigneter politischer Instrumente oder Zielvorgaben auf das erwartete Potenzial Einfluss nehmen. Weil keine heute noch unbekannt Technologien oder Technologiesprünge vorausgesetzt werden, ist das erwartete Potenzial für eine realistische, praxisnahe Beurteilung von zukünftigen CO₂-Vermeidungspotenzialen von besonderer Relevanz.

1.3.3 Direkte Reduktionskosten

In diesem Bericht werden zwei Kostengrössen betrachtet. Zunächst werden die direkten Mehrkosten gegenüber der Referenzentwicklung berechnet. Sie ergeben sich aus der Differenz zwischen den Mehrinvestitionen (als Folge der im Vergleich zur Referenz zusätzlich umgesetzten Massnahmen) und den eingesparten Energiekosten. Die Mehrkosten werden anschliessend in Relation zu den eingesparten Emissionen gesetzt, wodurch sich die direkten Reduktionskosten pro eingesparter Tonne CO₂ ergeben.

Da die direkten Reduktionskosten gemäss dieser Definition als Differenz zur Referenzentwicklung ausgewiesen werden, können sie auch negative Werte annehmen. Ein negativer Wert bedeutet, dass die Kosten im betrachteten Szenario geringer sind als im Referenzfall. Indirekte Kosten, die nicht in direktem Zusammenhang mit Technologieinvestitionen und Energieverbrauch stehen (beispielsweise die Auswirkungen der Massnahmen auf den Nutzen bzw. die Wohlfahrt der Konsumenten), werden nicht berücksichtigt. Die direkten Reduktionskosten können darum nicht als Vermeidungskosten betrachtet werden.

1.3.4 Volkswirtschaftliche Auswirkungen (Wohlfahrt und Bruttoinlandprodukt)

Zusätzlich zu den direkten Reduktionskosten werden die Auswirkungen der Klimapolitik auf die Wohlfahrt und das Bruttoinlandprodukt ausgewiesen. Diese beiden Grössen geben Auskunft über die volkswirtschaftlichen Auswirkungen der untersuchten Szenarien. Die Wohlfahrt ist ein Mass für den umfassenden Nutzen der Gesellschaft aus allen Tätigkeiten. Das Brutto-

³ In der vorhandenen Literatur finden sich aber auch andere Ansätze. Gewisse Studien nehmen den Status Quo des Basisjahres als Referenz und nehmen keine Entwicklung an. In anderen Fällen wird als Referenz unterstellt, dass Massnahmen weniger wirkungsvoll umgesetzt werden. Bei der Berechnung von Reduktionspotenzialen im Gebäudebereich kann beispielsweise als Referenz angenommen werden, dass Gebäude nicht energetisch, sondern ohne oder nur mit geringer CO₂-Reduktion saniert werden.

⁴ Eine ausführliche Diskussion dazu findet sich in BFE (2007): Die Energieperspektiven 2035 - Band 4: Exkurse; 5. Exkurs: Potenzialbegriffe.

Inlandprodukt bildet die gesamte Wertschöpfung der Wirtschaft ab und ist ein Mass für die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit.

2 Reduktionspotenziale und –kosten in der Schweiz

Für die Beantwortung dieses Postulats wurden zwei Studien in Auftrag gegeben. Die erste Studie stellte die bestehenden Arbeiten zu den Vermeidungskosten und -potenzialen in der Schweiz in einer Literaturübersicht⁵ zusammen und verglich die verschiedenen Ansätze und Ergebnisse.

Aufbauend auf den Erkenntnissen dieser Literaturübersicht wurde anschliessend die bereits in Kapitel 1.2 angesprochene Analyse unter einheitlichen Annahmen durchgeführt. Diese Analyse bildet die Hauptgrundlage für diesen Bericht.

2.1 Bestehende Literatur

Zu den Reduktionspotenzialen und -kosten existiert bereits eine Vielzahl von Studien, die unterschiedlichen Fragestellungen nachgehen. In der Literaturanalyse wurden insgesamt 24 Studien ausgewertet, die sich gemäss Untersuchungsgegenstand und Methodik grob in drei Kategorien einteilen lassen:

- **Studien mit Einzelmassnahmen:** In diesen Studien werden Kosten und Potenziale einer oder mehrerer Einzelmassnahmen (in den meisten Fällen im Gebäude- oder Verkehrsbereich) isoliert untersucht. Verflechtungen mit anderen Massnahmen oder anderen Sektoren und gesamtwirtschaftliche Rückkoppelungen werden nicht berücksichtigt. Die Kosten und Potenziale der Massnahme(n) ergeben sich aus dem Vergleich mit einem vordefinierten Referenzfall und werden je nach Studie mit empirischen oder technischen bzw. betriebswirtschaftlichen Ansätzen ermittelt.
Typische Fragestellung: „Wie hoch sind die CO₂-Vermeidungskosten und -potenziale einer bestimmten Massnahme bezogen auf einen bestimmten Zeitpunkt?“
- **Studien mit sektoralen Modellen und zukünftiger Referenzentwicklung:** Diese Studien analysieren die Vermeidungskosten und –potenziale für Massnahmenpakete innerhalb eines ganzen, isoliert betrachteten Sektors⁶. Gesamtwirtschaftliche Rückkoppelungen werden nicht berücksichtigt. Es wird eine zukünftige Referenzentwicklung als Grundlage für die Potenzial- und Kostenberechnung unterstellt. Zur Berechnung werden üblicherweise spezielle Simulationsmodelle verwendet, die den betrachteten Sektor detailliert abbilden.
Typische Fragestellung: „Wie hoch sind die CO₂-Vermeidungskosten und –potenziale von Massnahmenpaketen innerhalb eines bestimmten Sektors im Zeitablauf?“
- **Studien mit gesamtwirtschaftlichen Modellen:** In diesen Studien werden ganze Volkswirtschaften mit Hilfe von Simulationsmodellen (sogenannten Allgemeinen Gleichgewichtsmodellen) untersucht, üblicherweise in verschiedenen Szenarien. Zusätzlich zu den gesamtwirtschaftlichen Effekten können je nach Modell auch Struktureffekte sowie Verteilungswirkungen auf Haushaltsebene erfasst werden.
Typische Fragestellung: „Mit welchen volkswirtschaftlichen Auswirkungen ist bei der Umsetzung von sektorübergreifenden Massnahmen (bzw. Massnahmenpaketen) im Zeitablauf zu rechnen?“

Diese Kategorisierung deutet bereits auf grosse Unterschiede zwischen den einzelnen Studien hin. Nicht nur zwischen den einzelnen Ansätzen bestehen grosse Differenzen. Auch innerhalb der drei Kategorien werden unterschiedliche Methoden verwendet und verschiedene Annahmen bezüglich des untersuchten Zeithorizonts, der Zinssätze zur Diskontierung der

⁵ Ecoplan (2012): THG-Vermeidungskosten und –potenziale in der Schweiz – Literaturanalyse und Konzeption für weitere Erhebungen, Bern, , abrufbar unter <http://www.bafu.admin.ch/klima/12325/index.html?lang=de>.

⁶ In den berücksichtigten Studien werden diverse Sektoren modelliert und untersucht, z.B. die Landwirtschaft, der Verkehrssektor oder der Wohngebäudepark.

Investitionen, der Ölpreise, der Marktreife und –durchdringung einer reduktionsmindernden Technologie oder der zukünftigen Bevölkerungsentwicklung getroffen. Darüber hinaus werden auch unterschiedliche Potenzialdefinitionen verwendet. Die berechneten Potenziale und Kosten sind stark von diesen Annahmen abhängig und unterscheiden sich somit von Studie zu Studie teilweise beträchtlich.

Die Ergebnisse der bestehenden Arbeiten zu den Reduktionspotenzialen und -kosten sind darum kaum vergleichbar. Weil die getroffenen Annahmen jeweils auf die einzelne Forschungsfrage zugeschnitten sind, lässt sich kein einheitliches Bild über die Reduktionspotenziale und –kosten ableiten. Aus diesem Grund wurde im Einklang mit dem Auftrag dieses Postulats eine neue Studie in Auftrag gegeben, in der die Reduktionspotenziale und –kosten für sämtliche bezüglich ihrer CO₂-Emissionen relevanten Sektoren unter einheitlichen Annahmen ermittelt wurden. Die Studie ermöglicht eine Gesamtbeurteilung der zukünftig möglichen Emissionseinsparungen und der damit verbundenen Kosten.

2.2 Reduktionspotenziale und –kosten bis 2020

2.2.1 Modellgrundlagen

Für die in diesem Bericht dargestellten Emissionsentwicklungen und Reduktionspotenziale wurde auf die Modelle von Prognos, die auch für die Berechnungen im Rahmen der Energiestrategie 2050 verwendet wurden, zurückgegriffen. Diese Modelle sind aufgrund ihres hohen Detaillierungsgrades auf der Ebene der Verbraucher (wie Gebäuden und Fahrzeugen), der Verwendungszwecke⁷ sowie des konkreten Kraftwerkparcs für die vorliegende Fragestellung besonders gut geeignet. Sie bilden das Energiesystem sowie die in den betrachteten Sektoren eingesetzten Technologien und die damit verbundenen Emissionen sehr präzise ab. Dadurch sind sie in der Lage, die Auswirkungen klima- und energiepolitischer Instrumente auf den Einsatz und die Diffusion verschiedener Technologien zu erfassen. Die Modelle zeigen die Wirkungen der Umsetzung technischer Massnahmen (z.B. Gebäudedämmung, Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien) auf, die in den einzelnen Sektoren mit verschiedenen politischen Instrumenten ausgelöst werden können⁸.

Die Modelle können keine Auskunft über die gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen der ergriffenen Massnahmen geben⁹. Sie geben zudem keine Hinweise auf zu präferierende Instrumente¹⁰. Eine solche Diskussion muss gesamtgesellschaftlich geführt werden. Ob die Einführung bestimmter politischer Instrumente opportun ist, hängt von einer Reihe von Faktoren ab, wie politischen und gesellschaftlichen Präferenzen, Investitionsrationalitäten und Hemmnissen in den einzelnen Sektoren. Den sehr unterschiedlichen Dynamiken, Rahmenbedingungen und Investitionsrationalitäten, die die Reduktionspotenziale in den einzelnen Sektoren mit beeinflussen, kann mit den hier verwendeten sektorspezifischen Ansätzen besser Rechnung getragen werden, auch wenn theoretisch auch sektorübergreifende Optimierungen berechnet werden können. Die Modellergebnisse erlauben daher vor allem Rückschlüsse auf sektorspezifische Handlungsoptionen (z.B. notwendige Erhöhung von hochwertigen energetischen Gebäudesanierungen oder Begrenzung der spezifischen Verbräuche von Neufahrzeugen).

⁷ Die Verwendungszwecke bezeichnen Aktivitäten, die einen Energieeinsatz voraussetzen. Die Emissionen werden bei dieser Betrachtung direkt am Ort der Verwendung der eingesetzten Energie erfasst. In Kapitel 2.2.6 wird detailliert auf die einzelnen Verwendungszwecke eingegangen.

⁸ Eine ausführliche Beschreibung der verwendeten Modelle, ihres Aufbaus und ihrer Funktionsweise findet sich in Prognos (2012): Die Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050 – Energienachfrage und Elektrizitätsangebot in der Schweiz 2000-2050, Kapitel 2.3.

⁹ Die volkswirtschaftlichen Auswirkungen der Politikenszenarien, auf die in diesem Bericht verwiesen wird, stützen sich auf die Ergebnisse aus den Modellrechnungen von EcoPlan (2012).

¹⁰ Siehe dazu beispielsweise den Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats von Nationalrat Bourgeois (10.3373), abrufbar unter <http://www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/29868.pdf>

2.2.2 Szenarien

Die Reduktionspotenziale und –kosten werden in drei verschiedenen Szenarien ermittelt. Das Szenario „Weiter wie bisher“ (WWB) dient als Referenzszenario, das im Wesentlichen die bestehende Klima- und Energiepolitik (Stand 2010) fortschreibt und die vorhandenen Instrumente nicht oder nur sehr moderat anpasst. Bezüglich der wichtigsten klimapolitischen Instrumente wird unterstellt, dass die CO₂-Abgabe im Jahr 2016 einmalig von 36 auf 72 CHF pro Tonne CO₂ erhöht wird, dass für das Gebäudeprogramm jeweils 200 Mio. CHF pro Jahr zur Verfügung stehen und die Flottengrenzwerte für Personenwagen bis 2015 auf 130 Gramm und bis 2030 auf 95 Gramm CO₂ pro Kilometer gesenkt werden.

Für die Betrachtung der Potenziale und Kosten bis zum Jahr 2020 ist das Szenario „Politisches Massnahmenpaket“ (POM¹¹) relevant, das ab 2015 eine ambitionierte Klima- und Energiepolitik und eine laufende Verschärfung der bestehenden Instrumente unterstellt. Im Szenario POM wird angenommen, dass die CO₂-Abgabe im Unterschied zum Szenario WWB im Jahr 2018 ein weiteres Mal erhöht wird (auf 96 CHF pro Tonne CO₂). Das Gebäudeprogramm wird im Jahr 2014 auf 300 Mio. CHF und im Jahr 2015 auf 600 Mio. CHF aufgestockt. Die Flottengrenzwerte für Personenwagen werden bis 2015 auf 130 Gramm und anschliessend bis 2020 weiter auf 95 Gramm CO₂ pro Kilometer reduziert. Darüber hinaus werden im Szenario POM einige Massnahmen umgesetzt, die in erster Linie auf eine effizientere Energienutzung abzielen. Beispiele dafür sind der Ausbau der Wettbewerblichen Ausschreibungen für die Umsetzung stromsparender Programme und Projekte¹² oder die Verschärfung von Effizienzstandards bei Elektrogeräten und der Gebäudeausstattung. Diese Massnahmen tragen langfristig auch zur Reduktion der CO₂-Emissionen bei.

Massnahmen, die als Folge der Kompensationspflicht ausgelöst werden, tragen ebenfalls zur technologischen Entwicklung bei. Sie können jedoch nicht angemessen modelliert werden¹³. Gewisse Rückschlüsse auf Potenziale im Rahmen der Kompensationspflicht können dennoch gezogen werden. Im Modell trägt der technische Fortschritt einen wichtigen Teil zu den erzielten Reduktionen bei. In der Realität werden die dafür notwendigen Massnahmen aufgrund von Investitionshemmnissen aber oft nicht umgesetzt. Kompensationsprojekte können diese Hemmnisse überwinden und als Auslöser für zusätzliche Innovationen wirken. Damit trägt die Kompensationspflicht dazu bei, zumindest einen Teil des Potenzials auszuschöpfen, das im Modell über technischen Fortschritt oder zusätzliche Massnahmen erschlossen wird.

Kommunikations- sowie Aus- und Weiterbildungsprogramme können ebenfalls dazu beitragen, Investitionshemmnisse zu überwinden, indem sie Möglichkeiten für Einsparungen aufzeigen und damit zu einer schnelleren Diffusion neuer Technologien beitragen. Die Auswirkungen solcher Programme werden im Modell ebenfalls nicht explizit ausgewiesen.

Das Szenario „Neue Energiepolitik“ (NEP) schliesslich setzt ein langfristiges Reduktionsziel voraus. Die jährlichen pro-Kopf-Emissionen werden bis 2050 auf 1 bis 1.5 Mio. Tonnen CO₂ abgesenkt. Im Unterschied zu den Szenarien WWB und POM werden keine bestimmten Massnahmenpakete vorgegeben. Auf dieses Szenario wird in Kapitel 3 näher eingegangen. Eine ausführlichere Beschreibung der Szenarien sowie eine tabellarische Auflistung der

¹¹ In Prognos (2013) werden zwei Varianten für POM (POM C und POM C&E) unterschieden. Die beiden Varianten unterscheiden sich nur bezüglich Stromangebot. In diesem Bericht wird (wenn nicht explizit vermerkt) jeweils das Szenario POM C verwendet und der Einfachheit halber mit POM bezeichnet.

¹² Die Massnahme „Wettbewerbliche Ausschreibungen“ soll einen Beitrag dazu leisten, vermehrt nicht-rentable Potenziale bei Unternehmen mit mittlerem bis hohem Stromverbrauch zu realisieren. Der Bund schreibt dazu grössere Einzelprojekte oder Programme aus. Die Unternehmen können sich über ein Auktionsverfahren um Fördermittel bewerben. Den Zuschlag erhält das Angebot mit dem besten Kosten-Nutzen-Verhältnis. Die dafür zur Verfügung stehenden Mittel werden im Szenario POM annahmegemäss über die Zeit deutlich erhöht (von anfänglich rund 20 Mio. CHF langfristig auf 100 Mio. CHF pro Jahr)

¹³ Dies hat in erster Linie bilanzierungstechnische Gründe. Es ist im Modell nicht möglich, einzelne Massnahmen und die dafür nötigen finanziellen Aufwendungen explizit bestimmten Projekten zuzuordnen, die anderswo anfallende Emissionen kompensieren sollen.

Massnahmen, die in den Szenarien WWB und POM umgesetzt werden, findet sich in Prognos (2013)¹⁴.

In der Studie werden nur die energiebedingten CO₂-Emissionen betrachtet. Die Emissionen der restlichen Treibhausgase (insbesondere von Methan und Lachgas) sowie die Emissionen anderer kurzlebiger Vorläufersubstanzen und klimawirksamer Luftschadstoffe (z.B. Ozon oder Russ) werden nicht berücksichtigt. Die CO₂-Emissionen aus Brenn- und Treibstoffen machen ungefähr 75% der gesamten Treibhausgasemissionen in der Schweiz aus. Die übrigen Treibhausgase spielen insbesondere auch in der Landwirtschaft eine Rolle (siehe Absatz 2.3). Die Bilanzierung der CO₂-Emissionen erfolgt gemäss CO₂-Gesetz, d.h. ohne internationalen Flug- und Schiffsverkehr, ohne graue Emissionen, ohne Prozessemissionen und ohne Raffinerie-Eigenverbräuche¹⁵.

In den folgenden Abschnitten werden die berechneten Potenziale und Kosten bis zum Jahr 2020 auf unterschiedlichen Aggregationsstufen diskutiert. Die Ergebnisse werden jeweils tabellarisch zusammengefasst. Eine Diskussion der Potenziale und Kosten bis zum Jahr 2050 und eine entsprechende graphische Aufbereitung findet sich in Anhang 1.

2.2.3 Berechnete CO₂-Einsparpotenziale

Im Jahr 2010 betragen die energiebedingten CO₂-Emissionen in der Schweiz rund 41.6 Mio. Tonnen. Die folgende Tabelle zeigt die berechneten absoluten sowie die prozentualen Einsparungen in den Szenarien WWB und POM gegenüber 2010.

Bis zum Jahr 2020 können die energiebedingten CO₂-Emissionen mit einer Fortführung der bestehenden Massnahmen (Szenario WWB) gegenüber dem Jahr 2010 um rund 12% reduziert werden. Eine Verschärfung der vorhandenen Instrumente ab 2015 gemäss Szenario POM bringt eine zusätzliche Reduktion von knapp 6% und damit eine Gesamteinsparung von rund 18%.

Bezogen auf das Jahr 1990 ergäben sich Reduktionen in ähnlicher Grössenordnung. Mit punktuellen weiteren Verschärfungen wären Einsparungen von bis zu 20% möglich.

Tabelle 1: Absolute CO₂-Emissionen und Einsparungen in Mio. Tonnen (in Klammern: prozentuale Einsparung ggü. 2010).

	2010 (Mio. t)	2020 (Mio. t)	Einsparung ggü. 2010 (Mio. t)	Zusätzliche Einsparung POM ggü. WWB (Mio. t)
WWB	41.6	36.6	-5.0 (-12%)	
POM	41.6	34.3	-7.3 (-18%)	-2.3 (-6%)

2.2.4 Berechnete Potenziale auf sektoraler Ebene

Im Jahr 2010 entfielen rund 42% der energiebedingten CO₂-Emissionen auf den Verkehrssektor, 28% auf den Bereich Private Haushalte, der u.a. die Wohngebäude beinhaltet¹⁶, 14% auf den Dienstleistungssektor und 12% auf die Industrie. Der Anteil der Stromerzeugung betrug lediglich gut 1%. Die restlichen 2% entfielen auf die statistische Differenz¹⁷.

¹⁴ Eine genauere Beschreibung der getroffenen Annahmen über die Technologie- und andere Entwicklungen ist zudem auch unter folgender Adresse zu finden:

http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00527/index.html?lang=de&dossier_id=05024

¹⁵ Basisjahr im Modell ist 2010. Die Bilanzierung der CO₂-Emissionen erfolgt darum gemäss dem damals geltenden CO₂-Gesetz. Im revidierten CO₂-Gesetz werden Prozessemissionen und Raffinerie-Eigenverbräuche mitberücksichtigt. Siehe Prognos (2012): Die Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050: Anhang III (Energienachfrage und Elektrizitätsangebot in Zahlen; Emissionen) für weitere Details zu den berücksichtigten Emissionen.

¹⁶ Der Bereich Wohngebäude ist in Prognos (2013) Teil des Sektors „Private Haushalte“ (gemäss Systematik der Energiebilanz). Da der Gebäudebereich den allergrössten Teil dieses Sektors ausmacht, wird hier die Bezeichnung „Wohngebäude“ verwendet.

¹⁷ Die statistische Differenz ist eine Restgrösse. Sie erfasst Verbräuche, die nicht eindeutig einem Verbrauchssektor zugeordnet werden können, sowie die Landwirtschaft.

Gemäss den Modellrechnungen sind insbesondere im *Verkehr* und bei den *Wohngebäuden* beträchtliche Reduktionspotenziale vorhanden. Im *Verkehrssektor* können die Emissionen mit den Massnahmen des Szenario POM bis 2020 um mehr als 3 Mio. Tonnen CO₂ reduziert werden. Im Vergleich zum Jahr 2010 entspricht dies einer Einsparung von 19%. Im Bereich Wohngebäude liegen die Potenziale absolut gesehen in einem ähnlichen Bereich, prozentual sind sie noch leicht höher. In der *Industrie* und im *Dienstleistungssektor* sind ebenfalls Reduktionen möglich, allerdings in geringerem Ausmass. Prozentual sind die erzielbaren Einsparungen aber auch im *Dienstleistungssektor* relativ gross. In der Stromerzeugung nehmen die Emissionen leicht zu.

Tabelle 2: Sektorale CO₂-Emissionen gegenüber 2010 in Mio. Tonnen (in Klammern: prozentuale Einsparung ggü. 2010).

	Emissionen 2010 Mio. t	Anteil an Gesamt- emissionen 2010	Veränderung 2020 ggü 2010 (Mio. t), WWB	Veränderung 2020 ggü, 2010,(Mio. t), POM
Verkehr	17.5	42.1%	-1.8	-3.3
Wohngebäude	11.8	28.4%	-2.9	-3.2
Industrie	5.8	13.9%	-0.4	-0.4
Dienstleistungen	5.0	12.0%	-0.9	-1.0
Stromerzeugung	0.6	1.4%	+1.0	+0.6
Statistische Differenz	0.9	2.2%	+0.0	+0.0
Summe	41.6	100%	-5.0 (-12.0%)	-7.3 (-17.6%)

Die Verschärfung der bestehenden Instrumente bewirkt zusätzliche Einsparungen, die im Szenario POM im Vergleich zum Szenario WWB im Jahr 2020 erzielt werden. Der grösste zusätzliche Effekt (ablesbar aus der Differenz zwischen den Veränderungen in den Szenarien POM und WWB) kann im *Verkehr* erzielt werden. Die in diesem Sektor wirksamen Massnahmen (in erster Linie die raschere Verschärfung der Emissionsvorschriften für Personenwagen) führen im Szenario POM bis 2020 zu zusätzlichen Einsparungen von 1.5 Mio. Tonnen CO₂. In den übrigen Sektoren wird der grösste Teil der Einsparungen bereits mit den bestehenden Massnahmen erzielt. Bei den *Wohngebäuden* können unter anderem dank der Aufstockung des Gebäudeprogramms bis zum Jahr 2020 zusätzliche rund 0.3 Mio. Tonnen CO₂ eingespart werden. In den Sektoren *Industrie* und *Dienstleistungen* sind die zusätzlichen Reduktionen sehr gering. In der Stromerzeugung schliesslich ist die Zunahme der Emissionen im Szenario POM nur noch knapp halb so gross.

2.2.5 Berechnete Potenziale nach Energieträgern

Die Gesamtemissionen in den Szenarien können auch nach den verschiedenen Energieträgern aufgeschlüsselt werden. Im Jahr 2010 betrug der Anteil der Treibstoffe Benzin und Diesel an den gesamten CO₂-Emissionen gut 40%. Weitere 35% wurden durch Heizölprodukte verursacht, 14% durch Erdgas. Auf Fernwärme entfielen gut 2%, auf die Elektrizität, der die Emissionen der Stromerzeugung zugerechnet werden, knapp 1%. Die Anteile der übrigen Energieträger waren ähnlich gering.

Insbesondere bei den anteilmässig bedeutsamsten Energieträgern Heizöl, Benzin und Diesel sind signifikante Reduktionen möglich. Dies bestätigt die Erkenntnisse aus der sektoralen Aufteilung. Heizöl wird in erster Linie im Gebäudebereich eingespart, die Treibstoffe Benzin und Diesel im Verkehrssektor. Die Emissionen dieser Energieträger können im Szenario POM deutlich reduziert werden. Bei den Heizölprodukten gehen die CO₂-Emissionen verglichen mit dem Jahr 2010 um 4.7 Mio. Tonnen zurück. Dies entspricht einer Reduktion um ca. einen Drittel. Die CO₂-Emissionen aus Treibstoffen können insgesamt um rund 3.5 Mio. Tonnen oder gut 20% gegenüber 2010 gesenkt werden. Prozentual deutliche, absolut gesehen jedoch relativ geringe Zunahmen ergeben sich bei der Elektrizität sowie (in geringerem Masse) bei der Fernwärme. Die Veränderungen der übrigen Energieträger sind vernachlässigbar.

Tabelle 3: CO₂-Emissionen nach Energieträgern ggü. 2010 in Mio. Tonnen.

	Emissionen 2010 Mio. t	Anteil an Gesamt- emissionen 2010	Veränderung 2020 ggü 2010 (Mio. t) WWB	Veränderung 2020 ggü 2010 (Mio. t) POM
Heizölprodukte	14.4	34.6%	-4.5	-4.7
Benzin	10.0	24.0%	-2.5	-3.2
Diesel	7.3	17.6%	+0.6	-0.2
Erdgas	6.0	14.4%	+0.2	0.0
Fernwärme	0.9	2.2%	+0.2	+0.2
Kohle	0.6	1.4%	-0.1	-0.1
(Industrie-)Abfälle	0.5	1.2%	0.0	0.0
Elektrizität	0.4	1.0%	+1.0	+0.6
Sonst. Erdölprodukte	0.3	0.7%	+0.1	+0.1
Flugtreibstoffe	0.3	0.7%	0.0	0
Stat. Differenz	0.9	2.2%	+0.0	+0.0
Summe	41.6	100%	-5.0 (-12.0%)	-7.3 (-17.6%)

Die grössten zusätzlichen Einsparungen verglichen mit dem Szenario WWB im Jahr 2020 können mit rund 1.5 Mio. Tonnen bei Benzin und Diesel und damit bei denjenigen Energieträgern, die vorwiegend im Sektor Verkehr eingesetzt werden, erzielt werden. Geringer fallen die zusätzlichen Einsparungen bei den Heizölprodukten aus. Darüber hinaus sind im Szenario POM die Zunahmen bei der Elektrizität und beim Erdgas deutlich kleiner.

2.2.6 Berechnete Potenziale nach Verwendungszwecken

Bei dieser Betrachtung werden die Emissionen nach Verwendungszwecken aufgeschlüsselt. Im Jahr 2010 konnten rund 80% der gesamten energetischen CO₂-Emissionen den Verwendungszwecken Raumwärme und Mobilität zugeordnet werden. Etwa 10% entfielen auf Prozesswärme, 5% auf Warmwasser. Die Anteile der übrigen Verwendungszwecke waren vergleichsweise gering.

Die Modellresultate zeigen bis 2020 grosse Potenziale bei Raumwärme und Mobilität und damit bei den bezüglich der CO₂-Emissionen anteilmässig bedeutsamsten Bereichen. Insbesondere bei der Raumwärme sind signifikante Einsparungen möglich. Dort können die Emissionen im Szenario POM bis 2020 um rund 4 Mio. Tonnen bzw. um knapp 25% reduziert werden. In einer ähnlichen Grössenordnung bewegen sich die Potenziale bei der Mobilität. Die vorgesehenen Massnahmen führen zu einer Reduktion der Emissionen von 3.2 Mio. Tonnen. Dies entspricht einem Rückgang um rund 20% gegenüber 2010. Bei den anderen beiden Verwendungszwecken, die 2010 einen signifikanten Beitrag zu den Gesamtemissionen leisteten (Warmwasser und Prozesswärme), sind geringere Reduktionspotenziale vorhanden.

Leichte Zunahmen bei den Emissionen zeigen sich bei jenen Verwendungszwecken, die vorwiegend Strom verbrauchen. Am grössten ist der Anstieg bei den Antrieben und Prozessen (bspw. Elektromotoren und -pumpen), etwas geringer bei Klima/Lüftung/Haustechnik und Beleuchtung. Absolut betrachtet sind die Zunahmen jedoch sehr moderat.

Auch diese Betrachtung bestätigt, dass die Verschärfung der Massnahmen im Verkehrsbe-
reich die grösste zusätzliche Wirkung (verglichen mit dem Szenario WWB) entfaltet. Im Szenario POM können beim Verwendungszweck Mobilität zusätzliche 1.4 Mio. Tonnen CO₂ eingespart werden. Im Bereich Raumwärme beträgt die zusätzliche Einsparung 0.3 Mio. Tonnen CO₂.

Tabelle 4: CO₂-Emissionen nach Verwendungszwecken ggü. 2010 in Mio. Tonnen.

	Emissionen 2010 Mio. t	Anteil an Gesamt- emissionen 2010	Veränderung 2020 ggü 2010 (Mio. t) WWB	Veränderung 2020 ggü 2010 (Mio. t) POM
Mobilität Inland	17.5	42.1%	-1.8	-3.2
Raumwärme	16.2	38.9%	-3.7	-4.0
Prozesswärme ¹⁸	4.0	9.6%	-0.1	-0.2
Warmwasser	2.2	5.3%	-0.1	-0.1
Antriebe, Prozesse ¹⁹	0.2	0.5%	+0.3	+0.1
Beleuchtung	0.1	0.2%	+0.1	+0.0
Klima, Lüftung, Haus- technik	0.04	0.1%	+0.1	+0.1
Informations- und Kommunikations- technologie, Unter- haltungsmedien	0.02	0.0%	+0.1	+0.0
Sonstige ²⁰	0.44	1.1%	+0.1	+0.0
Stat. Differenz	0.9	2.2%	+0.0	+0.0
Summe	41.6	100%	-5.0 (-12.0%)	-7.3 (-17.6%)

Die erzielten Veränderungen lassen sich auf unterschiedliche Ursachen (bzw. Komponenten) zurückführen. Dies liefert zusätzliche Erklärungen zur Art der möglichen Kanäle, über die die vorhandenen Potenziale realisiert werden können. Entscheidend für die Reduktionen sind in erster Linie verbesserte Gebäudehüllen, Fortschritte bei der Effizienz von Maschinen, Anlagen, Fahrzeugen oder Geräten sowie Substitutionseffekte (von fossilen Energien zu Erneuerbaren, zu Strom oder zu anderen Energieträgern, in der Stromproduktion sowie über die Elektrifizierung des Verkehrs). Auch die Zunahme der jährlichen Durchschnittstemperatur²¹ beeinflusst über die Anpassung der Nachfrage nach Raumwärme und Kühlung die Entwicklung der Emissionen. Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum und die Zunahme der beheizten Wohnfläche erhöhen die CO₂-Emissionen. Die Stromproduktion wird über die Zeit ebenfalls tendenziell CO₂-intensiver. Bis 2020 ist die entsprechende Auswirkung aber noch relativ gering. Der Einfluss der einzelnen Komponenten wird in der folgenden sektoralen Betrachtung präzisiert.

Potenziale nach Verwendungszwecken: Sektorale Betrachtung

Mit Hilfe der folgenden sektoralen Betrachtung kann genauer aufgezeigt werden, welche Potenziale in Bezug auf die einzelnen Verwendungszwecke in den verschiedenen Sektoren

¹⁸ Bezeichnet in erster Linie Wärme, die für technische oder industrielle Prozesse (Trocknen, Schmelzen usw.) benötigt wird.

¹⁹ Erfasst Emissionen, die beim Betrieb von Maschinen oder technischer Infrastruktur sowie bei industriellen Prozessen verursacht werden.

²⁰ Erfasst weitere Emissionen, die nicht eindeutig einem anderen Verwendungszweck zugeordnet werden können.

²¹ Im Modell wird von einem Anstieg der jährlichen Durchschnittstemperatur von 1.8°C bis zum Jahr 2050 ausgegangen. Zwischen 2010 und 2050 steigt die Temperatur linear an. Siehe dazu auch die neuen Schweizer Klimaszenarien CH2011 (C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate, und OcCC (2011): Swiss Climate Change Scenarios CH2011, Zürich).

bestehen²². Ergänzt wird die Diskussion mit Angaben zu den Ursachen der beobachteten Emissionsveränderungen anhand der oben vorgestellten Komponenten.

Wohngebäude

Im Bereich *Wohngebäude* entfielen im Jahr 2010 88% der Emissionen auf Raumwärme und 12% auf Warmwasser. Die übrigen Verwendungswecke waren nahezu unbedeutend. Dementsprechend werden die Emissionsreduktionen ausschliesslich in den beiden genannten Bereichen erzielt. Im Szenario POM können bis 2020 rund 3 Mio. Tonnen CO₂ bei der Raumwärme und 0.2 Mio. Tonnen CO₂ beim Warmwasser eingespart werden. Bei den übrigen Verwendungszwecken resultiert gesamthaft eine Zunahme von knapp unter 0.1 Mio. Tonnen CO₂.

Die Einsparungen im *Gebäudebereich* sind zum grössten Teil auf Effizienzfortschritte und Substitutionseffekte zurückzuführen. Effizientere Gebäudehüllen und Raumwärme- und Warmwasseranlagen sind für gut die Hälfte der Reduktionen verantwortlich. Ein ebenfalls signifikanter Beitrag geht auf die Verwendung alternativer Energieträger anstelle von fossiler Energie bei der Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser zurück. Schliesslich führt die infolge des Klimawandels erwartete Temperaturzunahme zu einem sinkenden Heizbedarf und damit ebenfalls zu einem Rückgang der Emissionen.

Dienstleistungen

Im *Dienstleistungssektor* machten Raumwärme 87% und Warmwasser 11% der Emissionen im Jahr 2010 aus. Die restlichen 2% entfielen auf Beleuchtung, Klimatisierung und Belüftung. Potenziale bestehen in erster Linie bei der Raumwärme. Bis 2020 können die Emissionen in diesem Bereich im Szenario POM um rund 1 Mio. Tonnen gesenkt werden. Bei den strombasierten Verwendungszwecken (v.a. Antriebe und Prozesse) zeigt sich eine leichte Zunahme, in den restlichen Bereichen ergeben sich keine signifikanten Änderungen.

Ähnlich wie im Bereich *Wohngebäude* sind auch im Dienstleistungssektor Effizienzverbesserungen, Substitutionseffekte und die Zunahme der Durchschnittstemperatur die Hauptursachen für die erzielten Emissionsreduktionen. Insgesamt spielen die Substitutionseffekte eine etwas geringere Rolle, da die Anpassungen in der Stromproduktion für sich gesehen zu einer Zunahme der Emissionen führen und somit den übrigen Substitutionen entgegenwirken.

Industrie

In der *Industrie* sind Einsparungen vor allem bei der Erzeugung von Prozess- und Raumwärme möglich. In diesen Bereichen resultieren bis 2020 Einsparungen von gut 0.2 (Prozesswärme) resp. 0.1 (Raumwärme) Mio. Tonnen CO₂. Ursache für diese Reduktionen sind in erster Linie Verbesserungen der Effizienz bei den verwendeten Anlagen und Maschinen. Weniger relevant im Vergleich zu den *Wohngebäuden* und *Dienstleistungen* sind Verbesserungen an der Gebäudehülle und der Klimateffekt, da der Anteil der Raumwärme geringer ist. Für die Reduktion der Emissionen im Bereich Prozesswärme ist vor allem der zunehmende Ersatz von Heizöl und Kohle durch Gas oder Strom verantwortlich.

Verkehr

Im *Verkehrssektor* schliesslich können die Emissionsreduktionen vollständig dem Verwendungszweck Mobilität zugeschrieben werden. Mobilität lässt sich weiter in Personen- und Güterverkehr auf Strasse respektive Schiene, Offroadverkehr und Tanktourismus²³ untertei-

²² Bei dieser Betrachtung werden die Emissionen der Stromproduktion nicht dem Erzeugungssektor, sondern direkt den Verbrauchern, d.h. den Wohngebäuden, der Industrie, den Dienstleistungen und dem Verkehr zugeschrieben.

²³ Mit Tanktourismus wird die Differenz zwischen Inlandabsatz von Treibstoffen und inländischem Verbrauch bezeichnet. Aufgrund von Preisdifferenzen zwischen der Schweiz und dem angrenzenden Ausland sind diese Mengen nicht zwingend identisch. Relevant für die CO₂-Bilanz sind die Absatzzahlen. In der Schweiz ist der in-

len. Die weitaus grössten Potenziale liegen im Personenverkehr auf der Strasse. In diesem Bereich können die Emissionen bis 2020 um rund 2 Mio. Tonnen gesenkt werden. Weitere 0.7 Mio. Tonnen werden über den Tanktourismus reduziert, der im Zuge der steigenden Preise und als Folge des starken Frankens zurückgehen dürfte. Beim Güterverkehr auf der Strasse können die Emissionen um rund 0.2 Mio. Tonnen, beim Offroadverkehr um rund 0.1 Mio. Tonnen reduziert werden. Der Schienenverkehr dürfte leicht zunehmen.

Die Einsparungen werden grösstenteils über Fortschritte bezüglich Effizienz und Technik bei den Fahrzeugen erzielt. Auch die zunehmende Elektrifizierung des Strassenverkehrs sowie die verstärkte Verlagerung des Güterverkehrs von der Strasse auf die Schiene haben eine reduzierende Wirkung.

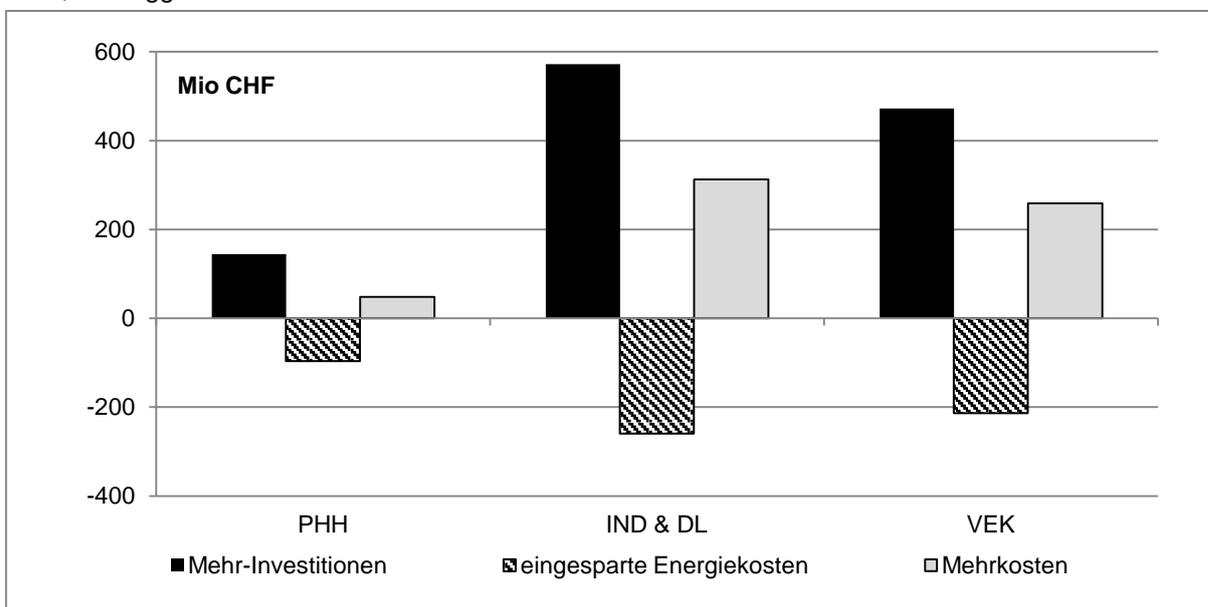
2.2.7 Kosten der Emissionsreduktionen

Wie in Kapitel 1.3.3 definiert, werden die direkten Kosten für das Szenario POM als Mehrkosten des in POM umgesetzten Massnahmenpakets im Vergleich zum Referenzszenario WWB ausgewiesen²⁴. Die direkten Kosten werden jeweils auf sektoraler Ebene ermittelt, wobei der Industriesektor und der Dienstleistungssektor gemeinsam betrachtet werden. Zu beachten ist, dass die Kosten jeweils das gesamte Massnahmenpaket beinhalten. Sie sind somit auch als durchschnittliche sektorspezifische Differenzkosten pro Tonne CO₂ des Massnahmenpaketes interpretierbar²⁵.

2.2.8 Direkte Kosten im Szenario POM gegenüber Szenario WWB

In der kurzen Frist bis 2020 entstehen in allen drei betrachteten Sektoren Mehrkosten. Im Bereich *Wohngebäude* (PHH in Abbildung 1) liegen sie bei rund 50 Mio. CHF, im Sektor *Verkehr* (VEK) bei 260 Mio. CHF, und im Sektor *Industrie & Dienstleistungen* (IND & DL) bei 310 Mio. CHF.

Abbildung 1: Mehr-Investitionen, eingesparte Energiekosten und resultierende Mehrkosten im Jahr 2020, POM ggü. WWB



ländische Absatz aufgrund der vergleichsweise tiefen Treibstoffpreise üblicherweise höher als der inländische Verbrauch. Darum geht diese Komponente als positiver Wert in die Treibhausgasbilanz ein. Im Modell wird davon ausgegangen, dass die Differenz zwischen Inlandabsatz und Inlandsverbrauch bis 2035 auf 0 zurückgeht.

²⁴ Die Kosten der bestehenden Politik (Szenario WWB) werden entsprechend nicht mehr berücksichtigt.

²⁵ Wie in Kapitel 1.3.3 definiert fließen in diese Grösse nur Kosten mit ein, die direkt im Zusammenhang mit den Technologieinvestitionen und dem Energieverbrauch stehen. Sie können daher nicht als Vermeidungskosten betrachtet werden. Dafür wäre auch ein Einbezug der indirekten Kosten notwendig.

Diese Kosten sind als Momentaufnahme zu sehen; eine isolierte Betrachtung bis zum Jahr 2020 greift zu kurz. Kurzfristig stehen den teilweise beträchtlichen Mehrinvestitionen noch vergleichsweise geringe Einsparungen gegenüber. Mittel- bis langfristig verbessert sich dieses Verhältnis vor allem in den Sektoren *Industrie & Dienstleistungen* und *Verkehr* beträchtlich. Dies liegt unter anderem daran, dass die Einsparungen bei den Energiekosten deutlich ansteigen. Der technologische Fortschritt senkt zudem die Kosten CO₂-armer Technologien über die Zeit und trägt damit einen wichtigen Teil zu dieser Entwicklung bei.

Die Kosten pro zusätzlich vermiedener Tonne CO₂ sind folglich im Jahr 2020 in allen Sektoren noch relativ hoch. Im Bereich *Wohngebäude* sind im Jahr 2020 sowohl die Mehrkosten als auch die zusätzlichen Einsparungen gegenüber dem Referenzszenario WWB verhältnismässig gering. Die Einsparung einer zusätzlichen Tonne CO₂ im *Gebäudebereich* kostet im Jahr 2020 rund 150 CHF. In einer ähnlichen Grössenordnung liegen die Kosten im Sektor *Verkehr*. Die Mehrkosten sind dort zwar deutlich höher, es können aber auch mehr Emissionen zusätzlich eingespart werden. Am höchsten sind die Reduktionskosten im Sektor *Industrie & Dienstleistungen*. Die zusätzlichen Einsparungen sind bis zum Jahr 2020 bei relativ hohen Mehrkosten eher gering.

Tabelle 5: Mehrkosten, eingesparte CO₂-Emissionen und Reduktionskosten pro Tonne CO₂ im Jahr 2020, POM ggü. WWB

	Mehrkosten POM ggü. WWB (Mio. CHF)	Zusätzlich eingesparte CO ₂ -Emissionen POM ggü. WWB (Mio. t) ²⁶	Reduktionskosten pro t CO ₂ (CHF / t CO ₂)
Wohngebäude	49	0.32	150
Industrie & Dienstleistungen	313	0.97	321
Verkehr	259	1.42	182

Auch diese Kosten müssen in einem langfristigen Kontext betrachtet werden. Sie sinken in der Zeit nach 2020 teilweise deutlich ab, da sich die umgesetzten Massnahmen in gewissen Bereichen (beispielsweise in den Sektoren *Verkehr* und *Industrie & Dienstleistungen*) erst längerfristig in Form von zusätzlichen Emissionseinsparungen auswirken. Eine ausführlichere Diskussion der längerfristigen Kostenentwicklung findet sich in Kapitel 3 sowie in Anhang 1.

2.3 Reduktionspotenziale und -kosten in der Landwirtschaft

Trotz der Ausdehnung auf weitere international geregelte THG (insbesondere Methan und Lachgas) ist im revidierten CO₂-Gesetz für die Landwirtschaft kein explizites Sektorziel enthalten. Im Jahr 2011 hat das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) eine eigene Klimastrategie²⁷ publiziert, in der es die langfristige klimapolitische Ausrichtung der Landwirtschaft darlegt. Als strategisches Oberziel wird eine Reduktion der landwirtschaftlichen Treibhausgase um mindestens einen Drittel bis zum Jahr 2050 im Vergleich zu 1990 formuliert.

Aufgrund der Eigenheiten des Landwirtschaftssektors und der im Vergleich zu den übrigen Sektoren andersartig gelagerten Zusammensetzung der Emissionen wurden die Potenziale und Kosten nicht mit den oben verwendeten Modellen abgeschätzt. Für die folgende Diskussion wird auf eine bereits vorhandene umfangreiche Studie („THG-2020“) aus dem Jahr 2009

²⁶ Die Emissionen der Stromerzeugung werden für diese Kostenberechnung den drei aufgeführten Sektoren zugerechnet. Dadurch ergibt sich insbesondere im Sektor Industrie & Dienstleistungen eine Abweichung zu Tabelle 2. Die vermiedene Menge Strom wird für diese Berechnungen mit einem Emissionsfaktor von 89 t CO₂/TJ gewichtet. Dieser Emissionsfaktor entspricht den CO₂-Emissionen für Strom aus einem neuen GuD-Kraftwerk.

²⁷ BLW (2011): Klimastrategie Landwirtschaft – Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel für eine nachhaltige Schweizer Land- und Ernährungswirtschaft, Bundesamt für Landwirtschaft, Bern.

zurückgegriffen²⁸. Die Berechnungen in dieser Studie beruhen auf einem Simulationsmodell, das den Landwirtschaftssektor sehr detailliert abbildet und ebenfalls den Zeitraum bis 2020 betrachtet.

2.3.1 Reduktionspotenziale in der Landwirtschaft

Im Jahr 2010 verursachte die Landwirtschaft rund 12% der gesamten Treibhausgasemissionen der Schweiz. Von Bedeutung sind dabei insbesondere die Emissionen von Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O). Die Landwirtschaft war 2010 für gut 83% der gesamten Emissionen von CH₄ und für knapp 79% der Emissionen von N₂O in der Schweiz verantwortlich. Der Anteil an den gesamten energetischen CO₂-Emissionen betrug hingegen lediglich 1.2%. Insofern sind in erster Linie Massnahmen interessant, die zu einer Reduktion der Emissionen von CH₄ und N₂O beitragen. Die Studie THG-2020 fokussiert denn auch nur auf Massnahmen, die diesem Kriterium entsprechen.

THG-2020 identifiziert zunächst rund 30 emissionsreduzierende Massnahmen. Neun dieser Massnahmen werden anschliessend genauer untersucht. Kriterien für die Auswahl dieser neun Massnahmen sind beispielsweise die Praxisreife, die erwartete Reduktionswirkung oder die gesellschaftliche Akzeptanz. Einige Massnahmen (z.B. die Abdeckung von Güllelagern) sind bereits relativ weit verbreitet, andere (z.B. neuartige Ausbringungstechniken für Dünger) werden mit der Agrarpolitik 2014-2017 neu auf nationaler Ebene gefördert, und wieder andere (z.B. Fettzugabe in die Futterration von Wiederkäuern) werden noch kaum angewendet. Die Studie THG-2020 schätzt das technische Reduktionspotenzial der neun untersuchten Massnahmen im Jahr 2020 auf rund 0.5 Mio. Tonnen CO₂eq²⁹.

2.3.2 Reduktionskosten in der Landwirtschaft

Die Vermeidungskosten³⁰ der untersuchten Massnahmen liegen in einem breiten Spektrum von 68 bis 1'700 CHF pro Tonne CO₂eq. Als Referenz und einfache Alternative zu den untersuchten technischen Massnahmen dient eine Reduktion des Tierbestandes³¹. Die Kosten dieser Massnahme liegen bei ungefähr 540 CHF pro Tonne CO₂eq und damit deutlich tiefer als bei den meisten technischen Massnahmen. Das wirtschaftliche Potenzial ergibt sich aus den Reduktionsleistungen jener Massnahmen, deren Vermeidungskosten tiefer sind als eine Reduktion des Tierbestandes. Diese Voraussetzung erfüllte zum Zeitpunkt der Studie nur eine Massnahme, die Abdeckung von Güllelagern. Das wirtschaftliche Potenzial beläuft sich somit auf rund 0.15 Mio. Tonnen CO₂eq.

3 Ausblick

Kapitel 2.2 dieses Berichts zeigt, dass die CO₂-Emissionen im Szenario POM bis zum Jahr 2020 um rund 18 % gegenüber dem Jahr 2010 reduziert werden können. Werden die vorhandenen klima- und energiepolitischen Instrumente gemäss Szenario POM über 2020 hinaus bis zum Jahr 2050 fortgeführt, können Emissionseinsparungen von rund 45 % gegenüber dem Jahr 2010 erzielt werden. Dies entspricht einer Reduktion der CO₂-Emissionen auf rund 2.4 Tonnen pro Kopf. Voraussetzung dafür sind weitere kontinuierliche Anpassungen und Verschärfungen der Instrumente nach 2020 und damit die Aufrechterhaltung der Anreize, die bestehenden Potenziale zu erschliessen. Werden die gegenwärtig bereits eingeführ-

²⁸ ETH Zürich (2009): „THG 2020“- Möglichkeiten und Grenzen zur Vermeidung landwirtschaftlicher Treibhausgase in der Schweiz, Bern.

²⁹ Zu Einsparpotenzialen in ähnlicher Grössenordnung kommt die Studie „Ressourcen- und Klimateffizienz in der Landwirtschaft: Potenzialanalyse“ (AgroCleanTech 2012). Diese Studie betrachtet zusätzlich noch Massnahmen, die zu einer Reduktion der CO₂-Emissionen führen (durch Produktion erneuerbaren Stroms oder erneuerbarer Wärme). Dadurch liessen sich weitere gut 0.5 Mio. Tonnen einsparen.

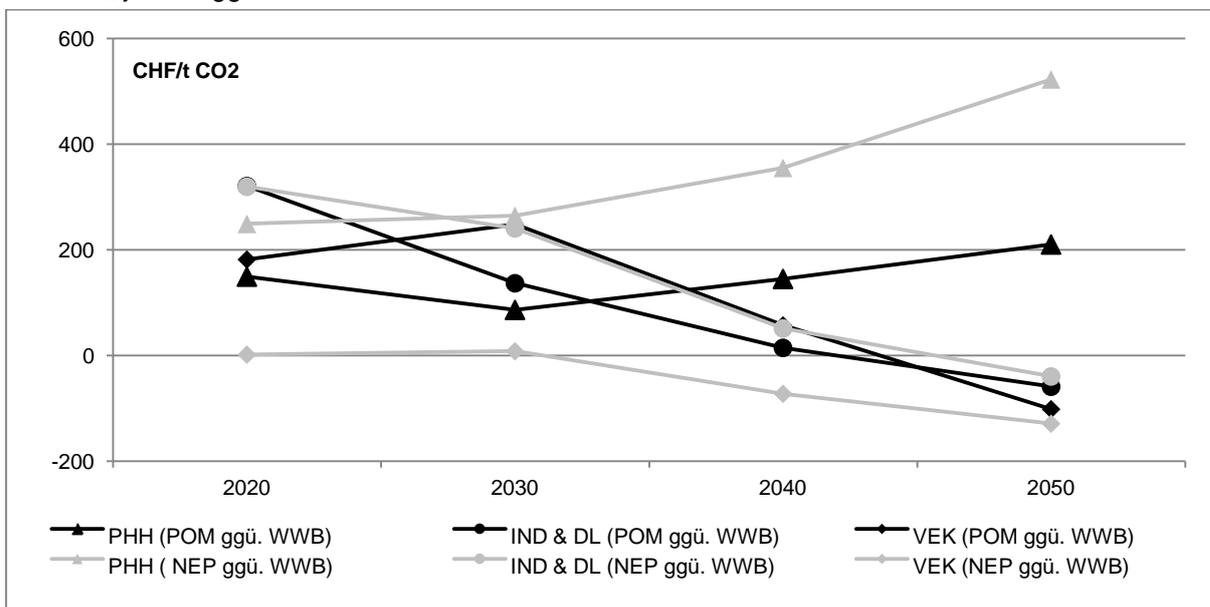
³⁰ In THG-2020 werden nicht wie in den Kapiteln 2.2.8 und 3 Differenzkosten im Vergleich zu einer vorgegebenen Referenz berechnet, sondern effektiv die Kosten für die Reduktion pro Tonne CO₂eq. Dafür werden die mit der Massnahme verbundenen Einsparungen mit vorgegebenen Kostensätzen multipliziert.

³¹ Global betrachtet führt diese Massnahme nur zu einer Senkung der THG-Emissionen, wenn der Fleischkonsum in der Schweiz entsprechend zurückgeht. Werden wie in THG-2020 nur die Emissionen aus der Produktion innerhalb der Schweiz betrachtet, ist diese Einschränkung nicht von Bedeutung.

ten und in der Einführungsphase befindlichen Massnahmen konsequent weiterentwickelt, lassen sich auch allfällige weitergehende Verpflichtungen, beispielsweise im Rahmen eines internationalen Abkommens, einhalten. Dies gilt unter der Voraussetzung, dass auch die restliche Staatengemeinschaft entsprechende Anstrengungen zur Emissionsreduktion unternimmt.

Um die globale Temperaturzunahme auf maximal 2°C zu begrenzen, müssen gemäss aktuellem wissenschaftlichem Kenntnisstand die Industrieländer ihre Emissionen bis zum Jahr 2050 um mindestens 80% gegenüber dem Jahr 1990 reduzieren. Das Szenario „Neue Energiepolitik“ (NEP) legt ein Ziel fest, dass diesen Voraussetzungen gerecht wird. Die CO₂-Emissionen aus Brenn- und Treibstoffen werden bis 2050 auf 1 bis 1.5 Tonnen pro Kopf gesenkt. Dies entspricht einer Reduktion der CO₂-Emissionen von rund 80% gegenüber dem Jahr 1990.

Abbildung 2: Kosten pro zusätzlich eingesparter Tonne CO₂ nach Sektoren in den Szenarien POM und NEP, jeweils ggü. WWB.



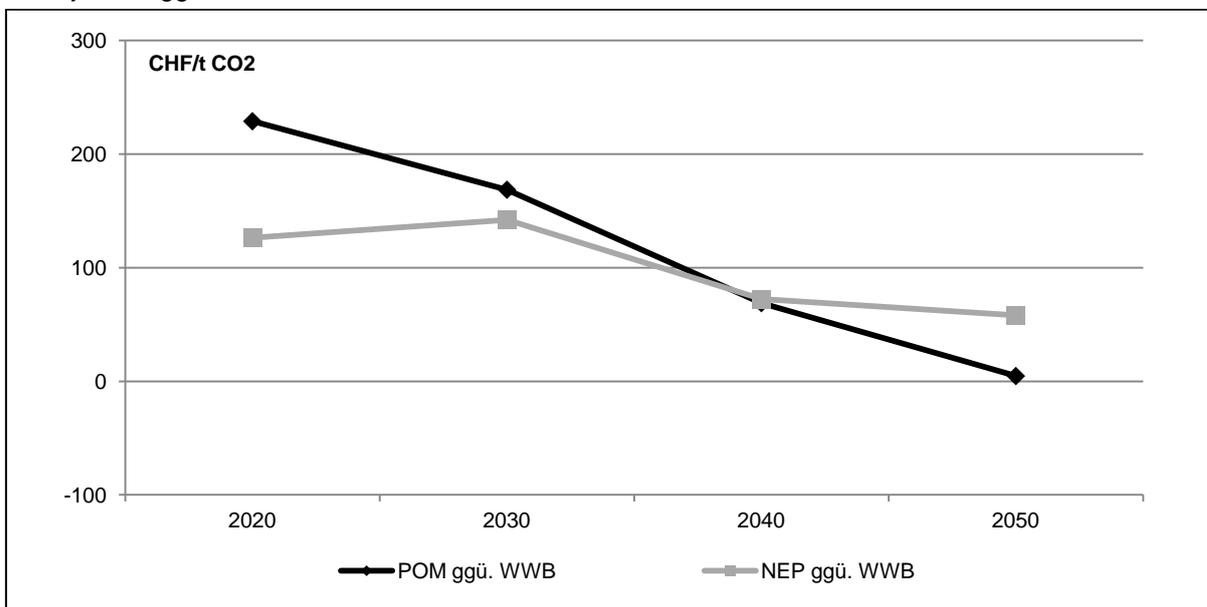
Das Szenario NEP zeigt auf, dass in der Schweiz die nötigen Potenziale vorhanden sind, um die Emissionen pro Kopf im geforderten Umfang abzusenken, wenn die dafür notwendigen Rahmenbedingungen (sowohl auf nationaler wie auf globaler Ebene) gegeben sind. Die Erreichung dieses Ziels ist möglich, wenn der Klimapolitik auf internationaler Ebene eine hohe Priorität beigemessen wird und Reduktionsverpflichtungen festgelegt sowie weltweit klima- und energiepolitische Massnahmen umgesetzt werden³². Auf nationaler Ebene sind Instrumente mit hoher Eingriffstiefe erforderlich. Notwendig sind beispielsweise eine deutliche Erhöhung der Gebäudesanierungsrate, weitere Fortschritte beim effizienten Einsatz von Brenn- und Treibstoffen oder ein signifikanter Ausbau der Elektromobilität.

Die direkten Reduktionskosten sind im Szenario NEP in den meisten Fällen höher als im Szenario POM, weil im Szenario NEP zusätzliche Massnahmen eingeführt werden müssen, die tendenziell teurer sind. Die Unterschiede sind teilweise aber nur gering. Im Sektor *Industrie & Dienstleistungen* liegen die Kosten pro zusätzlich vermiedener Tonne CO₂ im Szenario NEP im Jahr 2050 zwar leicht über jenen im Szenario POM, aber immer noch tiefer als im Referenzszenario WWB. Im Sektor *Verkehr* sind die Kosten gegenüber dem Szenario WWB deutlich tiefer, da in diesem Sektor vor allem im Szenario NEP verstärkt auf die Einschränkung der Motorengrösse und die Elektromobilität gesetzt wird. Damit verbundene Nutzenver-

³² Diese höhere Priorität drückt sich unter anderem in einer im Vergleich zum Szenario POM deutlich höheren Zunahme des CO₂-Preises aus. Im Szenario NEP liegt dieser Preis im Jahr 2050 bei rund 137 USD/t CO₂ (siehe Tabelle 7 in Anhang 3).

luste werden in den direkten Kosten nicht berücksichtigt. Umgekehrt ist der Verlauf im Bereich Wohngebäude. Dort steigen die Kosten in der längeren Frist insbesondere im Szenario NEP tendenziell an³³. In der Summe liegen die Kosten pro zusätzlich eingesparter Tonne CO₂ im Szenario NEP mit 58 CHF etwas höher als im Szenario POM (5 CHF/t CO₂ gegenüber WWB).

Abbildung 3: Gesamte Kosten pro zusätzlich eingesparter Tonne CO₂ in den Szenarien POM und NEP, jeweils ggü. WWB.



Die hier dargestellten Kosten lassen keine direkten Rückschlüsse auf die längerfristigen gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen der Szenarien POM und NEP zu. Diese wurden in einer anderen Studie mit einem allgemeinen Gleichgewichtsmodell berechnet³⁴. Im Szenario POM liegt das BIP im Jahr 2050 rund 0.6% tiefer als im Referenzszenario WWB. Der Wohlfahrtsverlust (gemessen an den Konsummöglichkeiten der Haushalte) gegenüber dem Referenzszenario beträgt 0.2%. Im Szenario NEP ist im Jahr 2050 mit einem Rückgang des BIP von 2.7% zu rechnen; der Wohlfahrtsverlust liegt bei knapp 1%. Referenz ist auch hier jeweils das Szenario WWB³⁵.

Tabelle 6: Volkswirtschaftliche Auswirkungen, jeweils relativ zum Referenzszenario WWB

	Szenario POM			Szenario NEP		
	2020	2035	2050	2020	2035	2050
Wohlfahrtseffekt ³⁶	-0.06%	-0.13%	-0.16%	-0.01%	-0.49%	-0.92%
BIP-Effekt	-0.2%	-0.5%	-0.6%	-0.4%	-1.8%	-2.7%

³³ Im Gebäudebereich werden zusätzliche Reduktionen mit der Zeit immer schwieriger und damit immer teurer. Im Szenario POM werden rund 80% der Einsparungen im Zeitraum von 2010 bis 2040 erzielt. In diesem Zeitraum fällt aber nur gut die Hälfte der Mehrkosten an. Für die restlichen 20% der Einsparungen, die im Zeitraum 2040 bis 2050 erzielt werden, muss also nochmals etwa der gleiche Betrag aufgewendet werden. Im Szenario NEP ist dieses Verhältnis noch etwas einseitiger, weshalb die Kosten nach 2040 etwas stärker ansteigen.

³⁴ Ecoplan (2012): Energiestrategie 2050 – Volkswirtschaftliche Auswirkungen. Bern.

³⁵ Ecoplan (2012) unterstellt zur Erreichung der Reduktionen in den Szenarien POM und NEP jeweils eine Energieabgabe als zentrales Instrument. Die Wohlfahrtseffekte hängen auch davon ab, ob und wie die Abgabe zurückverteilt wird.

³⁶ Die Wohlfahrtsverluste reduzieren sich erheblich, wenn auch Sekundäreffekte der betrachteten Massnahmen (z.B. bessere Luft) mit einberechnet werden. Im Szenario POM resultiert 2050 unter diesen Voraussetzungen gar eine Zunahme der Wohlfahrt um knapp 0.1%, Im Szenario NEP sinkt der Wohlfahrtsverlust auf 0.4%.

Die in diesem Kapitel und in Anhang 1 vorgestellten Kosten- und Potenzialberechnungen können erste Anhaltspunkte für eine mögliche zukünftige Ausrichtung der Klimapolitik geben. Um ein präziseres Bild über die zukünftigen Einsparmöglichkeiten zu erhalten, müssen die Berechnungen aber weiter verfeinert, regelmässig aktualisiert und allenfalls auf weitere Sektoren ausgedehnt werden. Besondere Beachtung soll dabei der Wirkung der einzelnen klimapolitischen Instrumente geschenkt werden. Diese Wirkungen können zum heutigen Zeitpunkt teilweise nur schwer erfasst werden. Darum soll in Zukunft auch auf eine Verbesserung und Weiterentwicklung der bestehenden wissenschaftlichen Grundlagen und Messmethoden hingearbeitet werden.

4 Vorstösse mit ähnlichen Anliegen

4.1 Postulat Bourgeois (13.3682): Abhängigkeit der Landwirtschaft von fossilen Energien verringern

Nationalrat Jaques Bourgeois beauftragt den Bundesrat, einen Bericht vorzulegen, in dem der Anteil fossiler Brennstoffe an den in der landwirtschaftlichen Produktion eingesetzten direkten und indirekten Energiequellen dargestellt wird und Lösungsansätze zur Reduktion der Abhängigkeit aufgezeigt werden. Der Bundesrat beantragt die Annahme des Postulates. Die Behandlung im Nationalrat ist noch hängig.

4.2 Postulat Bourgeois (13.3292): Vollständige Erfassung des energetischen Potenzials der Landwirtschaft

Nationalrat Jacques Bourgeois verlangt vom Bundesrat einen Bericht, der das Potenzial zur vermehrten erneuerbaren Stromproduktion und verbesserten Energieeffizienz in der Landwirtschaft sowie die zur bestmöglichen Erschliessung dieser Potenziale notwendigen Rahmenbedingungen aufzeigen soll.

Der Bundesrat teilt in seiner Stellungnahme zwar die Ansicht, dass die genannten Möglichkeiten der Landwirtschaft so weit wie möglich genutzt werden sollen, empfiehlt das Postulat aber dennoch zur Ablehnung. Er verweist dabei auf die vorhandenen Studien und die laufende Weiterentwicklung der bestehenden Instrumente im Rahmen der Energiestrategie 2050 und der Agrarpolitik 2014-2017. Der Nationalrat lehnte das Postulat am 27. September 2013 ab.

4.3 Interpellation Sommaruga (07.3860): Reduktion von Treibhausgasen – Kompensation vor allem im Ausland

Bundesrätin / alt Ständerätin Simonetta Sommaruga verlangt in ihrer Interpellation vom Bundesrat Auskunft über die in der Schweiz bis 2020 vorhandenen Reduktionspotenziale sowie Angaben zu möglichen Instrumenten, welche die möglichst effektive und effiziente Erschliessung sicherstellen. Hintergrund waren die damals laufenden Diskussionen, ob die Schweiz ihre Emissionen nicht günstiger durch den Zukauf ausländischer Emissionsminderungszertifikate kompensieren kann.

Der Bundesrat betont in seiner Antwort, dass in vielen Bereichen (insbesondere im Gebäudereich sowie im Verkehr) in der Schweiz kostengünstige Potenziale vorhanden seien, die sich zu international vergleichbaren Kosten realisieren liessen. Viele Potenziale würden aber aufgrund bestehender finanzieller oder technischer Hemmnisse nicht genutzt. Marktwirtschaftliche Instrumente könnten jedoch die notwendigen Anreize setzen und zudem dafür sorgen, dass die Emissionen dort reduziert werden, wo dies am effizientesten ist. Dieser Ansatz wird auch im revidierten CO₂-Gesetz verfolgt.

4.4 Postulat Reymond (07.3592): Aktionsprogramm zur Verminderung des CO₂-Ausstosses

Alt Nationalrat André Reymond fordert in seinem Postulat eine Übersicht über geeignete Massnahmen, mit denen sich die CO₂-Emissionen reduzieren lassen. Diese Massnahmen

sollen nach ihrem Reduktionspotenzial, ihren Kosten sowie ihrer Umsetzbarkeit beurteilt werden.

Der Bundesrat empfahl das Postulat mit Verweis auf den vierten Sachstandesbericht des IPCC³⁷ sowie auf die im Rahmen der Energieperspektiven 2035 errechneten gesamtwirtschaftlichen Reduktionspotenziale und –kosten³⁸ zur Ablehnung. Er anerkannte in seiner Antwort aber die Notwendigkeit weiterer Arbeiten und stellte in Aussicht, diese Arbeiten im Rahmen der Revision des CO₂-Gesetzes voranzutreiben. In der Botschaft über die Schweizer Klimapolitik nach 2012³⁹ legte der Bundesrat im August 2009 einen Entwurf für die Revision des CO₂-Gesetzes vor und präsentierte einen Massnahmenkatalog, mit dem das vorgeschlagene Reduktionsziel erreicht werden soll. Damit wurde ein grosser Teil der Anliegen des Postulats abgedeckt. Der Nationalrat lehnte das Postulat am 8. September 2009 ab.

5 Schlussfolgerung

Der vorliegende Bericht zeigt, dass in der Schweiz bis zum Jahr 2020 mit gezielten Verschärfungen der bestehenden Massnahmen CO₂-Reduktionen im Umfang von rund 20% gegenüber dem Jahr 1990 möglich sind. Gegenüber dem Jahr 2010 können mit den Massnahmen gemäss Szenario POM rund 18% der CO₂-Emissionen eingespart werden.

Hauptverantwortlich für die erzielten Reduktionen sind Effizienzfortschritte im Gebäudebereich und bei Anlagen, Maschinen und Fahrzeugen sowie die Substitution fossiler Brennstoffe durch erneuerbare und weniger CO₂-intensive Energieträger. Geben Klima- und Energiepolitik geeignete Rahmenbedingungen vor, können diese Potenziale ausgeschöpft werden. Das revidierte CO₂-Gesetz enthält mit der CO₂-Abgabe, dem Gebäudeprogramm oder den Emissionsvorschriften für neu immatrikulierte Personenwagen verschiedene Instrumente, die entsprechende Anreize setzen. Auch diejenigen Massnahmen der Energiestrategie 2050, die in erster Linie bei der Stromeffizienz ansetzen, leisten einen Beitrag zur Emissionsreduktion, indem sie die zukünftige Nachfrage nach Strom reduzieren. Die Modellergebnisse zeigen, dass mit diesen Instrumenten ein Umfeld geschaffen wird, das die bis 2020 notwendigen Einsparungen grundsätzlich ermöglicht.

Die Identifikation von sektorspezifischen Reduktionspotenzialen ist insbesondere im Zusammenhang mit der Kompensationspflicht für die Betreiber fossil-thermischer Kraftwerke und die Importeure fossiler Treibstoffe relevant. Allerdings können die Reduktionspotenziale, die über die Kompensationspflicht ausgeschöpft werden, in den verwendeten Modellen nicht explizit ausgewiesen werden. Die Resultate deuten aber darauf hin, dass ausreichend Potenziale für Kompensationsmassnahmen vorhanden sind. Beträchtliche Einsparungen sind insbesondere im Verkehrssektor und im Gebäudebereich, beim Verbrauch von Heizölprodukten und Treibstoffen sowie den Verwendungszwecken Mobilität und Raumwärme möglich. Diese Einsparungen können auch mit Massnahmen im Rahmen der Kompensationspflicht erschlossen werden. Eine mögliche Massnahme wird in Anhang 2 als Fallbeispiel diskutiert.

Die Kosten einzelner Massnahmen, die in Form von Kompensationsprojekten umgesetzt werden könnten, können nicht von den im Bericht ausgewiesenen Zahlen abgeleitet werden. Die dargestellten Aufwendungen beziehen sich jeweils auf das gesamte umgesetzte Massnahmenpaket und sind als Durchschnittskosten aller umgesetzten Massnahmen zu interpretieren. Die Kosten einzelner Massnahmen bewegen sich folglich um die jeweiligen sektorspezifischen Durchschnitte. Wie gross der Streubereich ist, ist sehr schwer abzuschätzen. Angesichts der hohen Potenziale in gewissen Bereichen ist aber davon auszugehen, dass gerade in der relativ kurzen Frist bis 2020 eine Vielzahl von Möglichkeiten zur Umsetzung von Kompensationsprojekten zu vertretbaren Kosten besteht.

³⁷ B. Metz et al. (2007): Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change: Mitigation of Climate Change, Cambridge University Press.

³⁸ Prognos (2007): Die Energieperspektiven 2035 – Band 2: Szenarien I bis IV.

³⁹ Botschaft über die Schweizer Klimapolitik nach 2012 (Revision des CO₂-Gesetzes und eidgenössische Volksinitiative „Für ein gesundes Klima“) vom 26. August 2009, 09.067.

Bis zum Jahr 2050 wäre mit den bereits umgesetzten und den gegenwärtig diskutierten ergänzenden Massnahmen sowie weiteren Verschärfungen über die Zeit gemäss dem Szenario POM mit Emissionsreduktionen im Umfang von rund 45% gegenüber dem Jahr 2010 zu rechnen. Die aktuelle Gesetzgebung setzt eine längerfristige Orientierung am 2°-Ziel voraus. Die eingeleiteten Massnahmen können diesen Anspruch erfüllen. Damit die Schweiz ihren nach aktuellem wissenschaftlichen Kenntnisstand notwendigen Beitrag zur Erreichung dieses globalen Ziels leisten kann, sind aber weitere Verschärfungen der bestehenden nationalen Instrumente sowie eine angemessene Priorisierung der Klimapolitik und die Umsetzung wirksamer Massnahmen auf internationaler Ebene notwendig.

Anhang 1: Reduktionspotenziale und -kosten nach Szenarien bis 2050

In diesem Anhang werden die in Kapitel 3 bereits angedeuteten längerfristigen Reduktionspotenziale und -kosten bis zum Jahr 2050 dargestellt. Das Jahr 2050 dient sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene als Orientierungspunkt für die zukünftige Klimapolitik. Zusätzlich zum Szenario POM C, das den im Kernbericht diskutierten Potenzialen und Kosten zugrunde liegt, werden zusätzlich die Emissions- und Kostenentwicklungen in den Szenarien POM C&E⁴⁰ sowie in dem in Kapitel 3 angesprochenen Szenario NEP diskutiert.

In der Referenzentwicklung (WWB) gehen die Emissionen nach 2020 nur noch geringfügig zurück. Wenn die heutige Klima- und Energiepolitik nicht mehr weiterentwickelt wird, fehlen langfristig die Anreize für weitere Reduktionen. Zudem steigen die Emissionen der Stromerzeugung bis 2050 stark an. Sie wirken den Einsparungen, die vor allem im Bereich *Wohngebäude* (bzw. bei den Energieträgern Heizöl und im Bereich Raumwärme) erzielt werden können, sichtbar entgegen.

Im Szenario POM C können die CO₂-Emissionen wie in Kapitel 3 diskutiert bis 2050 um rund 45% gegenüber 2010 gesenkt werden. Wird bei der Stromerzeugung noch stärker auf Erneuerbare gesetzt (Szenario POM C&E), sind die Einsparpotenziale noch grösser. Die Auswirkungen der unterschiedlichen Stromangebotsvarianten werden vor allem nach 2030 sichtbar. Im Szenario POM C ist der Anstieg der Emissionen im Erzeugungssektor als Folge des verstärkten Zubaus von Gaskombikraftwerken (als Ersatz für die stillgelegten Atomkraftwerke) deutlich höher als im Szenario POM C&E. Auf sektoraler Ebene zeigt sich, dass zusätzlich zum Gebäudebereich insbesondere auch im *Verkehr* (und somit bei den Energieträgern Benzin und Diesel respektive beim Verwendungszweck Mobilität) langfristig weitere Reduktionspotenziale ausgeschöpft werden können. Auch im *Industriesektor* sind bis 2050 weitere Einsparungen möglich.

Am grössten sind die Einsparungen im Szenario NEP. Gemäss der vorgegebenen Zielsetzung liegen die Emissionen im Jahr 2050 rund 75% tiefer als im Jahr 2010. Dieses Ziel wird vor allem über weitere Reduktionen in den Bereichen *Verkehr* und *Wohngebäude* respektive den damit verbundenen Energieträgern und Verwendungszwecken erreicht. Darüber hinaus ist sowohl national wie auch international ein politisches und gesellschaftliches Umfeld nötig, das der Klimapolitik den notwendigen Stellenwert einräumt und so die Voraussetzungen für die Erreichung des gesetzten Reduktionsziels schafft⁴¹.

Bei den Kosten zeigt sich, dass viele Massnahmen erst in der längeren Frist ihre Wirkung entfalten. Dies trifft insbesondere auf den Sektor *Verkehr* zu. Dort verschärfen sich im Szenario POM zum einen die CO₂-Zielvorgaben für Personenwagen über die Zeit stärker als im Szenario WWB. Das führt kurzfristig zu erhöhten Mehrinvestitionen, mittelfristig aber auch zu einer Veränderung der Flottenzusammensetzung und damit zu höheren Einsparungen bei den Energiekosten. Zum anderen nimmt die Elektromobilität im Laufe der Zeit deutlich zu. Dies setzt in der kürzeren Frist unter anderem Mehrinvestitionen in neue Infrastruktur (beispielsweise Ladeinfrastruktur) voraus. Diese beiden Kostenkomponenten gehen langfristig stark zurück, während die zunehmende Verbreitung der Elektromobilität entsprechend höhere Einsparungen ermöglicht. Im Jahr 2050 überwiegen die eingesparten Energiekosten im Szenario POM die Mehrinvestitionen um gut 290 Mio. CHF. Die Kosten pro zusätzlich eingesparter Tonne CO₂ liegen im Jahr 2050 bei rund -100 CHF⁴².

⁴⁰ Die Szenarien POM C und POM C&E gehen von den gleichen Instrumenten und Massnahmen aus. Sie unterscheiden sich nur bezüglich der unterstellten Stromangebotsvariante (C resp. C&E, siehe Glossar). Für das Szenario WWB wird ebenfalls die Stromangebotsvariante C verwendet, für das Szenario NEP die Variante C&E.

⁴¹ Dazu sind in gewissen Bereichen andere Entwicklungen erforderlich; dementsprechend werden im Modell partiell andere Rahmenbedingungen gesetzt (siehe Anhang 3). Ein Vergleich mit den Szenarien WWB und POM ist darum nicht vorbehaltlos möglich.

⁴² Dieser negative Wert bedeutet, dass die Einsparung einer zusätzlichen Tonne CO₂ im Szenario POM gegenüber dem Szenario WWB mit einer finanziellen Einsparung von rund 100 CHF verbunden ist. Siehe dazu auch die Erklärung in Kapitel 1.3.3.

Im Sektor *Industrie und Dienstleistungen* werden knapp 50% der zusätzlichen Investitionen durch das Instrument der wettbewerblichen Ausschreibungen ausgelöst und rund 40% durch das Gebäudeprogramm. Für beide Instrumente stehen im Szenario POM mehr Mittel zur Verfügung als im Szenario WWB, die längerfristig unter anderem als Folge des technischen Fortschritts immer effizienter eingesetzt werden können. Dadurch können über die Zeit deutlich mehr Energie und damit Kosten eingespart werden, während die in der kurzen Frist relativ hohen Mehrinvestitionen immer mehr zurückgehen. Im Jahr 2050 übersteigen die eingesparten Energiekosten die Mehrinvestitionen um knapp 170 Mio. CHF. Die Kosten pro zusätzlich eingesparter Tonne CO₂ liegen bei etwa -60 CHF.

Umgekehrt ist der Verlauf im *Gebäudebereich*. In der kurzen Frist sind die Mehrkosten noch relativ tief, sie steigen aber nach 2020 (im Gegensatz zu den anderen beiden Sektoren) weiter an. Ein hoher Anteil der zusätzlichen Investitionen entfällt auf den Bereich Raumwärme (Gebäudehüllen, Anlagen) und damit auf Investitionen mit vergleichsweise langer Lebensdauer. Im Jahr 2050 liegen die Mehrkosten bei rund 490 Mio. CHF. Entsprechend steigen auch die Kosten pro Tonne CO₂ ab 2020 weiter bis auf 210 CHF im Jahr 2050 an.

Im Szenario NEP zeigen sich grundsätzlich sowohl bei den Mehrkosten gegenüber der Referenzentwicklung als auch bei den Kosten pro zusätzlich vermiedener Tonne CO₂ ähnliche Tendenzen wie im Szenario POM. Bei den *Wohngebäuden* und im Sektor *Industrie & Dienstleistungen* liegen beide Werte höher, wobei der Unterschied im *Gebäudebereich* relativ deutlich ist. Hauptgründe für diese Unterschiede sind die Umsetzung zusätzlicher Massnahmen (verbunden mit entsprechenden Mehrinvestitionen) und der vermehrte Einsatz alternativer Technologien (beispielsweise von Solarthermie für die Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser). Im Sektor *Verkehr* hingegen liegen beide Kostengrössen insbesondere wegen der höheren Nachfrage nach billigeren, emissionsärmeren Fahrzeugen sogar tiefer als im Szenario POM.

Abbildung 4: CO₂-Emissionen in den Szenarien nach Sektoren

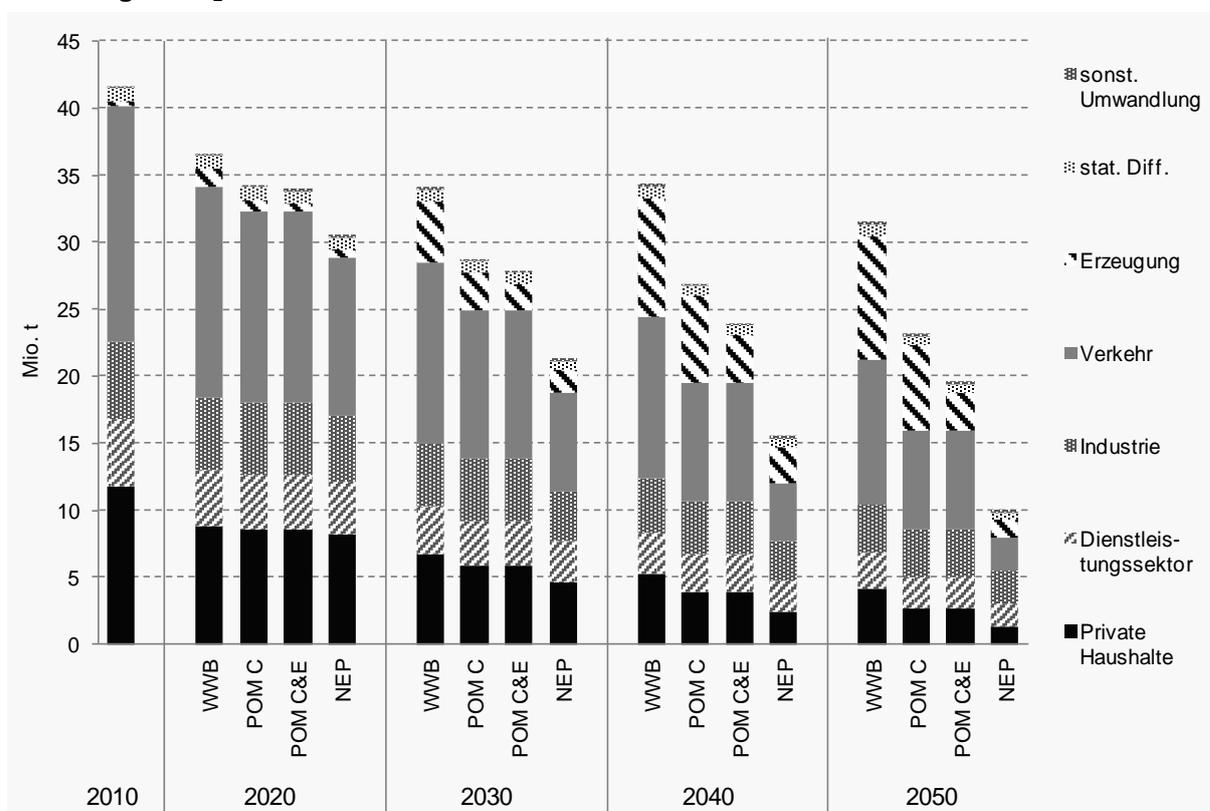


Abbildung 5: CO₂-Emissionen in den Szenarien nach Energieträgern

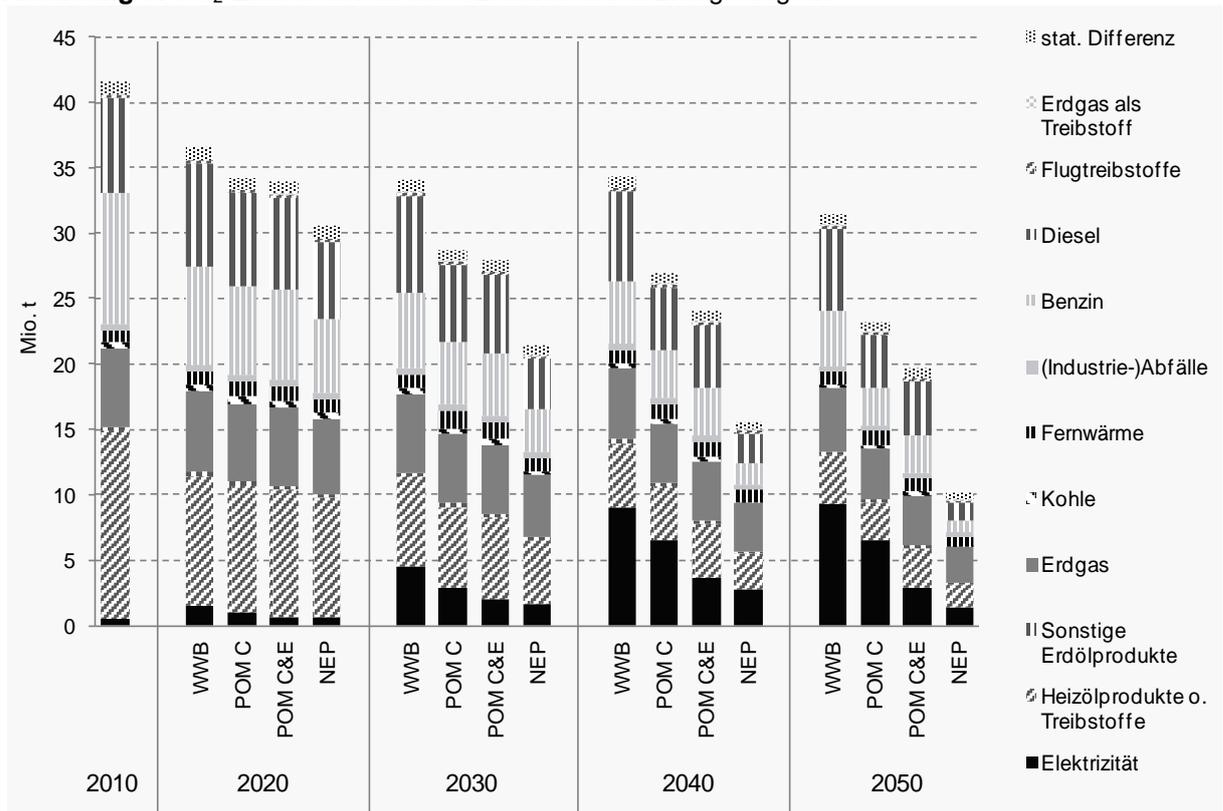


Abbildung 6: CO₂-Emissionen in den Szenarien nach Verwendungszwecken, total

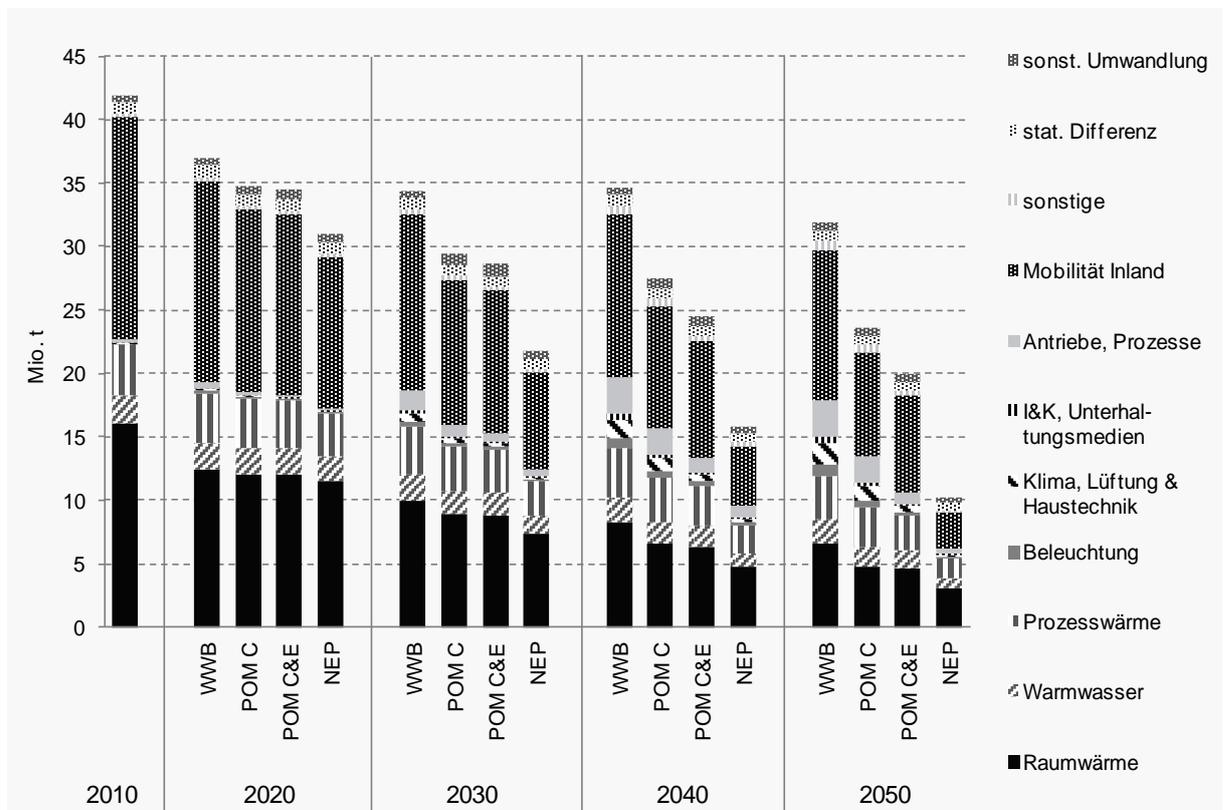


Abbildung 7: CO₂-Emissionen in den Szenarien nach Verwendungszwecken, Wohngebäude

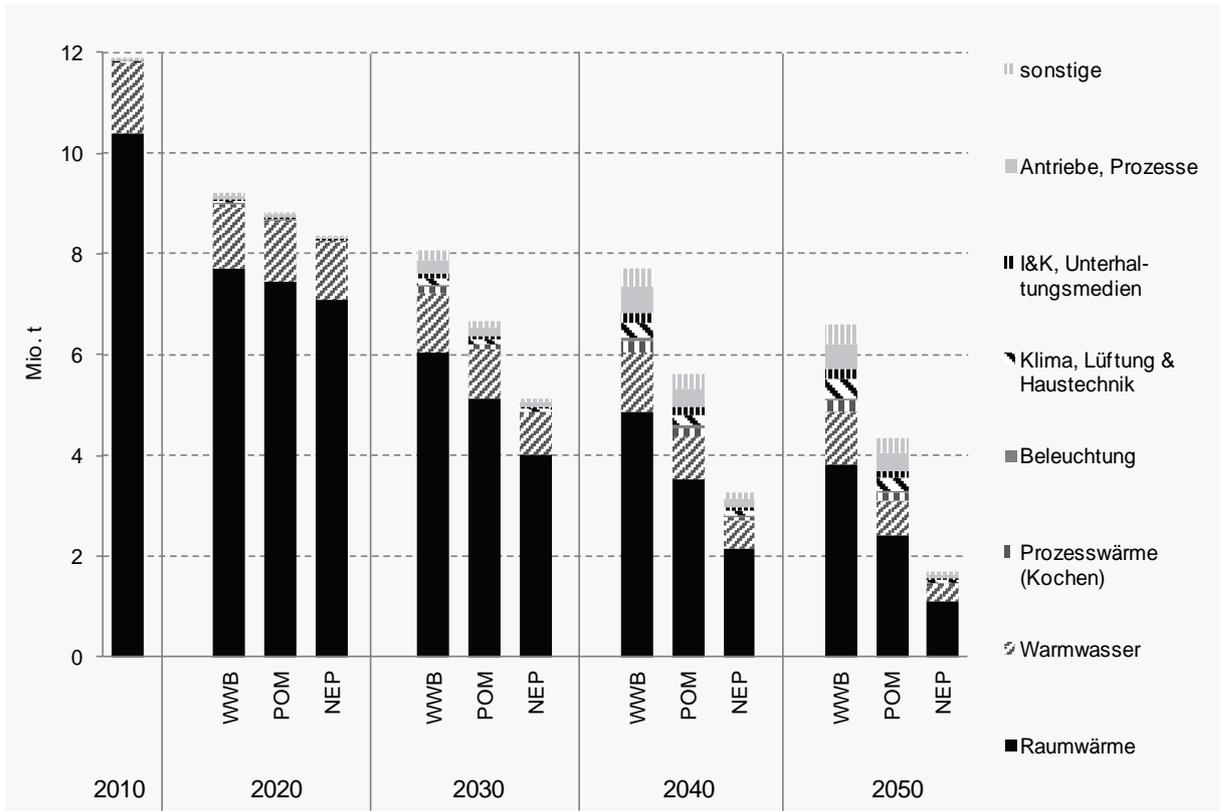


Abbildung 8: CO₂-Emissionen in den Szenarien nach Verwendungszwecken, Sektor Dienstleistungen

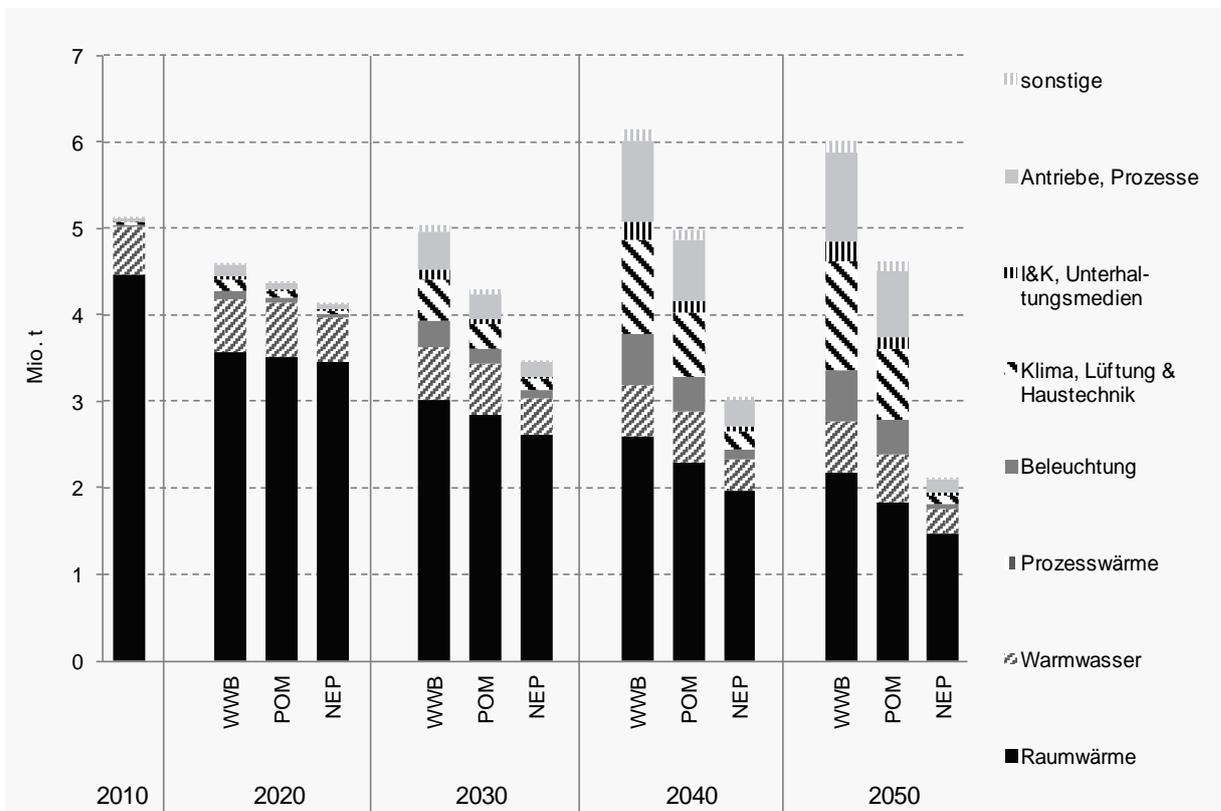


Abbildung 9: CO₂-Emissionen in den Szenarien nach Verwendungszwecken, Sektor Industrie

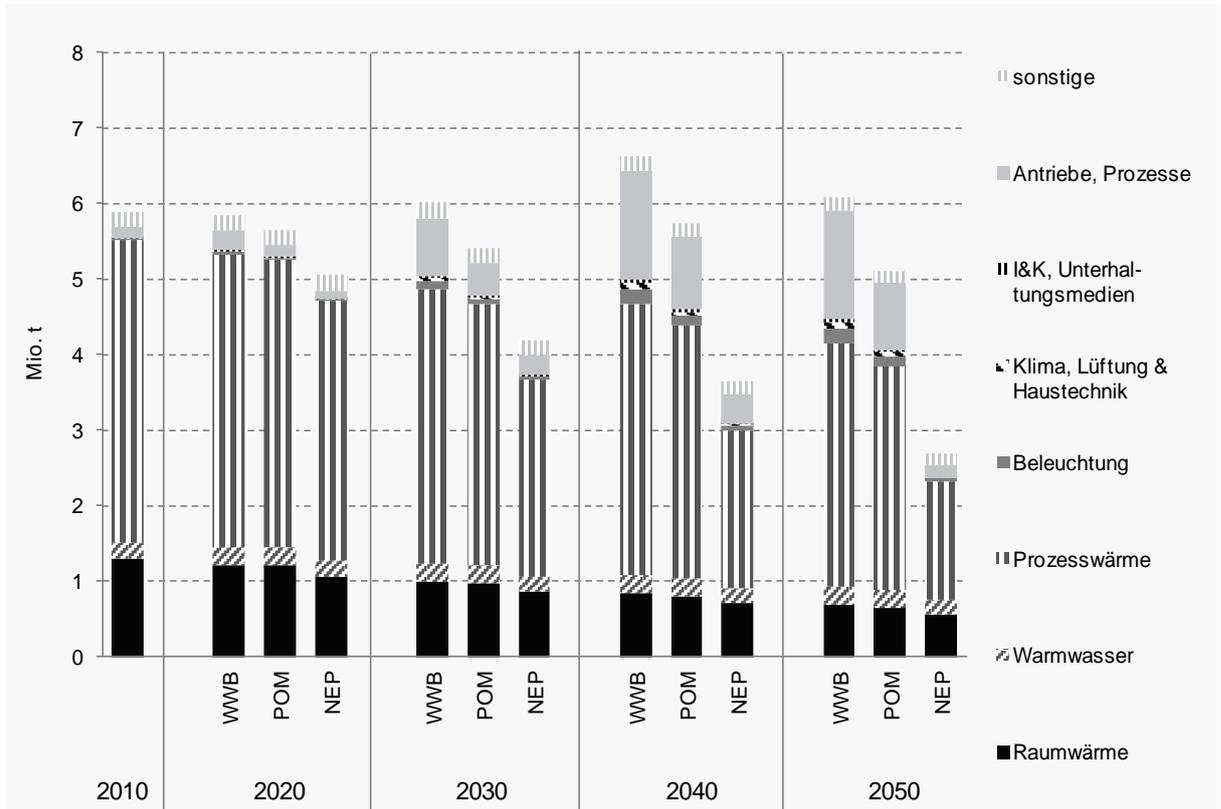


Abbildung 10: CO₂-Emissionen in den Szenarien nach Verwendungszwecken, Sektor Verkehr

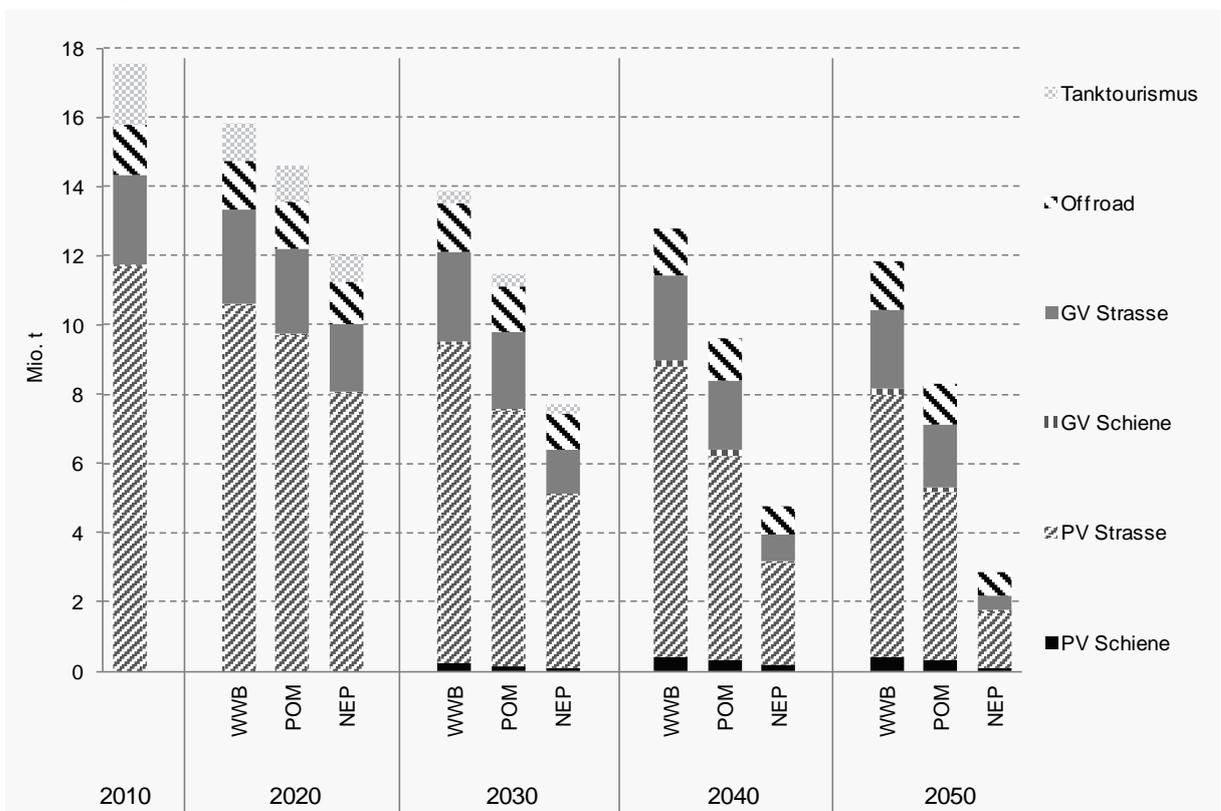


Abbildung 11: Mehrkosten nach Sektoren im Szenario POM gegenüber WWB und Reduktionskosten pro Tonne CO₂

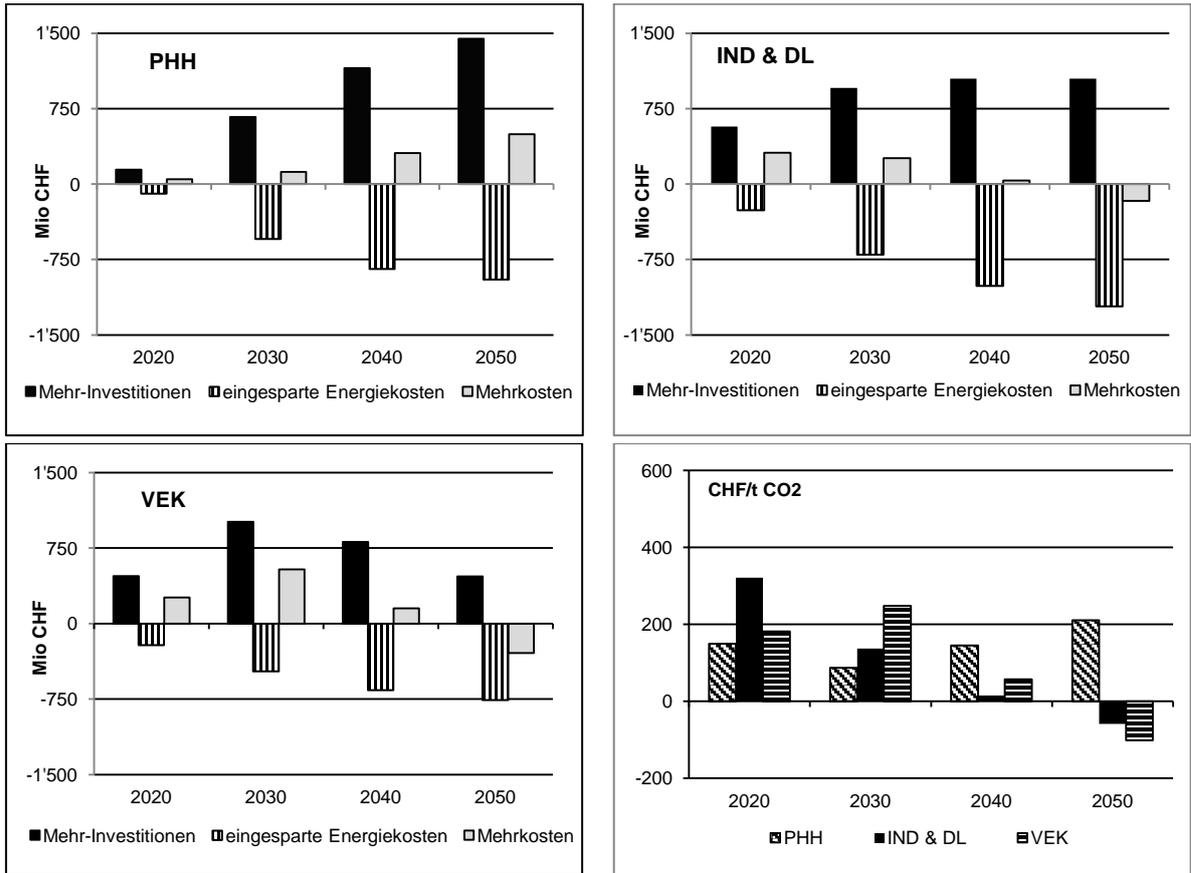
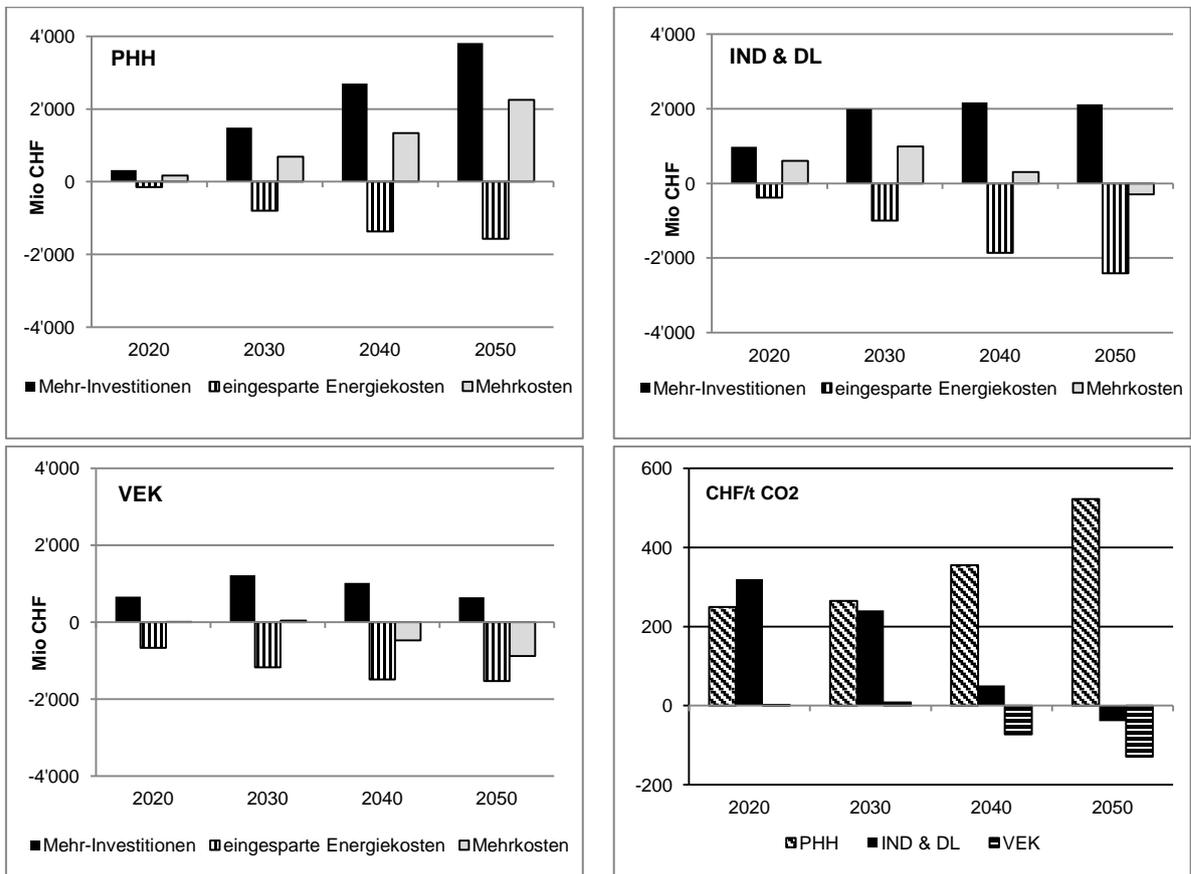


Abbildung 12: Mehrkosten nach Sektoren im Szenario NEP ggü. WWB und Reduktionskosten pro Tonne CO₂



Anhang 2: Fallbeispiel aus dem Gebäudebereich

In diesem Anhang werden die Kosten einer einzelnen Massnahme zur Emissionsreduktion beispielhaft illustriert. Betrachtet wird der Ersatz einer Heizung im Rahmen einer anstehenden Heizungssanierung. Zur Verfügung stehen die Optionen Ölheizung (Referenz) und Wärmepumpe (Reduktionsmassnahme).

Für die Berechnung werden folgende Grundannahmen getroffen:

- Lebensdauer der Massnahmen: 20 Jahre (2010-2030)
- Zinssatz für Annuitäten/Diskontraten: 5%
- Energiepreise (Mittelwert 2010-2030, gemäss Tabelle 11 im Anhang 3):
 - Heizöl: 109 Rp./l
 - Elektrizität: 25.7 Rp./kWh
- CO₂-Faktor des Strommixes: 5.5 t CO₂/TJ
- Gebäudetypen:
 - Einfamilienhaus (EFH)
 - Mittleres Mehrfamilienhaus (MFH)

Kennwerte der unterschiedenen Gebäudetypen:

	EFH	MFH
Anzahl Wohnungen	1	8
Wohnfläche (m ² Energiebezugsfläche EBF)	160	800
Personen	3	15
Warmwasserbedarf/Person (kWh/Jahr)	670	670
Heizwärmebedarf (kWh/m ² EBF)	87	66
Jährlicher Wärmebedarf total (kWh)	15'870	62'700
Jährlicher Wärmebedarf (kWh) pro m² EBF	100	78

Kennwerte und Energiekosten unterschiedenen Heizungsanlagen:

	EFH	MFH
<i>Ölheizung</i>		
Nutzungsgrad (%)	92.4	92.4
Jährlicher Heizölverbrauch (Liter)	1'720	6'785
Jährliche Energiekosten (CHF)	1'870	7'385
<i>Wärmepumpe</i>		
Leistungsklasse (kW)	10	30
Jahresarbeitszahl ⁴³	3.15	3.15
Jährlicher Elektrizitätsverbrauch (kWh)	5'015	19'810
Jährliche Energiekosten (CHF)	1'290	5'100
Differenz der jährlichen Energiekosten (CHF)	-580	-2'290

⁴³ Die Jahresarbeitszahl entspricht dem Verhältnis der über das Jahr abgegebenen Wärme zur aufgenommenen elektrischen Energie.

Jahreskosten der Heizungsanlagen:

	EFH	MFH
<i>Ölheizung</i>		
Energiekosten (CHF)	1'870	7'385
Kapitalkosten (CHF)	1'490	2'975
Unterhaltskosten ⁴⁴ (CHF)	720	1'070
Jahreskosten (CHF)	4'080	11'430
<i>Wärmepumpe</i>		
Energiekosten (CHF)	1'290	5'100
Kapitalkosten (CHF)	3'130	7'040
Unterhaltskosten ⁴⁵ (CHF)	100	150
Jahreskosten (CHF)	4'520	12'290
Differenz der Jahreskosten (CHF)	440	860

Wärmepreis, CO₂-Emissionen und Vermeidungskosten:

	EFH	MFH
Wärmepreis ⁴⁶ Ölheizung (Rp./kWh)	23.8	16.8
Wärmepreis Wärmepumpe (Rp./kWh)	26.3	18.1
CO ₂ -Emissionen Ölheizung (t/Jahr)	4.6	18.0
CO ₂ -Emissionen Wärmepumpe (t/Jahr)	0.1	0.4
Vermeidungskosten Wärmepumpe (CHF/t CO₂)⁴⁷	100	50

Unter den hier getroffenen Annahmen ergeben sich also für die Wärmepumpe zwar tiefere Energie- und Unterhaltskosten, dafür deutlich höhere Kapitalkosten. Die Jahreskosten der Variante Ölheizung sind somit geringer. Je nach Gebäudetyp liegen die CO₂-Vermeidungskosten bei 50 bis 100 CHF pro Tonne CO₂.

Dieses Ergebnis ist stark von den getroffenen Annahmen abhängig. Wird beispielsweise wie im Szenario NEP ein stärkerer Anstieg des Heizölpreises unterstellt (auf 125 Rp./l statt auf 109 Rp./l), resultieren ungefähr gleich hohe Jahreskosten und Vermeidungskosten zwischen -15 und +35 CHF pro Tonne CO₂. In einem ähnlichen Bereich lägen die Vermeidungskosten, wenn der Strom für den Betrieb der Wärmepumpe günstiger bezogen werden könnte, z.B. aufgrund eines Wärmepumpentarifs. Andererseits lägen die Vermeidungskosten noch höher, wenn der CO₂-Faktor des Stroms für den Betrieb der Wärmepumpe deutlich ansteigen würde. Dies wäre beispielsweise der Fall, wenn in Zukunft vermehrt Gaskombikraftwerke für die Stromproduktion eingesetzt würden.

Die Bandbreite der möglichen Kosten der betrachteten Massnahme ist relativ gross und abhängig von Entwicklungen, die aus heutiger Sicht teilweise nur schwer prognostiziert werden können. Das Beispiel illustriert damit die bereits diskutierte Abhängigkeit der Ergebnisse von den getroffenen Massnahmen und die generell hohen Unsicherheiten, die mit längerfristigen Kostenberechnungen verbunden sind. Trotzdem sind diese Betrachtungen wertvoll, weil sie zur Identifikation und sinnvollen Ausgestaltung von Einzelmassnahmen beitragen. Weitere Beispiele finden sich in Prognos (2013).

⁴⁴ Enthalten Kosten für Service und Reparatur, Kaminreinigung sowie Tankreinigung.

⁴⁵ Entsprechen den Kosten für Service und Reparatur.

⁴⁶ Der Wärmepreis ist hier nur im Sinne einer zusätzlichen Information aufgeführt. Für die Berechnungen spielt er keine Rolle. Der Wärmepreis ergibt sich aus dem Verhältnis der Jahreskosten zum jährlichen Energieverbrauch.

⁴⁷ Die Vermeidungskosten der Wärmepumpe ergeben sich aus dem Verhältnis der Mehrkosten (gemäss der Differenz der Jahreskosten) zu den eingesparten CO₂-Emissionen (4.5 t für das EFH, 17.6 t für das MFH).

Anhang 3: Rahmendaten

Die nachfolgende Tabelle zeigt die wichtigsten Rahmendaten in den einzelnen Szenarien auf. Da im Szenario NEP von einer ambitionierten Zielsetzung und deutlich veränderten Voraussetzungen und Rahmenbedingungen ausgegangen wird, werden in diesem Szenario teilweise andere Entwicklungen unterstellt.

Tabelle 7: Rahmendaten für die Szenarien

	2010	2020	2030	2040	2050
Wohnbevölkerung ⁴⁸ (Tausend)	7857	8402	8738	8907	8983
% ggü. 2010		+7%	+11%	+13%	+14%
BIP real ⁴⁹ (Mrd. CHF)	546.6	617.9	670.5	734.47	800.7
% ggü. 2010		+13%	+23%	+34%	+46%
Realer (volkswirtschaftlicher) Zinssatz	2.5%/Jahr				
Energiebezugsfläche ⁵⁰ (Mio. m ²)	708.8	798.5	863.2	905.3	937.5
% ggü. 2010		+12%	+22%	+28%	+32%
Personenverkehr ⁵¹ (Mrd. Pkm)					
WWB/POM	114.2	131.1	141.1	148.8	151.3
NEP	114.2	126.6	134.8	138.3	140.3
Güterverkehr ⁵¹ (Mrd. tkm)					
WWB/POM	26.9	34.2	39.1	40.9	42.3
NEP	26.9	34.5	38.7	39.2	39.7
Rohöl-Weltmarktpreis (USD/b)					
WWB/POM ⁵²	76.0	99.9	111.1	115.3	116.9
NEP ⁵³	76.0	90.8	90.9	88.8	83.5
CO ₂ -Preis aus ETS (USD/t CO ₂)					
WWB/POM ⁵²	15.0	38.0	46.0	53.0	56.0
NEP ⁵³	15.0	45.0	105.0	130.0	137.0
Preis Heizöl leicht (Rp/l)					
WWB/POM	85.4	110.0	122.6	129.5	134.4
NEP	85.4	113.3	135.8	152.9	162.0
Preis Erdgas (Rp/kWh)					
WWB/POM	9.1	11.8	13.3	14.3	14.9
NEP	9.1	12.2	14.6	16.5	17.5
Preis Elektrizität ⁵⁴ (Rp/kWh)					
WWB/POM	23.6	25.7	27.8	28.7	28.8
NEP	23.6	27.1	30.6	32.3	33.6
Preis Benzin 95 (CHF/l)					
WWB/POM	1.64	1.84	1.94	2.00	2.04
NEP	1.64	2.00	2.25	2.44	2.57
Klimaentwicklung	+1.8°C bis 2050 (lineare Zunahme ab 2010)				

⁴⁸ Mittleres Demographieszzenario (AA-00-2010) aus BFS (2010): Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Schweiz 2010-2060, Bundesamt für Statistik, Neuenburg.

⁴⁹ SECO (2011): Langfristige Szenarien für das BIP der Schweiz, Staatssekretariat für Wirtschaft, Bern.

⁵⁰ Wüest & Partner (2012): Gebäudebestandsentwicklung 1990-2012, Wüest & Partner, Zürich (für IND und DL); eigene Annahmen Prognos (für PHH).

⁵¹ ARE (2012): Ergänzungen zu den Schweizerischen Verkehrsperspektiven bis 2030, Bundesamt für Raumentwicklung ARE, Bern.

⁵² Gemäss Szenario „new energy policy“ aus IEA (2010): World Energy Outlook, Paris.

⁵³ Gemäss Szenario „450 ppm“ aus IEA (2011): World Energy Outlook, Paris

⁵⁴ EICOM (2012): Die kantonalen Strompreise im Vergleich, Eidgenössische Elektrizitätskommission; eigene Annahmen Prognos.