

Konsortium der Auftraggeber: Greenpeace Schweiz, KlimaBündnis-Städte Schweiz (KBSS), Schweizerische Energie-Stiftung (SES), Swisscleantech (SCA), WWF Schweiz

Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 für eine klimaverträgliche Schweiz

Schlussbericht vom 8. Januar 2016

Begleitgruppe (alphabetisch):

Martin Bäumle, Nationalrat
Katrín Bernath, KlimaBündnis-Städte Schweiz (KBSS),
Florian Brunner, Schweizerische Energie-Stiftung (SES),
Basil Gantenbein, myClimate
Bastien Girod, Nationalrat
Patrick Hofstetter, WWF Schweiz,
Georg Klingler, Greenpeace Schweiz,
Daniel Lehmann, KlimaBündnis-Städte Schweiz (KBSS),
Roger Nordmann, Nationalrat
Francois Périllon, Experte Klima und Verkehr
Christian Zeyer, Swisscleantech (SCA),

Die Autoren bedanken sich bei der Begleitgruppe für die wertvollen Rückmeldungen und Hinweise. Die inhaltliche Verantwortung liegt bei den Autoren (econcept AG).

Erarbeitet durch

econcept AG, Gerechtigkeitsgasse 20, CH-8002 Zürich
www.econcept.ch / + 41 44 286 75 75

Autoren/innen

Beat Meier, Dr. sc. ETH, Dipl. Ing.-Agr. ETH
Martin Meyer, MSc ETH, Energy Science and Technology
Christian Vogler, MSc ETH, Umweltwissenschaften
Roman Bolliger, MSc in Biologie, BLaw, DEA en études européennes
Reto Dettli, dipl. Masch. Ing. ETH, Dipl. NDS ETHZ in Betriebswissenschaften

Inhalt

Zusammenfassung	6
1 Zielsetzung und Vorgehensweise	10
1.1 Ausgangslage und Zielsetzung	10
1.2 Systemgrenzen und Vorgehensweise	12
2 Szenario 1: Fortsetzung der bisherigen Entwicklung bis 2030 (Baseline)	16
2.1 Einleitung	16
2.1.1 Treibhausgasinventar 1990-2013	16
2.1.2 Entwicklung der Rahmenbedingungen	18
2.2 Energieumwandlung	19
2.3 Industrie - Energieeinsatz	21
2.4 Verkehr	25
2.4.1 Personenwagen	25
2.4.2 Güterverkehr: Lieferwagen und Lastwagen	29
2.4.3 Strassenverkehr und Verkehr insgesamt	31
2.5 Gebäude – Heizwärme und Warmwasser (Privathaushalte, Dienstleistungen/Gewerbe)	33
2.5.1 Privathaushalte	33
2.5.2 Dienstleistungen / Gewerbe	41
2.5.3 Wirksamkeit bisheriger Massnahmen im Gebäudebereich	46
2.6 Industrielle Prozesse und Lösungsmittel (ohne Energieeinsatz)	50
2.7 Landwirtschaft	53
2.8 Abfall	54
2.9 Andere energetische Emissionen	56
2.10 Zusammenfassung der Baseline Entwicklung bis 2030	56
3 Szenario 2: Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 (MKK2030)	59
3.1 Einleitung	59
3.1.1 Ziel und Vorgehensweise	59
3.1.2 Exkurs: Energielenkungsabgabe	61
3.1.3 Exkurs: Bereichsübergreifende Lenkungsabgabe oder Sektor spezifische Einzelmassnahmen?	64
3.1.4 Exkurs: Ersatz der CO ₂ -Abgabebefreiung (EHS/non-EHS) durch Einführung eines Grenzausgleichs und Ausweitung zu einer allgemeinen THG-Abgabe	65
3.2 Energieumwandlung	68
3.3 Industrie – Energieeinsatz	72

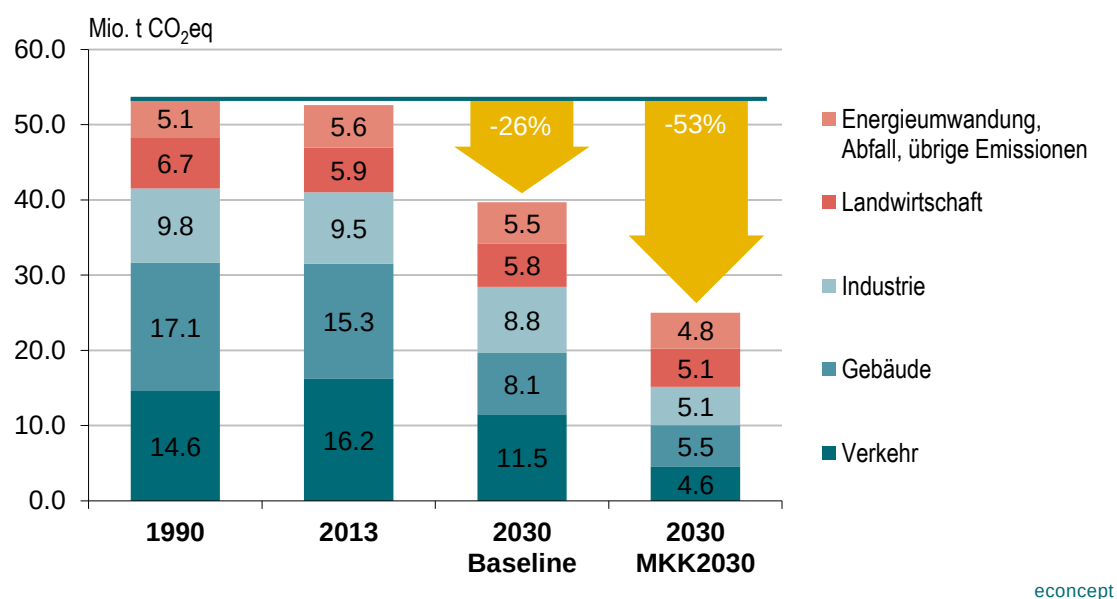
3.3.1	Übersicht zur Zielsetzung sowie zu bisherigen und neuen Massnahmen	72
3.3.2	Wirkung eines Ausbaus bisheriger Massnahmen	75
3.3.3	Wirkung neuer Massnahmen	78
3.3.4	Gesamtwirkung der Schlüsselmassnahmen Bereich Industrie – Energieeinsatz	78
3.4	Verkehr	79
3.4.1	Übersicht zur Zielsetzung sowie zu bisherigen und neuen Massnahmen	79
3.4.4	Weitere mögliche Massnahmen ohne Wirkungsabschätzung und ohne Aufnahme in den Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030	94
3.4.5	Gesamtwirkung der Schlüsselmassnahmen im Bereich Verkehr	95
3.4.6	Rolle der Städte im Bereich Verkehr	100
3.5	Gebäude – Heizwärme und Warmwasser	101
3.5.1	Übersicht zur Zielsetzung sowie zu bisherigen und neuen Massnahmen	101
3.5.2	Wirkung eines Ausbaus bisheriger Massnahmen	107
3.5.3	Wirkung neuer Massnahmen	113
3.5.4	Weitere mögliche Massnahmen ohne Wirkungsabschätzung und ohne Aufnahme in den Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030	116
3.5.5	Gesamtwirkung der Schlüsselmassnahmen Gebäudebereich	117
3.5.6	Rolle der Städte im Gebäudebereich	119
3.6	Industrielle Prozesse und Lösungsmittel (ohne Energieeinsatz)	120
3.6.1	Übersicht zur Zielsetzung sowie zu bisherigen und neuen Massnahmen	120
3.6.2	Wirkung eines Ausbaus bisheriger Massnahmen	123
3.6.3	Wirkung neuer Massnahmen	124
3.6.4	Weitere mögliche Massnahmen ohne Wirkungsabschätzung und ohne Aufnahme in den Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030	128
3.6.5	Gesamtwirkung der Schlüsselmassnahmen Bereich Industrielle Prozesse und Lösungsmittel	128
3.7	Landwirtschaft	129
3.8	Abfall	133
3.9	Weitere Bereiche und Massnahmen	135
3.10	Zusammenfassende Wirkungsabschätzung der Massnahmen im Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030	137
3.10.1	Übersicht zur Wirkungsabschätzung	137
3.10.2	Treibhausgas-Emissionen pro Kopf	140
3.10.3	Wirkungsabschätzung Strom	141
3.11	Erweiterte Beurteilung ausgewählter Schlüsselmassnahmen	143

3.12	Weitere Beiträge zum Klimaschutz ausserhalb des Massnahmenkatalogs Klimapolitik 2030	158
3.12.1	Flugverkehr	158
3.12.2	Graue Emissionen	160
3.12.3	Konsum und Trends, Unternehmen als Akteure	160
4	Pfadabhängigkeiten und Ausblick für die Fortsetzung der Klimapolitik bis 2050	162
5	Schlussfolgerungen zum Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030	165
	Anhang	170
A-1	Abkürzungen	170
A-2	Pfade zur globalen Verteilung der CO ₂ -Reduktionsverpflichtungen	171
A-3	Annahmen Gebäudeparkmodell	172
	Literatur	173

Zusammenfassung

Der Ausstoss von Treibhausgasen der Schweiz betrug im Jahr 1990 nach den Definitionen des Kyoto-Protokolls 53.4 Mio. Tonnen CO₂eq. Die Schweiz hat sich verpflichtet, diese Emissionen bis 2020 gegenüber 1990 um 20% zu reduzieren. Bis zum Jahr 2030 strebt der Bundesrat eine Reduktion um 30% (im Inland) an. Die vorliegende Arbeit untersucht einerseits, welche Entwicklung der Emissionen bis 2030 zu erwarten ist, wenn die bisherigen und bereits beschlossenen, neuen Massnahmen der Energie- und Klimapolitik fortgeführt werden. Dieses hier als «Baseline» bezeichnete Szenario würde eine Reduktion um 26% gegenüber 1990 erlauben. Andererseits wird das Szenario «Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030» (MKK2030) entwickelt, mit dem eine wesentlich stärkere Reduktion um 53% auf 25 Mio. Tonnen CO₂eq erreicht wird.

Die folgende Figur gibt einen Überblick zur Ausgangslage, zur Baseline-Entwicklung und zur Entwicklung gemäss Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030¹.



Figur 1: Treibhausgas-Emissionen der Schweiz 1990, 2013 und 2030 gemäss Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 (MKK2030)

Wie ist diese Reduktion um 53% einzuordnen? Aus globaler Perspektive müsste die Schweiz zur Unterschreitung des 2°-Zieles die Treibhausgas-Emissionen nach verschiedenen Quellen² bis 2030 um mindestens 60% senken. Da die im Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 vorgesehenen Änderungen jedoch im Wesentlichen erst nach 2020 wirksam werden, wird eine Reduktion um 60% erst mit einer Verzögerung von rund 3 Jahren, das heisst im Jahr 2033 erreicht. Dies deutet auf eine grosse Pfadabhängigkeit hin, das heisst aufgrund der Trägheit der beteiligten Systeme kann die Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen nicht beliebig schnell verändert werden. Diese Trägheit beruht

¹ Eine ausführlichere Darstellung findet sich in Kapitel 3.10.1 Seite 138

² Vgl. Kapitel 1.1

darauf, dass Anpassungsprozesse in Systemen mit langen Investitionszyklen wie dem Gebäudepark aber auch bei mittelfristigen Investitionszyklen wie bei Fahrzeugen nur langsam greifen³. Die Vorschläge des Massnahmenkatalogs Klimapolitik 2030 nehmen auf diese Zusammenhänge Rücksicht, indem keine vorzeitige Entwertung getätigter Investitionen durch die Ausserbetriebnahme vor der üblichen Amortisationsdauer angenommen wird. Umso wichtiger ist es aber umgekehrt, dass die klimapolitischen Rahmenbedingungen mögliche (Fehl-)Investitionen in treibhausgasintensive Infrastrukturen verhindern. Dazu ist der vorgeschlagene Massnahmenkatalog schnell zu beschliessen und umzusetzen. Eine weitere Verzögerung würde zur Einhaltung der global vertretbaren, kumulierten Emissionen später viel höhere Absenkraten erfordern, was schwieriger durchsetzbar und teurer wäre.

Gegenüber dem Jahr 2013 werden die Treibhausgas-Emissionen mit dem Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 in rund 15 Jahren mehr als halbiert. Die wichtigsten Reduktionen, absolut und relativ, werden beim Verkehr (-11.7 Mio. t CO₂eq oder -72%), den Gebäuden (-9.8 Mio. t CO₂eq oder -64%) und der Industrie (-4.4 Mio. t CO₂eq oder -46%) erreicht.

Das Ziel des Massnahmenkatalogs Klimapolitik 2030 ist, gerade mit Blick auf die weitgehende Stagnation des Treibhausgasausstosses zwischen 1990 und 2013, als ambitioniert zu bezeichnen, die Machbarkeit ist jedoch gegeben. Der Massnahmenkatalog beruht darauf, dass die bereits bisher erkannten Haupttreiber des Treibhausgasausstosses konsequent angegangen werden: **Hohe Treibstoffverbräuche** im Privatverkehr, **tiefe energetische Sanierungsraten** im Gebäudebereich und bisher nicht realisierte **Reduktionspotenziale im Industriebereich**. Dazu werden bei den politischen Massnahmen einerseits bekannte und bewährte Instrumente weiter ausgebaut und andererseits punktuell neue Instrumente eingeführt. Insgesamt umfasst der Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 über 30 Schlüsselmassnahmen und weitere flankierende Elemente. Die zentralen Massnahmen sind:

- **Verkehr:** Importvorschriften für Personenwagen werden so weit verschärft, dass bis 2030 die weiterhin fossil betriebenen Fahrzeuge mit durchschnittlich 90 g CO₂/km noch die Hälfte des heutigen Treibstoffverbrauchs aufweisen und die Hälfte der Kilometer elektrisch gefahren wird. Flankierend wird eine neue Leistungsabhängige Verkehrsabgabe Personenwagen (LVPW) eingeführt, die zu einer deutlichen Reduktion der gesamten Fahrleistung beiträgt und die langfristige Finanzierung der Verkehrsinfrastruktur sicherstellt.
- **Gebäude:** Als Grundanreiz wird die CO₂-Abgabe erhöht und mit einer Pflicht zur energetischen Sanierung der Bauten und zum Ersatz fossil betriebener Heizungen ergänzt. Diese ordnungspolitisch tiefgreifenden Massnahmen werden ergänzt durch ein ausgebautes Gebäudeprogramm und weitere Finanzierungsinstrumente.

³ Vgl. Kapitel 4

- **Industrie:** Das weiter ausgebaut Emissionshandelssystem (EHS) und die weiterentwickelten Befreiungsmöglichkeiten von der CO₂-Abgabe (Zielvereinbarungen im non-EHS-System) sind die wichtigsten Massnahmen im Bereich Industrie. Ein weiterer wichtiger Beitrag stammt vom weitgehenden Ausstieg aus der Verwendung treibhausgaswirksamer, fluorierter Gase.

Mit einer weitgehenden Elektrifizierung des Verkehrs und einer verstärkten Nutzung von Umweltwärme durch Wärmepumpen steigt der Stromverbrauch dieser Sektoren an. Damit dieser Mehrverbrauch mit erneuerbarem Strom abgedeckt werden kann, sind die bekannten Effizienzpotenziale auszuschöpfen und der Zubau der erneuerbaren Stromproduktion zu beschleunigen.

Ein Erfolgsfaktor für die Zielerreichung ist die optimale Abstimmung aller Massnahmen auf der Ebene der Gemeinden/Städte, den Kantonen und dem Bund. Für die Umsetzung kommt den Städten eine Schlüsselrolle zu. Sie verfügen oft über energie- und klimapolitische Zielsetzungen und Agenden, die über die Anforderungen der nationalen Politik hinausgehen. Die Erfahrungen in der räumlichen Energieplanung, best practices in der Siedlungs- und Verkehrsplanung oder der strukturierte und umfassende Ansatz des Energiestadtprozesses sind Beispiele für multiplizierbare Hilfsmittel, von denen andere Städte und Gemeinden profitieren können.

Die nicht energetisch bedingten Emissionen machen 2013 rund 21% des gesamten Ausstosses aus, im Jahr 2030 sind es gemäss Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 bereits 33%. Von den 2030 insgesamt noch rund 8 Mio. t CO₂eq nicht energetisch bedingten Emissionen entfallen rund 2/3 auf die Landwirtschaft. Deren weitere Reduktion wird ein Hauptziel für die langfristige Klimapolitik darstellen müssen, wobei nicht nur Fragen der Prozessinnovationen anzugehen sind sondern auch die Seite des Konsums tierischer Produkte verstärkt ins Blickfeld zu rücken ist.

Mit der Reduktion der Treibhausgas-Emissionen gemäss MKK30 gegenüber 1990 um 53% wird ein wichtiger Beitrag zum globalen 2-Grad-Ziel geleistet. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass die angewendeten Systemgrenzen gemäss Kyoto-Protokoll weder die Emissionen des **internationalen Flugverkehrs** von jährlich rund 5 Mio. Tonnen CO₂eq (dessen Klimawirkung durch Wasserdampf und Stickoxyde rund doppelt so hoch liegt) noch die **grauen Emissionen** auf Importgütern von mehr als 50 Mio. Tonnen CO₂eq einschliessen.

Der Blick über das Jahr 2030 hinaus zeigt, dass die erwähnte Trägheit der Systeme den Vorteil hat, dass die eingeleiteten Entwicklungen auch über diesen Zeitpunkt hinaus wirksam sind. So hält der Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 grundsätzlich die Option offen, die energiebedingten Emissionen bis 2050 weitgehend zu eliminieren. Im Bereich Personenverkehr dürften sich nicht fossile Antriebe bis 2040 weitgehend durchgesetzt haben. Der Restbedarf an Treibstoffen für Verbrennungsmotoren kann in zunehmendem Ausmass durch erneuerbare Treibstoffe abgedeckt werden, was auch die weitere Reduktion fossiler Treibstoffe für den Güterverkehr auf der Strasse erlaubt. Die Wärmeerzeugung im Gebäudebereich wird bei Trendfortsetzung des MKK2030 von einem fast voll-

ständigen Verschwinden von Heizöl bis 2040 und einem weitgehenden Ersatz von Erdgas bis 2050 geprägt sein. Die Herausforderungen im Bereich der Energiebereitstellung in der Industrie bleiben auch nach 2030 gross, grundsätzlich sind jedoch Technologien zum Ersatz fossiler Brennstoffe vorhanden, weitere Prozessinnovationen und eine optimale Ausnutzung erneuerbarer Brennstoffe (u.a. Biomasse oder synthetische Brennstoffe aus erneuerbaren Quellen) können auch den industriell bedingten Treibhausgasausstoss bis 2050 weitgehend eliminieren. Eine wichtige Voraussetzung dazu bilden frühe und klare Signale bezüglich der Zielsetzung und Rahmenbedingungen, damit die Investitionen in Richtung klimaverträglicher Technologien gelenkt werden können.

1 Zielsetzung und Vorgehensweise

1.1 Ausgangslage und Zielsetzung

Die Schweiz hat sich im Rahmen der Weiterführung des Kyoto-Protokolls verpflichtet, die Treibhausgas-Emissionen im Inland bis zum Jahr 2020 gegenüber 1990 um 20% zu reduzieren. Für die Zeit nach 2020 liegt noch kein international vereinbartes Reduktionsziel vor.

Im Rahmen der Klimaverhandlungen in Paris im November/Dezember 2015 (COP21) wurden vorgängig Absichtserklärungen der Verhandlungsteilnehmer eingebracht. Für diese sogenannten «Intended Nationally Determined Contributions (INDCs)» reichte die Schweiz eine Reduktion um mindestens 30% im Inland⁴ ein, die EU gab beispielsweise als Zielwert eine Reduktion um mindestens 40% an (jeweils bis 2030 gegenüber 1990).

Der Schweizer Bundesrat hat das Ziel einer Reduktion der Treibhausgas-Emissionen im Inland um 30% bis 2030 gegenüber 1990 auch in der Botschaft zur Einführung einer Klima- und Energielenkungsabgabe (KELS) bekräftigt⁵.

Die insgesamt im Vorfeld der Pariser Klimaverhandlungen (COP21) eingereichten nationalen Ziele werden gemäss der Synthese des UNFCCC⁶ nicht ausreichen, die globale Erwärmung auf maximal 2° Celsius zu begrenzen. Die nach 2011 bis 2030 kumulierten Emissionen würden global 748 Gt CO₂eq erreichen⁷. Damit wären bis 2030 bereits 75% der 1000 Gt CO₂eq ausgeschöpft, die insgesamt ausgestossen werden dürften, um das 2-Grad-Ziel mit einer Wahrscheinlichkeit von 66% zu erreichen⁸. Bei dieser hohen Ausschöpfung hätte das Einhalten der 1000 Gt CO₂eq unrealistisch hohe Reduktionsraten nach 2030 zur Folge, das 2-Grad-Ziel würde folglich verfehlt.

Mit den Beschlüssen von Paris im Dezember 2015, die globale Erwärmung auf «klar weniger als 2 Grad» zu begrenzen, werden die Anforderungen an die Reduktionen nochmals erhöht.

Für die Frage, welchen Anteil die Schweiz an den noch «zulässigen» kumulierten Emissionen beanspruchen darf, gibt es keine allgemeingültige Antwort. Eine Arbeit im Auftrag des BAFU (BAFU/ETH/Infras, 2012) stellt unterschiedliche Prinzipien der globalen Verteilung gegenüber (vgl. Anhang A-2). Nach dem Prinzip der «Equal Cumulative per Capita Emissions» (CPC1990) wird jeder Person ab 1990 bis 2100 der gleiche Anteil der global

⁴ Switzerland's intended nationally determined contribution (INDC), and clarifying information, eingereicht am 27.2.2015 zuhänden des Sekretariats der UNO-Klimakonvention;
<http://www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/38517.pdf>

⁵ Botschaft zum Verfassungsartikel über ein Klima- und Energielenkungssystem (KELS), verabschiedet am 28.10.2015;
<https://www.admin.ch/opc/de/federal-gazette/2015/7877.pdf>

⁶ UNFCCC, 2015. Synthesis report on the aggregate effect of the intended nationally determined contributions. 30 October 2015, Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)
<http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/07.pdf>

⁷ UNFCCC 2015, S. 40, Ziffer 190

⁸ UNFCCC 2015, S. 12, Ziffer 42

maximal zulässigen Emissionen zugestanden. 1990 wird dabei als Zeitpunkt angenommen, ab dem die Erkenntnis der negativen Folgen des Klimawandels weltweit vorhanden war. Nach diesem CPC1990 Prinzip müssten die entwickelten Länder, die seit 1990 bereits sehr hohe Anteile des globalen Kontingents verbraucht haben, ihre Emissionen noch vor 2040 auf Null reduzieren und danach netto als CO₂-Senken wirken. Ein weiterer Ansatz beruht auf der «equity principles method»⁹ und würde für die Schweiz bis 2030 eine Reduktion der pro Kopf Emission auf ca. 1.3 Tonnen erfordern¹⁰, was gegenüber 2013 einer Reduktion um mehr als 75% entspräche.

Die folgenden Ziele unterschiedlicher Stakeholder sind vor dem Hintergrund der internationalen Zielsetzungen und Verpflichtungen einzuordnen (jeweils Reduktion der CO₂eq 2030 gegenüber 1990):

- Schweizer Bundesrat: -30% im Inland (plus 20% Reduktion im Ausland)
- Greenpeace Schweiz: -55% im Inland
Greenpeace berechnet auf der Grundlage des UNFCCC, dass das für die Schweiz relevante Budget der Emissionen ab 2014 noch 700 Mio. t CO₂eq betrage¹¹. Die darauf abgestimmte Studie¹² zeigt für 2030 einen Absenkpfad von -55% gegenüber 1990 auf, wobei die energetisch bedingten Emissionen erfasst sind.
- Die Klima-Allianz: -60% im Inland (plus Reduktion im Ausland von mehr als 50 Mio. t CO₂eq pro Jahr)
Die Organisationen leiten aus den dargelegten internationalen Verpflichtungen die Forderung ab, die Schweiz müsse bis zum Jahr 2030 die Treibhausgas-Emissionen um 60% gegenüber 1990 senken¹³.
- Mehrere Schweizer Städte:
Im Rahmen städtischer Energie- und Klimastrategien und als Grundlage räumlicher Energiepläne werden Absenkpfade für Energieverbrauch und Treibhausgasausstoss festgelegt. Diese sind für den Zeitraum bis 2030 für den Klimaschutz oft wesentlich ambitionierter als das Ziel des Bundesrates¹⁴.

⁹ Bretschger, Lucas, 2013.. Climate policy and equity principles: fair burden sharing in a dynamic world. In: Environment and Development Economics / FirstView Article / May 2013, pp 1 - 20, DOI: 10.1017/S1355770X13000284, Published online: 29 May 2013

¹⁰ Szenario «strict» = das 2°-Ziel muss mit 75% erreicht werden, Gleichverteilung der 4 Prinzipien «ability to pay, cost sharing, technical contribution, technical development»

¹¹ Greenpeace Schweiz, 2015. Factsheet Klima, Schulden machen ist gefährlich: Das verbleibende Klimabudget als Leitplanke für die Politik.
http://www.greenpeace.org/switzerland/Global/switzerland/publications/Greenpeace/2015/klima/Factsheet_Klimabudget_lj_nks2.pdf [15.12.2015]

¹² Greenpeace, 2013. Energy[R]evolution Schweiz. Greenpeace Schweiz.
http://www.greenpeace.org/switzerland/Global/switzerland/de/stromzukunft_schweiz/ER/0113%20gpi%20E%5bR%5d%20Switzerland%20DE%2007%20mr.pdf [15.12.2015]

¹³ Klima-Allianz (Zusammenschluss von 60 schweizerischen Organisationen aus dem Umweltbereich) : <http://www.klima-allianz.ch/klima-und-politik/> [15.12.2015]

¹⁴ Beispiel Stadt Zürich: Die pro Kopf Emissionen (CO₂eq) sollen von 6.5 t im Jahr 1990 auf 2.5 t im Jahr 2035, d.h. um rund 62% gesenkt werden.
https://www.stadt-zuerich.ch/.../Jahresbericht_Energiepolitik_2014_sw.pdf [15.12.2015]

Aus dieser Übersicht leitet sich die Fragestellung der vorliegenden Studie ab: Wie stark können unter Berücksichtigung technischer, ökologischer und wirtschaftlicher Aspekte die Treibhausgas-Emissionen im Inland bis 2030 reduziert werden und mit welchen (politischen) Massnahmen können die Rahmenbedingungen für die notwendige Transformation geschaffen werden.

1.2 Systemgrenzen und Vorgehensweise

Systemgrenzen

Für die vorliegende Arbeit sind die Treibhausgase (THG) nach Kyoto-Protokoll massgebend. Dies schliesst gemäss nachstehendem Schema die CO₂-Emissionen aus Brennstoff und Treibstoffen, aus Abfall, und aus Prozessen mit ein, zudem werden auch Methan (CH₄), Lachgas (N₂O) und synthetische Gase (HFC/PFC/SF₆/NF₃) berücksichtigt

Der internationale Flugverkehr, die Senkenleistung des Waldes bzw. Landnutzungsänderungen, der Nettoimport grauer Treibhausgase in Produkten werden nicht explizit berücksichtigt, jedoch im Rahmen der Schlussfolgerungen teilweise in die Diskussion eingeschlossen.

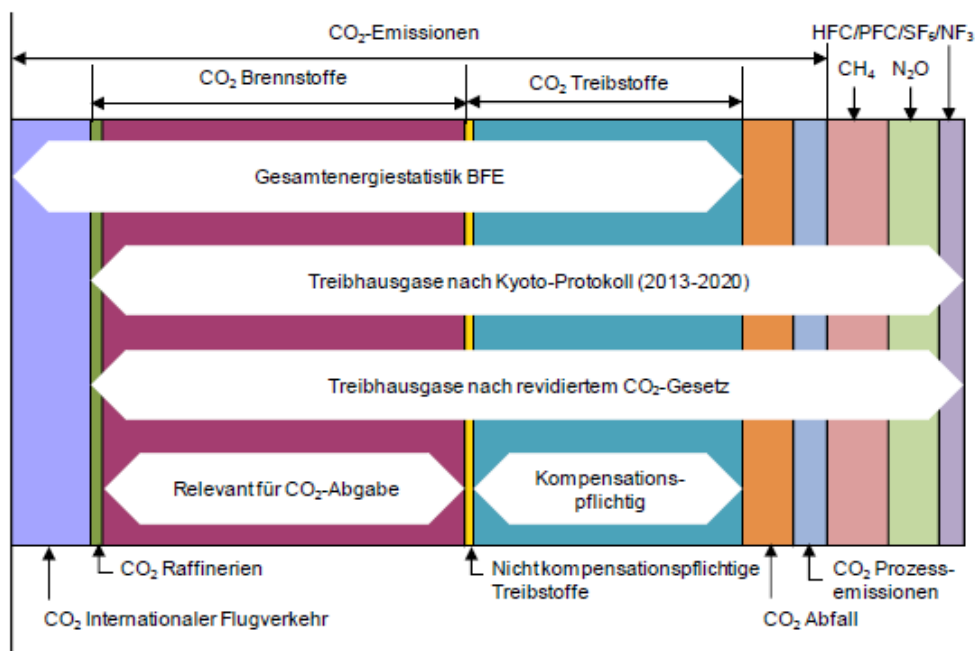


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Zusammenhänge zwischen der Gesamtenergiestatistik und den Treibhausgasen gemäss Kyoto-Protokoll (2. Verpflichtungsperiode) und revidiertem CO₂-Gesetz. Die für die CO₂-Abgabe relevanten CO₂-Emissionen aus Brennstoffen werden ausschliesslich für die Festlegung des Abgabesatzes witterungsbereinigt (siehe Abschnitte 1.3 und 1.4). CO₂-Emissionen aus allfälligen Gas- und Dampf-Kombikraftwerken (GuD) werden bei der CO₂-Abgabe und den Emissionszielen im Rahmen des CO₂-Gesetzes nicht berücksichtigt, müssen aber vollständig kompensiert werden. Im Rahmen des Kyoto-Protokolls werden die CO₂-Emissionen solcher Kraftwerke (und die entsprechenden Kompensationen) berücksichtigt. Hier nicht gezeigt ist die Treibhausgasbilanz der Wälder.

BAFU 2015d, S. 6

Figur 2: Systemgrenzen nach Kyoto-Protokoll und CO₂-Gesetz
Graue Emissionen durch Importe von Waren sind nicht eingeschlossen und fehlen in der Übersicht

Als Ausgangslage dient das schweizerische Treibhausgasinventar der Jahre 1990 bis 2013, wobei die Kategorien gemäss IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) verwendet werden¹⁵. Wie im vorangehenden Kapitel erläutert, sind die Kyoto-Systemgrenzen massgebend, das heisst die Treibhausgas-Emissionen werden ohne den internationalen Flugverkehr, ohne Landnutzungsänderungen (Kategorie 4) und ohne Brand- und Feuerschäden (Kategorie 6) betrachtet.

Für die Berechnungsgrundlagen zu einzelnen Bereichen des Treibhausgasinventars wird auf das Reporting gegenüber der UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) zurückgegriffen¹⁶. Dieses besteht im Wesentlichen aus einem jährlichen National Inventory Report (BAFU, 2015e) und einem detaillierten quantitativen Report in Form einer EXCEL-Mappe (BAFU, 2014a; BAFU, 2015g).

¹⁵ <http://www.bafu.admin.ch/klima/13879/13880/14487>

Tabelle:

<http://www.bafu.admin.ch/klima/13879/13880/14487/index.html?lang=de&download=NHZLpZeq7t.Inp6lONTU042l2Z6ln1ac.y4Zn4Z2qZpnO2Yug2Z6gpJCHeH94f2ym162epYbq2c.JiKbNokSn6A-->

¹⁶ Submission April 2015 <http://www.bafu.admin.ch/klima/13879/13880/15473/index.html?lang=en>

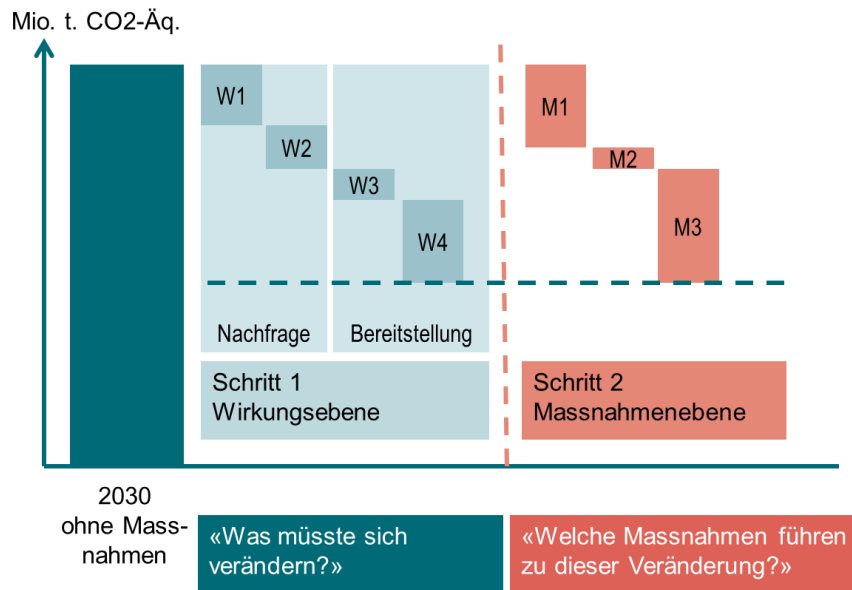
Für die Emissionsfaktoren einzelner Materialien wird die Ausgabe von 2015 verwendet (BAFU, 2015b).

Vorgehen

Die Analyse der bisherigen Entwicklung der Treibhausgase und die Szenario-basierte Fortschreibung bis 2030 baut grundsätzlich auf der Trennung der Wirkungs-Ebene und der Massnahmen-Ebene auf (vgl. Figur 3). Auf der Wirkungsebene werden die physikalisch-technischen Zusammenhänge der Entstehung der Treibhausgase betrachtet, wobei nach Möglichkeit die Nachfrage einer klimawirksamen Leistung von der Art der Bereitstellung dieser Leistung unterschieden wird. Am Beispiel des Personenverkehrs mit Personewagen hängt Treibhausgasausstoss nachfrageseitig von den Personenkilometern, deren Verteilung auf verschiedene Verkehrsmittel und die mittlere Besetzung der Fahrzeuge ab. Bei der Bereitstellung ist die Zusammensetzung der eingesetzten Fahrzeugflotte bezüglich der Emissionen pro Fahrzeugkilometer massgebend. Eine angestrebte Reduktion auf Wirkungsebene kann durch unterschiedliche Massnahmen oder deren Kombinationen erreicht werden. So lässt sich eine bestimmte Senkung der durchschnittlichen Emissionen pro Fahrzeugkilometer durch eine Treibstoffsteuer, Zulassungsvorschriften oder eine differenzierte Besteuerung der Fahrzeuge erzielen.

Es gilt folglich, für die verschiedenen Bereiche der Treibhausgas-Emissionen die wichtigsten Wirkungsmechanismen zu identifizieren und zu beschreiben. Dabei wird angestrebt, dass die Wirkungsmechanismen auf möglichst einfachen Elementen aufbauen, die nicht nur für die Treibhausgas-Emissionen massgebend sind, sondern auch durch Massnahmen beeinflusst werden können (z.B. Treibstoffverbrauch von Neuwagen).

Diese Wirkungsmechanismen werden so weit wie möglich mit quantitativen Kennzahlen beschrieben. Zusätzlich zur Beschreibung mit bekannten Zeitreihen (Vergangenheitsdaten) werden Trendschätzungen oder Szenarien zukünftiger Entwicklungen dargestellt. Dabei bilden die für Energieperspektiven 2050 des Bundes (BFE/Prognos 2012) erarbeiteten Werte eine wichtige Grundlage, die punktuell um weitere Quellen oder eigene Schätzungen ergänzt werden.



Eigene Darstellung

Figur 3: Grundprinzip der Vorgehensweise für die Szenario-Bildung «Baseline» und «Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030»

Die mögliche Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen bis 2030 wird in Form von zwei Szenarien dargestellt:

- Szenario 1 «Baseline» (Kapitel 2): Das Baseline-Szenario schreibt bisherige Trends fort und berücksichtigt die aktuellen, bereits beschlossene und klar absehbare Massnahmen. Es handelt sich somit um eine «Weiter wie bisher» - Entwicklung.
- Szenario 2: «Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030», abgekürzt MKK2030. Der Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 ermittelt und beschreibt eine Entwicklung, die bei ambitionöser Zielsetzung für die Reduktion der Treibhausgase bis 2030 als erreichbar beurteilt wird.

Für die Bereiche Personenverkehr/Personenwagen und Wärmeeinsatz im Gebäudebereich werden Teilmodelle erstellt, mit denen die Wirkungszusammenhänge vertieft simuliert werden können um daraus konsistente Entwicklungen ableiten zu können.

Weitere Hinweise zum Vorgehen finden sich bei der Beschreibung der jeweiligen Szenarien.

2 Szenario 1: Fortsetzung der bisherigen Entwicklung bis 2030 (Baseline)

2.1 Einleitung

Im vorliegenden Kapitel werden zunächst die Emission von Treibhausgasen in der Schweiz seit 1990 beschrieben. Darauf aufbauend wird ein Baseline-Szenario bis 2030 definiert, in dem aktuelle, bereits beschlossene und klar absehbare Massnahmen berücksichtigt sind. Dabei werden die zentralen Wirkungsmechanismen je Bereich erläutert. Das Baseline-Szenario kann folglich auch als «Weiter wie bisher» oder «Moderate Weiterentwicklung» verstanden werden.

2.1.1 Treibhausgasinventar 1990-2013

Als Ausgangslage dient das schweizerischen Treibhausgasinventar der Jahre 1990 bis 2013, wobei die Kategorien gemäss IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) verwendet werden¹⁷. Wie im vorangehenden Kapitel erläutert, sind die Kyoto-Systemgrenzen massgebend, das heisst die Treibhausgas-Emissionen werden ohne den internationalen Flugverkehr, ohne Landnutzungsänderungen und ohne den Sektor 6 (Brand- und Feuerschäden) betrachtet.

Im Mittel der drei Jahre 2011-2013 liegen die relevanten Gesamtemissionen bei 51.51 Mio. t CO₂-Äquivalenten. Davon entfallen 78.5% auf den Energiebereich, wobei der Strassenverkehr mit 31.5% und die Wärmeerzeugung für Privathaushalte, Dienstleistungs- und Gewerbebetriebe mit 27.7% (Heizwärme und Warmwasser, ohne Prozesswärme) die grössten Einzelpositionen darstellen. Verkehr und die Erzeugung von Wärme für Heizung und Warmwasser machen folglich 59.2% aller Emissionen aus.

Der Anteil der energetisch bedingten Emissionen (Bereich 1) belief sich bereits 1990 auf rund 78% und unterlag in den letzten gut 23 Jahren nur geringen, meist witterungsbedingten Schwankungen.

¹⁷ <http://www.bafu.admin.ch/klima/13879/13880/14487>

Tabelle:

http://www.bafu.admin.ch/klima/13879/13880/14487/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7t,Inp6I0NTU042I2Z6In1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6qpJCHeH94f2ym162epYbg2c_JiKbNoKSn6A--

Treibhausgasemissionen der Schweiz 1990-2013

Total							Stand: 15.04.2015		
in Mio t CO ₂ -Äquivalenten (1)									
Kat. (2)		1990	...	2011	2012	2013	2011-13	2011-13	
Total (3)		53.35		50.28	51.66	52.59	51.51	100.0%	
1	Energie	41.77		39.19	40.58	41.49	40.42	78.5%	
1A	Energie (Verbrennung)	41.36		38.92	40.32	41.23	40.16	78.0%	
1A1	Energieumwandlung	2.56		3.62	3.65	3.68	3.65	7.1%	
	davon: Energieumwandlung ohne KVA	1.24		1.70	1.69	1.82	1.74	3.4%	
	davon: Kehrlichtverbrennungsanlagen	1.32		1.92	1.96	1.86	1.91	3.7%	
1A2	Industrie	6.32		5.32	5.32	5.42	5.35	10.4%	
1A3	Verkehr	14.61		16.17	16.30	16.22	16.23	31.5%	
1A3a	Inland Flugverkehr (ohne Militär)	0.26		0.13	0.14	0.13	0.13	0.3%	
1A3b	Strassenverkehr	14.18		15.83	15.96	15.90	15.90	30.9%	
	Personenwagen	10.15		10.97	10.82	10.66	10.82	21.0%	
	Lieferwagen	0.70		0.87	0.86	0.85	0.86	1.7%	
	Lastwagen	1.61		1.73	1.74	1.75	1.74	3.4%	
	Bus	0.30		0.37	0.37	0.36	0.37	0.7%	
	Motorräder	0.18		0.24	0.24	0.25	0.24	0.5%	
	Tanktourismus und statistische Differenz	1.25		1.65	1.93	2.03	1.87	3.6%	
1A3c	Bahn	0.03		0.04	0.04	0.04	0.04	0.1%	
1A3d	Schifffahrt	0.11		0.12	0.12	0.12	0.12	0.2%	
1A3e	Pipelinetransport	0.03		0.05	0.05	0.02	0.04	0.1%	
1A4	Andere Sektoren	17.67		13.69	14.93	15.79	14.81	28.7%	
1A4a	Dienstleistungen / Gewerbe	5.27		4.26	4.64	4.91	4.60	8.9%	
1A4b	Privathaushalte	11.79		8.86	9.74	10.35	9.65	18.7%	
1A4c	Andere (Land- / Forstwirtschaft)	0.60		0.57	0.55	0.53	0.55	1.1%	
1A5	Übrige (Militär)	0.21		0.11	0.12	0.12	0.11	0.2%	
1B	Verdampfungsemissionen (Öl / Gas)	0.40		0.28	0.25	0.27	0.26	0.5%	
2	Industrielle Prozesse und Lösungsmittel	3.52		4.05	4.06	4.09	4.07	7.9%	
3	Landwirtschaft	6.71		6.05	6.02	5.95	6.01	11.7%	
3A	Nutztierhaltung	3.51		3.27	3.26	3.24	3.26	6.3%	
	davon: Rindvieh (3A1)	3.34		3.06	3.05	3.03	3.05	5.9%	
3B	Hofdüngerbewirtschaftung	1.26		1.15	1.15	1.13	1.14	2.2%	
3D	Landwirtschaftliche Böden	1.90		1.58	1.57	1.54	1.56	3.0%	
3G	Kalkdüngung	0.02		0.03	0.03	0.03	0.03	0.1%	
3H	Harnstoffdüngung	0.03		0.01	0.01	0.01	0.01	0.0%	
5	Abfall	1.35		0.98	1.01	1.05	1.02	2.0%	
5A	Deponie	0.93		0.24	0.21	0.19	0.21	0.4%	
5B	Industrielle Kompostierung / Vergärung	0.09		0.39	0.44	0.49	0.44	0.9%	
5C	Übrige Verbrennung (ohne energetische Nutzung)	0.09		0.04	0.04	0.05	0.04	0.1%	
5D	Abwasserreinigung	0.25		0.31	0.32	0.32	0.32	0.6%	
6	Andere	0.01		0.01	0.01	0.01	0.01		
6Ad	Brand- und Feuerschäden	0.01		0.01	0.01	0.01	0.01		
	Internationaler Flugverkehr	3.10		4.58	4.68	4.76	4.67		
	Internationaler Schiffsverkehr	0.06		0.03	0.03	0.03	0.03		
4	LULUCF (inklusive HWP)	-2.96		-2.70	-1.74	-1.05	-1.83		
	Landnutzung und Waldbewirtschaftung	-1.73		-2.33	-1.44	-0.89	-1.55		
	Holzprodukte (HWP)	-1.22		-0.37	-0.30	-0.16	-0.28		

(1) CO₂-Äquivalente entspricht der Summe aller Gase. Nicht-CO₂-Emissionen wurden ihrem Erwärmungspotenzial (GWP) entsprechend gewichtet.

(2) Kategorien und Nummerierung nach IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).

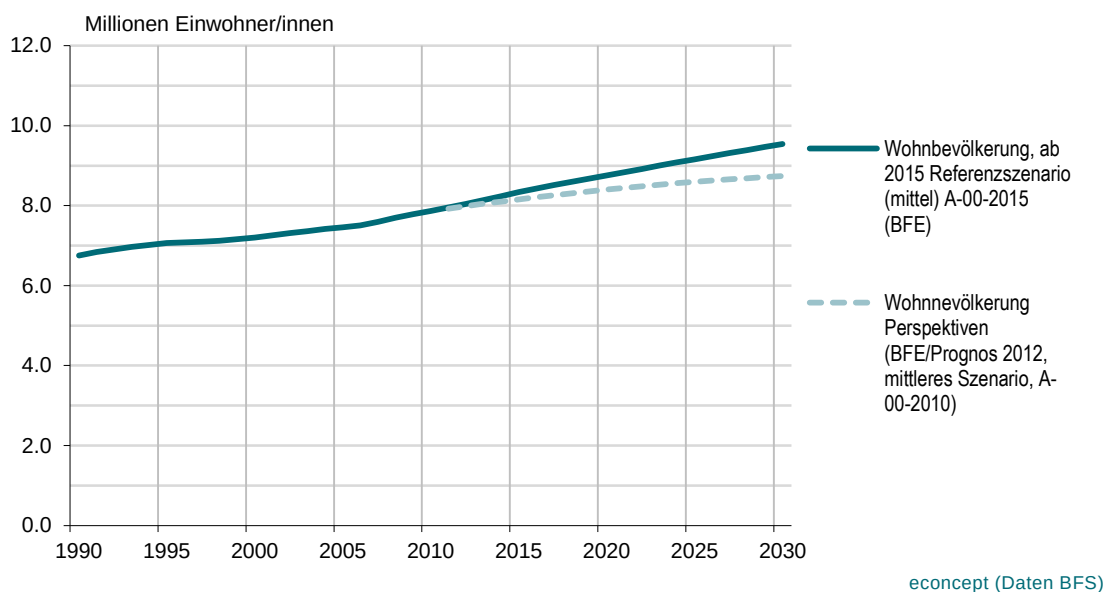
(3) Ohne internationalen Flug- und Schiffsverkehr, Landnutzungsänderungen / Forstwirtschaft und Sektor 6 (Kyoto-Systemgrenze).

Tabelle 1 Treibhausgasinventar der Schweiz 1990 bis 2013

2.1.2 Entwicklung der Rahmenbedingungen

Bevölkerungsentwicklung

Die ständige Wohnbevölkerung lag Ende 2014 bei 8.2 Mio. Personen. In den Energieperspektiven 2050 wurde das mittlere Szenario des BFS "2010" verwendet, das bis zum Jahr 2030 von einem Anstieg auf 8.7 Mio. Personen ausging. Das aktuellste mittlere Szenario «2015» kommt für das Jahr 2030 auf einen 9% höheren Wert von 9.5 Mio. Personen. Dieses aktuellere, mittlere Szenario bildet die Grundlage für die vorliegende Arbeit. Die Bevölkerungsentwicklung fließt unmittelbar in die Abschätzungen zur Entwicklung des Verkehrs und der Energiebezugsfläche im Wohnbereich ein.



Figur 4: Entwicklung der ständigen Wohnbevölkerung

Wirtschaftliche Entwicklung

Für die wirtschaftliche Entwicklung werden keine expliziten Annahmen getroffen, da in den Wirkungsmodellen auch keine rechnerisch direkten Zusammenhänge beispielsweise mit der BIP-Entwicklung formuliert sind. Da mehrere Entwicklungen in Anlehnung an die Energieperspektiven des Bundes¹⁸ erfolgen, fließen indirekt die dort unterstellten Rahmenbedingungen mit ein.

¹⁸ BFE/Prognos, 2012

2.2 Energieumwandlung

Der Bereich Energieumwandlung (THG-Inventar Bereich 1A1) trägt in den Jahren 2011 bis 2013 im Durchschnitt 3.65 Mio. Tonnen CO₂eq (7.1%) zu den schweizerischen Treibhausgas-Emissionen bei. Der Bereich Energieumwandlung wird im Inventar auf folgende Kategorien aufgeteilt: Öffentliche Elektrizitäts- und Wärmeproduktion (1A1a), Raffinerien (1A1b) und Produktion von festen Brennstoffen und anderen Energieindustrien (1A1c). Zum letzteren gehört insbesondere die Holzkohlenproduktion, welche in der Schweiz mengenmässig vernachlässigbar ist. Zudem handelt es sich um biogene CO₂-Emissionen.

In der Kategorie der öffentlichen Elektrizitäts- und Wärmeproduktion sind in der Schweiz die Emissionen aus der Verbrennung von Abfall in Kehrrechtverbrennungsanlagen (KVA) und aus dem Betrieb öffentlicher Fernwärmenetze sowie fossil betriebener Kraftwerke relevant. Bezüglich KVA werden in Abgrenzung zum Sektor Abfall (5), im Sektor Energieumwandlung (1A1) diejenigen Emissionen betrachtet, welche aus KVA mit energetischer Verwertung (Strom- und Wärmeproduktion) des Abfalls stammen. Diese machen den Grossteil der Emissionen aus der Abfallverwertung aus. Die Emissionen aus der nicht-energetischen Verwertung und aus Deponiegasen werden dem Sektor Abfall (5) zugerechnet.

Die CO₂-Emissionen ab KVA, welche dem Bereich Energieumwandlung angerechnet werden, sind fast ausschliesslich vom Kohlenstoffgehalt und Menge des Abfalls abhängig. Lediglich ein Promille des Energieverbrauchs der KVA wird mit fossilen Energieträgern gedeckt (BFE, 2015, Tabelle 27). Die historischen Werte der CO₂-Emissionen sind im THG-Inventar ausgewiesen. In der Studie «Transformation der Abfallverwertung in der Schweiz für eine hohe und zeitlich optimierte Energieausnutzung»¹⁹ wird beobachtet, dass die Abfallmengen noch nicht von der Entwicklung des BIP entkoppelt wurden. Infolgedessen geht die Studie davon aus, dass die Abfallmengen bis 2035 gegenüber 2012 um 25% zunehmen. Für das Baseline-Szenario wird angenommen, dass die CO₂-Emissionen im selben Masse zunehmen beziehungsweise um 20% bis 2030²⁰.

Die Emissionen aus dem Betrieb öffentlicher Fernwärmenetze stammen hauptsächlich aus der Verbrennung von Abfall in KVA, sowie aus der Verbrennung von Erdgas und Heizöl in Fernwärmezentralen. Die CO₂-Emissionen aus dem Betrieb öffentlicher Fernwärmenetze ohne KVA ergeben sich aus dem Heizöl- und Gaseinsatz in Fernwärmenetzen (BFE, 2015, Tabelle 26), multipliziert mit den jeweiligen Emissionsfaktoren. Für das Baseline-Szenario wird ein gleichbleibender Einsatz fossiler Energien für Fernwärme

¹⁹ econcept/Rytech 2014

²⁰ Zwischen Bund und dem Verband der Betreiber Schweizerischer Abfallverwertungsanlagen (VBSA) besteht eine Branchenvereinbarung betreffend der Reduktion der fossilen CO₂-Emissionen aus der Abfallverbrennung (UVEK, 2014). Die Reduktionsziele beziehen sich auf die Netto-CO₂-Emissionen. Für die Zielerreichung können Massnahmen zur verstärkten Strom- und Wärmeproduktion und Metallrückgewinnung angerechnet werden. Diese Massnahmen haben in der THG-Inventar-Systematik für den Bereich Energieumwandlung keinen Einfluss (Annahme: Ausbau Fernwärmenetze substituieren mehrheitlich dezentrale Heizungssysteme, welche in den Bereichen Privathaushalte, Dienstleistungen/Gewerbe und Industrie berücksichtigt werden). Infolge dessen können die Reduktionsziele der Branchenvereinbarung nicht zur Abschätzung der künftigen Entwicklung der CO₂-Emissionen in der Baseline verwendet werden.

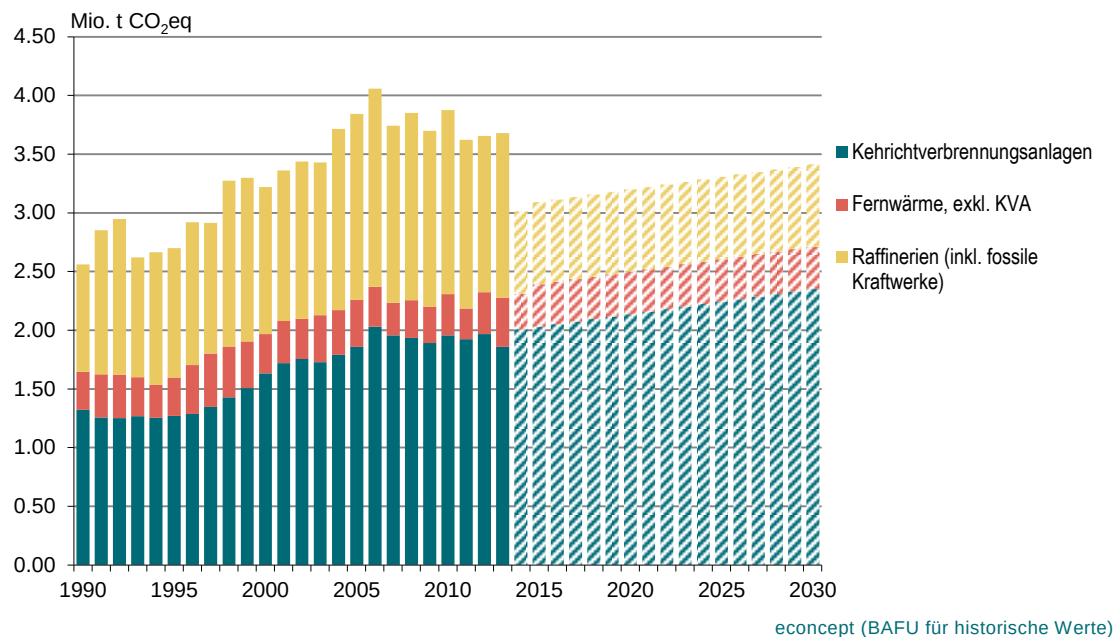
angenommen. Es wird zwar einerseits davon ausgegangen, dass vereinzelte bestehende fossile Fernwärmenetze auf Energieholz und in seltenen Fällen auf industrielle Fernwärme und mitteltiefe bis tiefe Geothermie umgestellt werden. Da jedoch andererseits Umweltwärme für Fernwärmenetze mit hohen Temperaturniveaus nicht in Frage kommt, wird auch in Zukunft ein Grossteil der bestehenden fossilen Fernwärmenetze fossil betrieben werden. Zudem werden in neuen Fernwärmenetzen mit erneuerbaren Energien oft fossile Spitzenlastkessel eingesetzt, was den Bedarf an fossilen Energien im Bereich Fernwärme ansteigen lässt.

Im Bereich Stromproduktion wird angenommen, dass der Strombedarf künftig durch erneuerbare Energien, Kernkraftwerke und soweit erforderlich durch Importe erfolgt. Gemäss den Konventionen des Treibhausgas-Inventars sind diese Aktivitäten nicht mit CO₂-Emissionen verbunden. Es ist derzeit weder beschlossen noch absehbar, dass eines oder sogar mehrere Gas-und-Dampf-Kraftwerke (GuD) in der Schweiz gebaut werden. Zum einen können derzeit GuD nicht wirtschaftlich betrieben werden, zum anderen kommt der inländische Produktionsrückgang durch die Abschaltung der grossen Kernkraftwerke bis 2030 voraussichtlich noch nicht zum Tragen. Derzeit gibt es kein GuD in der Schweiz. Das einzige fossil betriebene Kraftwerk, Chavalon, ging 1999 ausser Betrieb.

Die Emissionen aus Raffinerien für den Zeitraum 1990 bis 2014 werden als verbleibenden Rest des Totals des Bereichs Energieumwandlung minus den Emissionen ab Fernwärmenetz und KVA berechnet. Derzeit ist nur noch eine Raffinerie in Betrieb. Die Raffinerie der Tamoil in Collombey (VS) stellte im Verlauf des Jahres 2015 ihren Betrieb ein. Für die Entwicklung im Baseline-Szenario wird angenommen, dass die Raffinerie Collombey nicht wieder in Betrieb genommen und stillgelegt wird und somit nur noch die Raffinerie Cressier (NE) in der Schweiz betrieben wird.

Bereiche	Annahmen zur Entwicklung der CO ₂ -Emissionen im Baseline-Szenario von 2014 - 2030
Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA)	→ Abfallmengen und entsprechende CO ₂ -Emissionen nehmen bis 2030 gegenüber 2012 um 20% zu.
Öffentliche Fernwärmenetze ohne KVA	→ Gleichbleibender Verbrauch an Heizöl und Erdgas (Fortschreibung des klimakorrigierten Wertes von 2014)
Fossil betriebene Kraftwerke	→ Auch künftig bis 2030 keine GuD-Kraftwerke in Betrieb
Raffinerien	In der Schweiz wird künftig nur noch eine von ursprünglich zwei Raffinerien betrieben → Halbierung der CO ₂ -Emissionen von 2014

Tabelle 2: Annahmen zur Entwicklung der CO₂-Emissionen im Baseline-Szenario von 2014 - 2030



Figur 5: Historische Entwicklung der CO₂-Emissionen von 1990 – 2014 und Entwicklung im Baseline-Szenario von 2014 – 2030 im Bereich Energieumwandlung (aufsummiert)
Die Stilllegung der Raffinerie Collombey (Wallis) im Jahr 2015 wird im Baseline-Szenario ab 2014 bis 2030 unverändert übernommen.

Zusammenfassend erreichen die Emissionen im Baseline-Szenario bis 2030 für den gesamten Bereich Energieumwandlung 3.41 Mio. t CO₂-äq, was gegenüber 2013 einer Abnahme um 0.27 Mio. t CO₂eq oder 7% entspricht.

2.3 Industrie - Energieeinsatz

In diesem Kapitel (THG-Inventar Bereich 1A2) werden Emissionen aus der Energiebereitstellung behandelt, welche für die industriellen Prozesse benötigt wird. Die Emissionen, die aus den Prozessen selbst (ohne Energieeinsatz) entstehen, z.B. durch entweichende fluorierte Gase, gehören zum Bereich "Industrielle Prozesse und Lösungsmittel" (THG-Inventar Bereich 2, siehe Kapitel 2.6).

In den Jahren 2011 bis 2013 wurden für die Energiebereitstellung in der Industrie im Durchschnitt 5.35 Mio. Tonnen CO₂eq emittiert, was 10.4% der gesamten Emissionen entspricht.

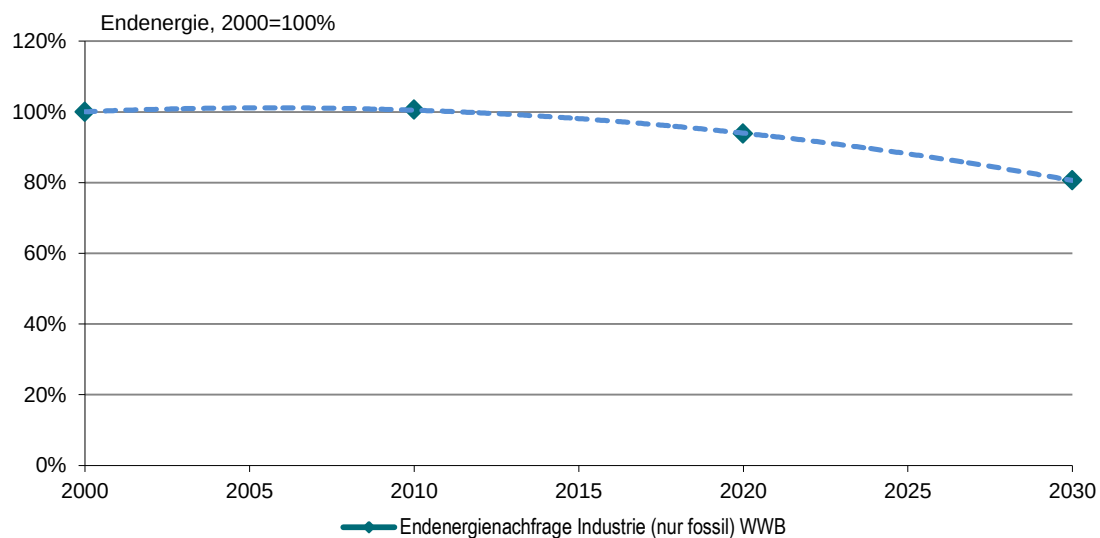
Die Emissionen stammen aus folgenden Industriesektoren:

Industriesektor/Branche	Anteil an Emissionen (100%=Total 2012: 5.48 Mio. t CO ₂ eq)
Stahl und Eisen	4.6%
Nicht-Eisen Metalle	1.3%
Chemie	13.8%
Papier	3.7%
Lebensmittelverarbeitung, Getränke und Tabak	16.2%
Andere: Glas, Zement, Mineralwolle	60.4%

Tabelle 3: Anteil an Treibhausgas-Emissionen der verschiedenen Industriebranchen (BAFU, 2015g)²¹

Über 99% der Emissionen stammen von CO₂ und nur ein sehr kleiner Anteil von Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O). Die bedeutendsten Sektoren sind die Chemie, die Lebensmittelverarbeitung und Andere (dominiert von Zement), welche zusammen über 90% der Treibhausgas-Emissionen bei der Energiebereitstellung der Industrie ausmachen.

Für das Baseline-Szenario bis 2030 werden die Perspektiven des Bundes (BFE/Prognos, 2012) für die fossile Endenergienachfrage benützt. Aus der indexierten Nachfrage werden die prognostizierten CO₂eq-Emissionen direkt abgeleitet.



econcept (Daten BFE/Prognos, 2012)

Figur 6: Fossile Endenergienachfrage der Industrie, abgeleitet vom Szenario «Weiter wie bisher» WWB der Energieperspektiven des Bundes

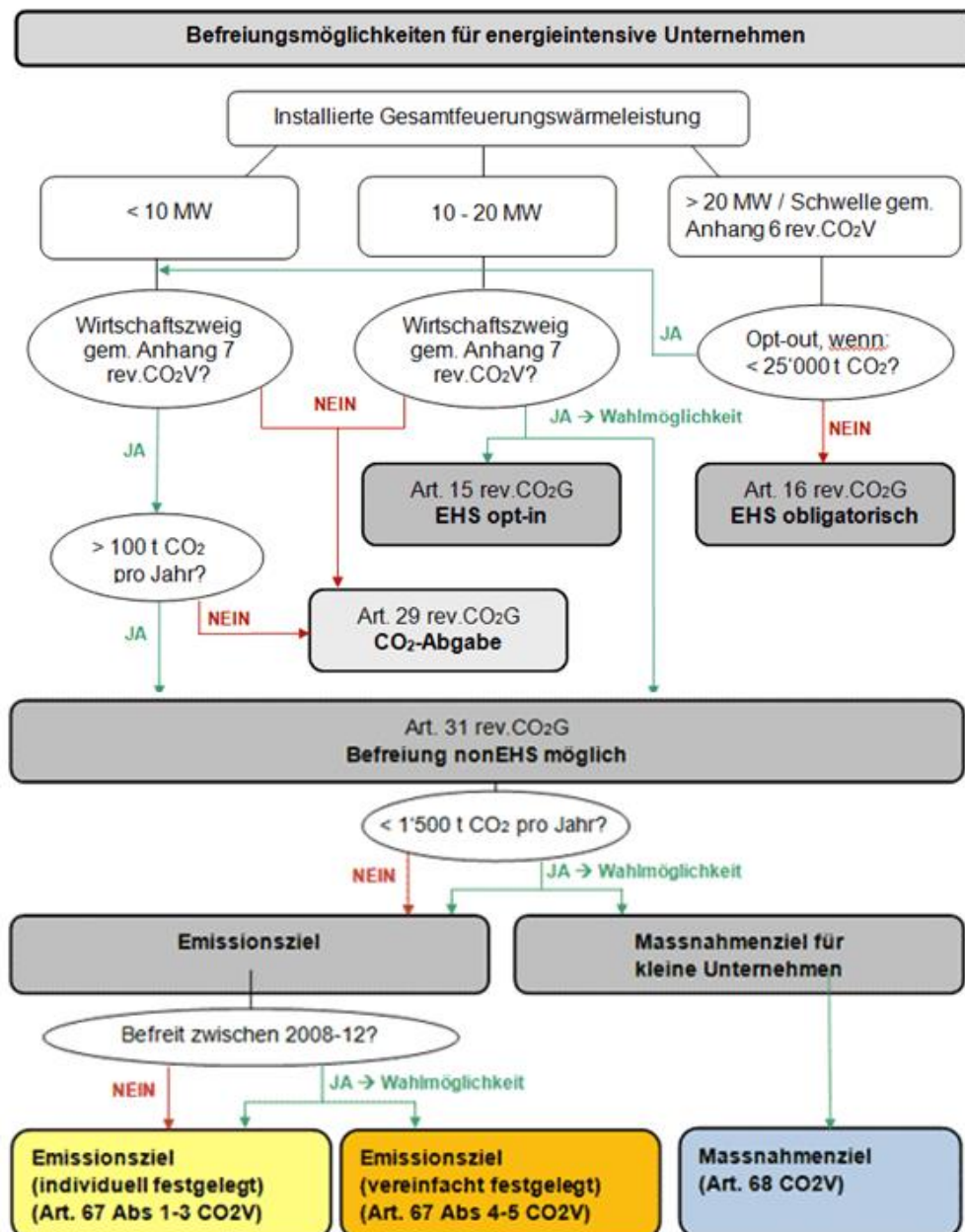
Daraus ergeben sich im Baseline-Szenario 4.73 Mio. Tonnen CO₂eq für die Energiebereitstellung in der Industrie im Jahr 2030, was einer Abnahme um 13% oder 0.7 Mio. t CO₂eq gegenüber 2013 entspricht. Dies ist in Bezug auf den Zwischenwert bis 2020 in etwa

²¹ Die CRF-Tabellen zum aktuellsten Report (BAFU, 2015e) sind noch nicht verfügbar. Deshalb bezieht sich BAFU, 2015g auf das Jahr 2012.

konsistent mit den Wirkungsabschätzungen des Bundes für die Instrumente des CO₂-Gesetzes²² (-0.5 Mio. t CO₂eq der Industrie durch CO₂-Ziele und Emissionshandel).

Exkurs zur CO₂-Abgabe und den Befreiungsmöglichkeiten EHS (Emissionshandelssystem) und non-EHS (Zielvereinbarungen)

Das wichtigste, bereits implementierte Instrument in diesem Bereich ist die CO₂-Abgabe mit den dazugehörigen Befreiungsmöglichkeiten für Unternehmen.



BAFU

Figur 7: Möglichkeiten für die Befreiung von der CO₂-Abgabe gemäss Art. 32 CO₂-Gesetz.

²² <http://www.bafu.admin.ch/dokumentation/medieninformation/00962/?lang=de&msg-id=44510> [17.09.2015]

Wie Figur 7 illustriert, besteht entweder die Pflicht beziehungsweise die Wahlmöglichkeit zur Teilnahme am Emissionshandelssystem (EHS) oder es bestehen zwei verschiedene Optionen für eine Zielvereinbarung mit dem Bund (non-EHS). Die quantitative Bedeutung der jeweiligen Bereiche ist in der nachstehenden Tabelle umrissen.

Industriesektor/Branche	Emissionen 2013: (Mio. t CO ₂ eq)*
EHS-Unternehmen (ca. 55)	5.6 Mio t
Non EHS-Unternehmen (ca. 550)	1.3 Mio. t

* auch Emissionen im Bereich 2 (Industrie ohne Energieeinsatz) eingeschlossen

Tabelle 4: Anzahl Unternehmen im EHS bzw. non-EHS-System

Im EHS sind aktuell 55 energieintensive Unternehmen aus den Sektoren Zement, Chemie/Pharma, Raffinerien, Papier, Fernwärme, Stahl u.a. mit Emissionen von 5.6 Mio. t CO₂eq im Jahr 2013 erfasst²³. Die maximale Menge an Emissionen wird jedes Jahr um 1.74% (gegenüber 2010) verringert. In Bezug auf das THG-Inventar beinhaltet das EHS Emissionen aus verschiedenen Bereichen: Raffinerien und Fernwärme gehören zu «1A1 Energieumwandlung»; die anderen Sektoren gehören vorwiegend zu dem hier behandelten Bereich (1A2); die geogenen Emissionen aus der Zementindustrie²⁴ und andere Prozess-Emissionen aus Chemie etc. gehören zu «2 Industrielle Prozesse und Lösungsmittel» (vgl. Kapitel 2.6). Es ist zwar möglich, die Emissionen im EHS nach Branchen aufzuschlüsseln. Es ist aber schwierig festzustellen, wie gross der Anteil von Prozessemissionen bei den EHS-Unternehmen ist. Deshalb werden in der vorliegenden Arbeit alle mit dem EHS verbundenen Reduktionsmassnahmen im Bereich 1A2 behandelt und angerechnet.

Bis im Oktober 2015 sind ca. 550 Unternehmen eine Zielvereinbarung (non-EHS) für die Reduktion der betrieblichen CO₂-Emissionen mit dem Bund eingegangen²⁵. Davon haben rund 60 Unternehmen ein Massnahmenziel, welches mengenmässig eine untergeordnete Rolle spielt, definiert. Die restlichen 490 Unternehmen haben für 2020 ein Emissionsziel vereinbart. Die entsprechenden Unternehmen haben im Jahr 2013 gemeinsam knapp 1.3 Mio. t CO₂eq ausgestossen.

Gestützt auf die Erfahrung aus fachlichen Begleitungen von Zielvereinbarungen wird für die Ziele 2013 - 2020 durchschnittlich von einer Reduktion der Emissionen um 10-15% gegenüber 2013 ausgegangen. Es ist also per 2020 mit einer Reduktion von insgesamt 0.1 - 0.2 Mio. t CO₂eq zu rechnen. Unsicherheiten bestehen bezüglich der Anzahl neuer non-EHS Unternehmen bis 2020 und darüber hinaus. Für das Baseline-Szenario wird unterstellt, dass sich die Reduktionsleistung gegenüber 2013 bis 2030 bei 0.2 Mio. t CO₂eq einpendelt.

²³ In der Periode 2008-2012 umfasste das EHS ca. 400 Unternehmen mit Emissionen im Umfang von 4 - 4.5 Mio. t CO₂eq

²⁴ Geogene Emissionen entstehen, vereinfacht dargestellt, bei der Zementherstellung durch das Brennen von Kalkstein bei hohen Temperaturen. Diese sogenannte Klinkerproduktion wandelt Calciumcarbonat in Calciumoxid um, wobei CO₂ freigesetzt wird. Das Calciumoxid sorgt für die Aushärtung des Zements unter Beimengung von Wasser.

²⁵ <http://www.bafu.admin.ch/klima/13877/14510/14750/index.html?lang=de> [14.10.2015]

Für den gesamten Bereich Energieeinsatz in der Industrie (1A2) lassen sich von den in der Baseline angenommenen Reduktionen um 0.7 Mio. t CO₂eq bis 2030 folglich rund 0.5 Mio. t CO₂eq auf Unternehmen im EHS-System und 0.2 Mio. t CO₂eq auf Unternehmen mit Zielvereinbarungen im non-EHS System zuteilen.

2.4 Verkehr

Der Bereich Verkehr (THG-Inventar Bereich 1A3) trägt in den Jahren 2011 bis 2013 im Durchschnitt 16.23 Mio. Tonnen CO₂eq (31.5%) zu den schweizerischen Treibhausgas-Emissionen bei. Der Verkehr wird im Inventar auf folgende Kategorien aufgeteilt: Inland Flugverkehr (1A3a), Strassenverkehr (1A3b mit Personenwagen, Lieferwagen, Lastwagen, Bus, Motorräder, Tanktourismus und stat. Differenzen), Bahn (1A3c), Schifffahrt (1A3d) und Pipelinetransport (1A3e). In der vorliegenden Arbeit wird der Fokus auf die Unterkategorien Personenwagen, Liefer- und Lastwagen gelegt, da diese zwischen 2011 und 2013 für rund 83% der gesamten Treibhausgas-Emissionen aus dem Verkehr verantwortlich sind. Diese Unterkategorien werden im Folgenden näher beschrieben.

2.4.1 Personenwagen

Für die Entstehung der Treibhausgas-Emissionen des Personenverkehrs werden die folgenden Wirkungsmechanismen für die Analyse der bisherigen Entwicklung und die Szenario-Bildung bis 2030 verwendet:

Zentrale Wirkungsmechanismen im Bereich Personenwagen:

Nachfrage nach Transportleistung:

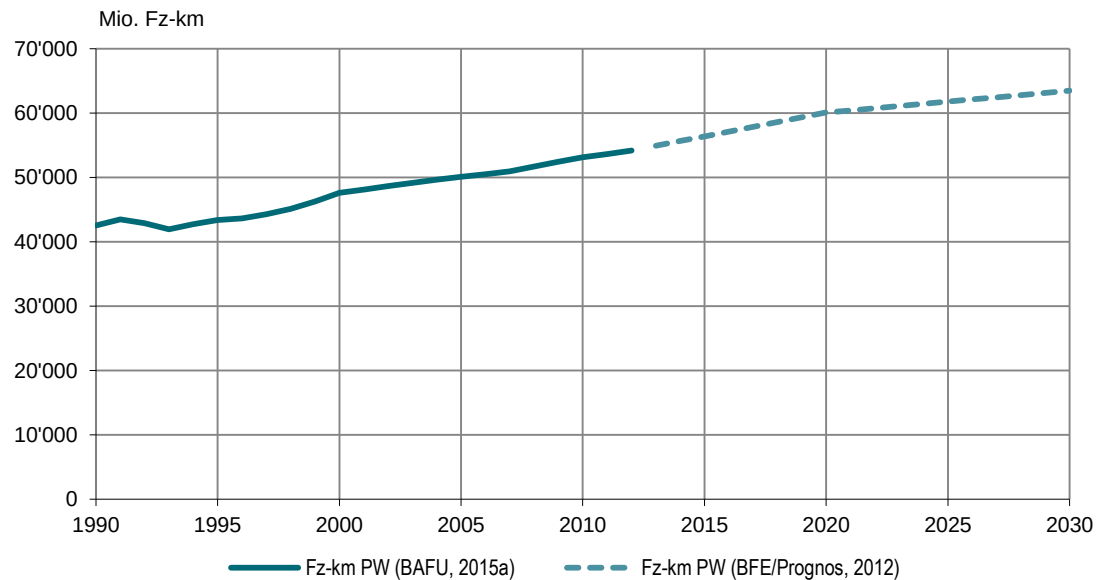
- Bevölkerung * Personenkilometer/Person,Jahr = Personenkilometer
- Personenkilometer * Modalsplit = Personenkilometer Bahn/Bus/PW/Motorräder
- Personenkilometer PW / (mittlere Besetzung) = Fahrzeugkilometer PW

Bereitstellung der Transportleistung:

- THG-Emissionen aus Verbrauch Benzin, Diesel, Strom, Gas = f(Mix Fahrzeugflotte nach spez. Verbrauch je km)
- Mix Fahrzeugflotte [CO₂/Fzkm]= f(Bestand, Wegfallrate, Antriebsart, Neuwagenrate, Verbrauch Neuwagen)

Die Verkehrsleistung der Personenwagen (Fahrzeugkilometer) hat seit den 1990er Jahren stetig, vorwiegend aufgrund des Bevölkerungswachstums und zunehmendem Mobilitätsbedürfnis, zugenommen, wie Figur 8 zeigt (BAFU, 2015a, S.18). Dies obwohl der

Anteil der Personenwagen an der gesamten Verkehrsleistung im Personenverkehr im gleichen Zeitraum abgenommen hat (BFS²⁶).



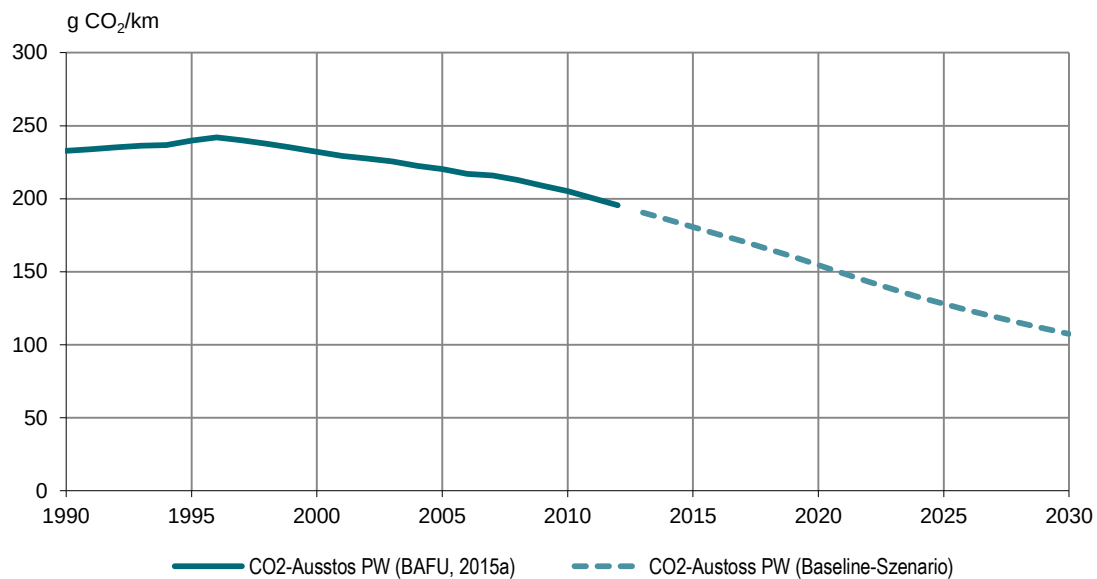
econcept (Daten BAFU/BFE/Prognos)

Figur 8: Entwicklung der Fahrzeugkilometer für Personenwagen im Baseline-Szenario

Für das Baseline-Szenario bis 2030 werden für die Verkehrsleistung der Personenwagen die Perspektiven des Bundes (BFE/Prognos, 2012, S. 299, Szenario «Weiter wie bisher») verwendet. Danach steigen die Fahrzeugkilometer bis 2030 auf 63.5 Mrd. Km.

Der spezifische CO₂-Ausstoss (gCO₂/Fz-km) der Personenwagen im Durchschnitt über alle Antriebsarten hat bis Mitte der 1990er Jahre zugenommen und nimmt seither aufgrund von verbesserten Technologien laufend ab (BAFU, 2015a, S.18).

²⁶ <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/02/06/ind17.indicator.1300505.13005.html>



econconcept (Daten BAFU)

Figur 9: Spezifischer CO₂-Ausstoss für Personenwagen (Durchschnitt ganze Flotte) im Baseline-Szenario

Für die Entwicklung des spezifischen CO₂-Ausstosses im Baseline-Szenario bis 2030 (vgl. Figur 9) wird der spezifische Verbrauch der gesamten Fahrzeugflotte mit Hilfe der folgenden Parameter abgeschätzt: Verbrauch Neuwagenflotte, Neuwagenrate, Wegfallrate bzw. Ersatzrate und Zunahme Fahrzeuge anhand Bevölkerungswachstum. Abgestützt auf die Entwicklung der letzten Jahre wird eine Neuwagenrate von 7% pro Jahr angenommen, das heisst die Fahrzeuge im Mittel rund 14 Jahre in Betrieb sind. Für den Ersatz wird angenommen, dass Fahrzeuge mit dem Verbrauch von Neuwagen von t-14 Jahre aus dem Fahrzeugpark ausscheiden.

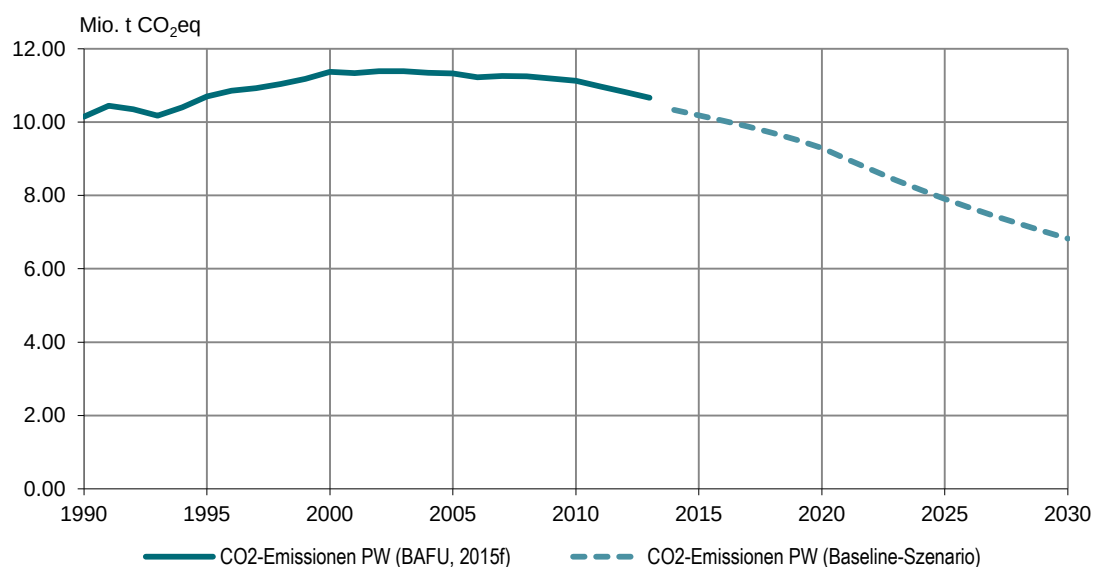
Baseline-Annahmen (u.a. absehbare Massnahmen der Energiestrategie 2050 des Bundes):

- Neuwagenvorschriften: 130 g CO₂/km bis 2015 und 95 g CO₂/km bis 2021; aufgrund der aktuellen Entwicklung wird angenommen, dass die Flottenziele mit zwei Jahren Verspätung (2017 und 2023) erreicht werden.
- Neuwagenvorschriften nach 2021: Bis 2030 wird eine weitere Absenkung auf 83 g CO₂/km angenommen (Basierend auf Verschärfung auf 50 g CO₂/km bis 2050). In diesem Flottendurchschnitt ist eingerechnet, dass bis 2030 rund 6% der Fahrzeugkilometer von Elektro-Fahrzeugen geleistet werden (gestützt auf BFE/Prognos, 2012, S.307), was 2030 einem Anteil von 12% der Neuwagen entspricht.
- Zusätzlich zu den 7% Neuwagen als Flottenerneuerung werden entsprechend dem Bevölkerungswachstum Neuwagen eingesetzt.

Mit diesen Annahmen sinkt der spezifische CO₂-Ausstoss pro Fahrzeugkilometer im Flottendurchschnitt bis 2030 auf 107 g CO₂/km (vgl. Figur 9).

Es ist bekannt, dass die Verbrauchswerte der Fahrzeuge im Strassenverkehr nicht mit den Prüfwerten und Herstellerangaben übereinstimmen. Dies hat unter anderem damit zu tun, dass die vorgeschriebenen Testzyklen die Alltagssituation nicht genügend widerspiegeln. Es ist deshalb zu erwarten, dass CO₂-Berechnungen anhand der Verbrauchsvorschriften zu tiefe Werte ergeben. Gemäss dem vorliegenden Verständnis des Schweizer Treibhausgasinventars wird diese Abweichung durch die Kategorie «Statistische Differenz» innerhalb des Sektors Strassenverkehr erfasst (siehe am Ende dieses Kapitels)²⁷.

Gestützt auf obige Annahmen erreichen die Treibhausgas-Emissionen von Personenwagen einen Wert von 6.8 Mio. Tonnen CO₂eq für das Jahr 2030 (-36% gegenüber 2013) (vgl. Figur 10).



econcept

Figur 10: CO₂-Emissionen Personenwagen im Baseline-Szenario

Die folgende Tabelle fasst die Annahmen und die daraus resultierenden Werte für die gesamte Personenwagen-Fahrzeugflotte zusammen.

²⁷ Während die Emissionen der einzelnen Fahrzeugkategorien aufgrund der (verzerzten, zu tiefen) Prüfwerte hochgerechnet werden, ist der Gesamtausstoss im THG-Inventar aufgrund der effektiv verkauften Treibstoffmengen aus der Gesamtenergiestatistik abgeleitet.

	2013	2018	2020	2025	2030
Fahrzeugkilometer Personenwagen [Mrd. km]	54.9	58.6	60.1	61.8	63.5
Gesamte Fahrzeugflotte – alle [g CO ₂ /km]	190	166	155	128	107
Gesamte Fahrzeugflotte – Fossil [g CO ₂ /km]	190	167	157	132	114
Gesamte Fahrzeugflotte – Elektro [g CO ₂ /km]	0	0	0	0	0
Fahrzeugkilometer Elektro [%] ~= Anteil Elektrofz.	0%	~0%	1%	(3%)	6%
Ersatz Fahrzeugpark pro Jahr [%]	7%	7%	7%	7%	7%
Neuwagenflotte Emissionsgrenzwert [g CO ₂ /km]	145	124	113	92	83
Neuwagenflotte fossil [g CO ₂ /km]	145	128	123	102	95
Neuwagen fossil best-practice [g CO ₂ /km]	80	75	72	65	60
Anteil Elektro an Neuwagenflotte [%]	~0%	3%	8%	10%	12%

Tabelle 5: Absenkpfad und Auswirkungen des Baseline-Szenarios im Bereich Personenwagen

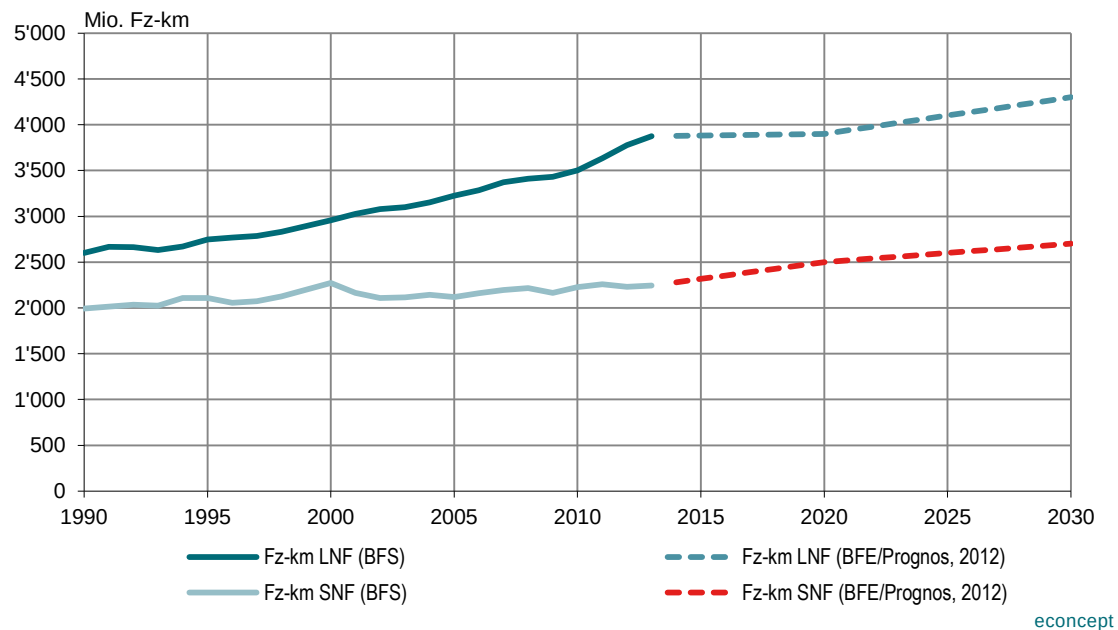
2.4.2 Güterverkehr: Lieferwagen und Lastwagen

Die Aufteilung auf Lieferwagen (auch LNF: Leichte Nutzfahrzeuge) und Lastwagen (SNF: Schwere Nutzfahrzeuge) wird aufgrund des Gewichts von kleiner oder grösser als 3.5t vorgenommen.

Die entsprechenden Wirkungsmechanismen funktionieren analog zum Bereich der Personenwagen. Obwohl dies beim Güterverkehr üblich ist, wird hier nicht die Transportleistung in Tonnen-Kilometer (tkm) verwendet, sondern die nachgefragte Fahrzeugleistung (Fz.-Km) in km pro Kategorie (LNF/SNF). Da die spezifischen CO₂-Emissionen jeweils in g CO₂/Fz-km (und nicht tkm) vorliegen und vorgeschrieben werden, ist es einfacher die Transportleistung in Fahrzeugkilometern (Fz-km) zu verwenden.

Die nachgefragten Fahrzeugkilometer für LNF haben seit 1990 um über 50% zugenommen, während die Zunahmen für SNF rund 10% beträgt (BFS²⁸). Für das Baseline-Szenario ist gemäss BFE/Prognos (2012, S. 299) für beide Kategorien mit einer weiteren aber bei den LNF abgeschwächten Zunahme bis 2030 zu rechnen.

²⁸ <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/11/05/blank/01.html>



Figur 11: Entwicklung der Fahrzeugkilometer beim Güterverkehr (LNF/SNF)
 LNF = leichte Nutzfahrzeuge (<3.5 Tonnen)
 SNF = schwere Nutzfahrzeuge (>3.5 Tonnen)

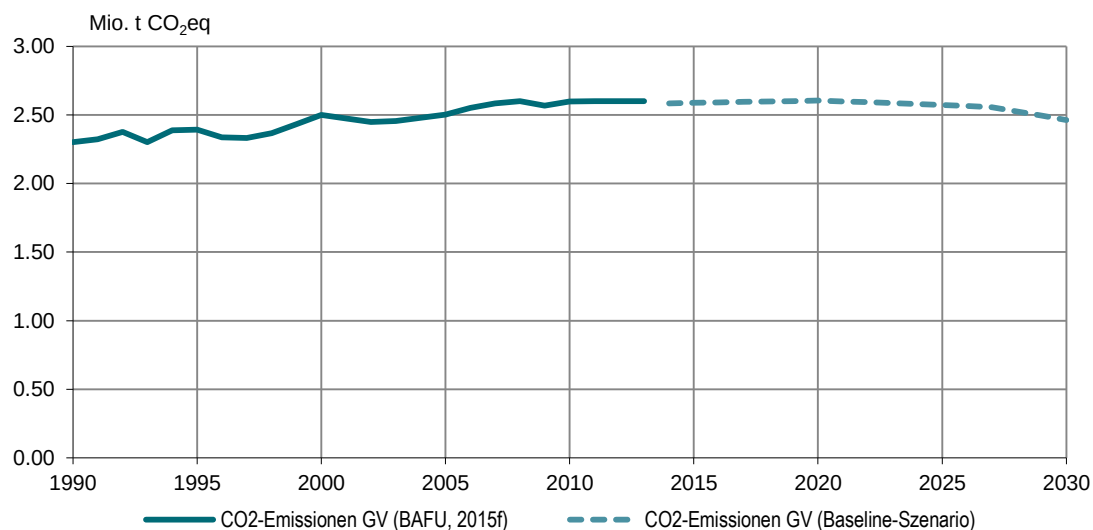
Wie bei den Personenwagen werden beim Güterverkehr vor allem die spezifischen CO₂-Emissionen der ganzen Flotte (BAFU, 2010a, S.88) als zentrale Variable verwendet für die Wirkungsabschätzung von Massnahmen.

Baseline-Wirkungen:

- Neuwagenvorschriften LNF: 175 g CO₂/km bis 2017 und 147 g CO₂/km bis 2020 (Botschaft zum ersten Massnahmenpaket der Energiestrategie 2050); Annahme: 10 Jahre nach der Gültigkeit für Neuwagen entspricht der Grenzwert dem Flottendurchschnitt aller Fahrzeuge.
- Neuwagenvorschriften SNF: Verbrauchsvorschriften werden diskutiert, sind aber noch nicht konkret absehbar. Es wird eine generelle Absenkrate des spezifischen CO₂-Austosses von -0.5%/a angenommen (BFE/Prognos, 2012, S. 306).

Weiter werden 1% (SNF) und 2% (LNF) Elektro-Fahrzeuge entsprechend den Perspektiven von BFE/Prognos, 2012, S.307 angenommen.

Gestützt auf obige Annahmen erreichen die Treibhausgas-Emissionen aus dem Güterverkehr einen Wert von 2.5 Mio. Tonnen CO₂eq für das Jahr 2030 (-5% gegenüber 2013).



econconcept

Figur 12: Entwicklung CO₂-Emissionen Güterverkehr (Lieferwagen und Lastwagen) im Baseline-Szenario

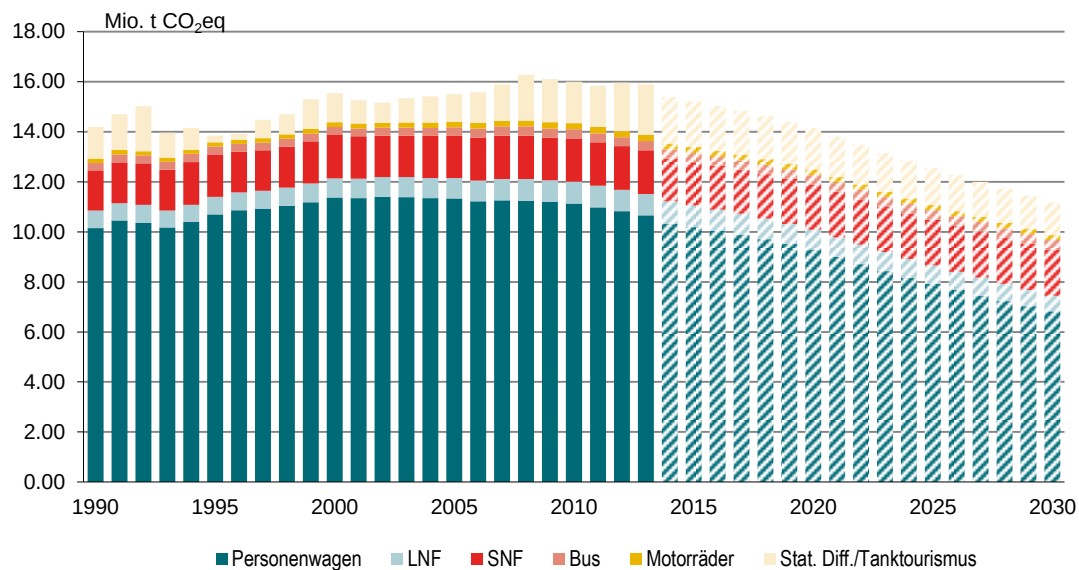
2.4.3 Strassenverkehr und Verkehr insgesamt

Die anderen Bereiche im Strassenverkehr wurden nicht detailliert modelliert, da sie für die gesamten Emissionen eine untergeordnete Bedeutung haben.

Für Busse und Motorräder wurden moderate Absenkungen bezüglich Emissionseffizienz und Anteil Elektrofahrzeuge aus den Szenarien von BFE/Prognos, 2012 (S. 306-307) übernommen.

Gemäss aktuellem Treibhausgasinventar (BAFU, 2015f) betragen die Emissionen der Kategorie (innerhalb des Strassenverkehrs) "Tanktourismus und statistische Differenzen" zwischen 2011 und 2013 rund 1.9 Mio. t CO₂eq. Gemäss BAFU, 2015e stammt dieser Wert zum grössten Teil aus der Verkehrsmodellierung und dem Vergleich zur Gesamtenergiestatistik des Bundes. Der Anteil des Tanktourismus ist klein und wird unter dem hier gezeigten Entwicklungspfad zunehmend an Bedeutung verlieren. Es wird angenommen, dass sich die Höhe der statistischen Differenz proportional zu den Emissionen im Strassenverkehr entwickelt und per 2030 noch ca. 1.3 Mio. t CO₂eq beträgt.

Für den Strassenverkehr wird somit insgesamt im Baseline-Szenario per 2030 ein Niveau von 11.2 Mio. t CO₂eq (-30% gegenüber 2013 und -21% im Vergleich zu 1990) erwartet.



econcept

Figur 13: Entwicklung der CO₂-Emissionen aus dem Strassenverkehr von 1990 bis 2030 (LNF = Lieferwagen; SNF = Lastwagen) im Baseline-Szenario

Neben dem Strassenverkehr gibt es im Treibhausgasinventar noch die bezüglich THG-Ausstoss unbedeutenden Kategorien: Inland Flugverkehr (ohne Militär), Bahn, Schifffahrt und Pipelinetransport. Diese wurden nicht modelliert und jeweils die Emissionswerte von 2013 bis 2030 fortgeschrieben. Damit ergibt sich für den Verkehr insgesamt gemäss Baseline-Szenario per 2030 ein Niveau von 11.5 Mio. t CO₂eq (-29% gegenüber 2013 und -21% im Vergleich zu 1990).

Kompensationspflicht für Treibstoff-Importeure

Gemäss CO₂-Gesetz Art.26-28 müssen Importeure von fossilen Treibstoffen einen Teil der durch den Verbrauch verursachten CO₂-Emissionen im Inland kompensieren. Der zu kompensierende Anteil der Emissionen wird schrittweise erhöht und muss in 2020 10% betragen.²⁹ Gemäss den zu erwartenden Emissionen aus dem Verkehr per 2020 sind dies knapp 1.5 Mio. t CO₂eq.

Um diese Kompensationspflicht zu erfüllen haben die Treibstoffimporteure respektive Mineralölgesellschaften eine Kompensationsgemeinschaft gebildet. Die Stiftung Klimaschutz und CO₂-Kompensation KliK investiert in inländische Klimaschutzprojekte und erfüllt so die Pflichten für CO₂-Kompensationen der mit ihr verbundenen Mineralölgesellschaften. Da Projekte in verschiedenen Bereichen (Verkehr, Unternehmen, Gebäude und Landwirtschaft) umgesetzt werden, ist auch die Wirkung verschiedenen Sektoren im THG-Inventar zugeordnet. Da die Pflicht aber aus dem Verbrauch von fossilen Treibstoffen stammt, wird dies im Bereich Verkehr zugeordnet. Die entsprechende Emissionsreduktion wird in der Baseline-Zusammenfassung aufgeführt (Kapitel 2.10).

²⁹ <http://www.bafu.admin.ch/klima/13877/14510/14758/index.html?lang=de>

Da die Kompensation erst seit 2014 umgesetzt werden muss (Satz = 2%) und sich das Baseline-Szenario auf das Jahr 2013 abstützt, kann die Kompensation in vollem Umfang vom Baseline-Szenario abgezogen werden. Für die geforderte CO₂-Kompensation sind nur freiwillige Massnahmen, welche über gesetzliche Anforderungen hinausgehen und nicht bereits anderweitig gefördert werden, anerkannt. Deshalb kann angenommen werden, dass die CO₂-Reduktionen zu 100% additional sind und keine Überschneidungen mit anderen Massnahmen auftreten. Dies gilt im Prinzip auch für die anrechenbaren Übererfüllungen von Unternehmen, welche in den Jahren 2008 – 2012 über die gesetzlichen Vorgaben hinaus Reduktionen geleistet haben. Problematisch ist dabei allerdings, dass diese Reduktionen periodenfremd als Kompensationen angerechnet werden dürfen.

Im Baseline-Szenario wird angenommen, dass sich der Kompensationssatz zwischen 2020 und 2030 nicht verändert und konstant bei 10% bleibt.

Aus dem Verkehr resultiert somit für das Baseline-Szenario eine zusätzliche Reduktion von 1.1 Mio. t CO₂eq per 2030 (=10% der im Verkehr gemäss Baseline verbleibenden Emissionen; wenn die gesamte Reduktion durch konkrete Projekte erbracht wird und nicht mittels Bussen «kompensiert» werden kann). Da die Wirkung jedoch auf verschiedene Sektoren verteilt ist, wird diese erst in der Zusammenfassung (Kapitel 2.10) ausgewiesen.

2.5 Gebäude – Heizwärme und Warmwasser (Privathaushalte, Dienstleistungen/Gewerbe)

In den folgenden Unterkapiteln werden die Bereiche Privathaushalte (THG-Inventar Bereich 1 A4b) und Dienstleistungen/Gewerbe (THG-Inventar Bereich 1 A4a) behandelt. Dabei handelt sich um die Treibhausgas-Emissionen, die mit dem Wärmebedarf der Gebäude für Heizung und Warmwasser zusammen hängen.

2.5.1 Privathaushalte

Der Bereich Privathaushalte (THG-Inventar Bereich 1 A4b) trägt in den Jahren 2011 bis 2013 im Durchschnitt 9.7 Mio. Tonnen CO₂eq (18.7%) zu den schweizerischen Treibhausgas-Emissionen bei. Für die Emissionen im Bereich Privathaushalte sind fast ausschliesslich die Verwendung von Heizöl und Erdgas relevant. Weitere Emissionsquellen können vernachlässigt werden oder werden gemäss Konvention³⁰ anderen Sektoren zugeordnet (beispielsweise werden die CO₂-Emissionen der Kehrriktverbrennungsanlagen und von Fernwärmeproduzenten der Kategorie «1A1 Energieumwandlung» angerechnet).

Die zentralen Wirkungsmechanismen zur Erklärung und Modellierung der Treibhausgas-Emissionen sind im folgenden Kasten dargestellt.

³⁰ «National Inventory Report» (BAFU, 2015e)

Zentrale Wirkungsmechanismen im Bereich Raumwärme und Warmwasser:

Nachfrage Raumwärme und Warmwasser:

- Nutzenergiebedarf Raumwärme = Energiebezugsfläche * durchschnittlicher spez. Verbrauch, wobei
 - Energiebezugsfläche = Bevölkerung * Energiebezugsfläche/Person
 - Durchschnittlicher spez. Verbrauch = f(Ist-Verbrauch, Sanierungsrate, Abbruch-Neubaurate, Neubaurate, Veränderung des spez. Verbrauchs bei Sanierung, spez. Verbrauch bei Ersatzneubau und Neubau, mittlere Raumtemperatur bzw.)
- Nutzenergiebedarf Warmwasser = Warmwasserbedarf/Person * Anzahl Personen

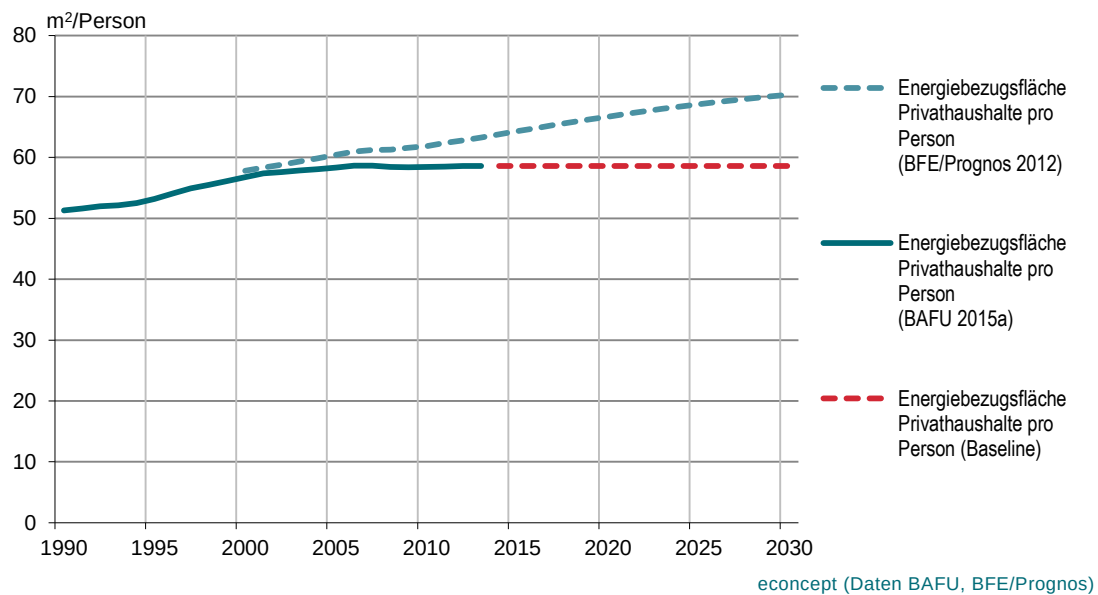
Bereitstellung Raumwärme und Warmwasser:

- THG-Emissionen aus Bereitstellung Raumwärme und Warmwasser = Endenergieverbrauch * Emissionsfaktor je Energieträger
- Endenergieverbrauch je Energieträger = f (historische Werte, Annahmen zur künftigen Entwicklung basierend auf Extrapolationen und Wirkung bestehender Massnahmen)
- Künftige Entwicklung des Endenergieverbrauchs von Wärmepumpen = Nutzenergiebedarf total – Nutzenergie der übrigen Heizungssysteme (Heizöl, Gas, Elektrizität (direkt), Fernwärme, Holz und Sonne)
- Nutzenergiebedarf der übrigen Heizungssysteme = Endenergieverbrauch * Wirkungsgrad je Heizungssystem

Entwicklung der Energiebezugsflächen

Als die zwei wesentlichen Bestimmungsfaktoren für die Entwicklung der Energiebezugsflächen der Privathaushalte werden die Bevölkerungsentwicklung und der Flächenbedarf pro Person angenommen.

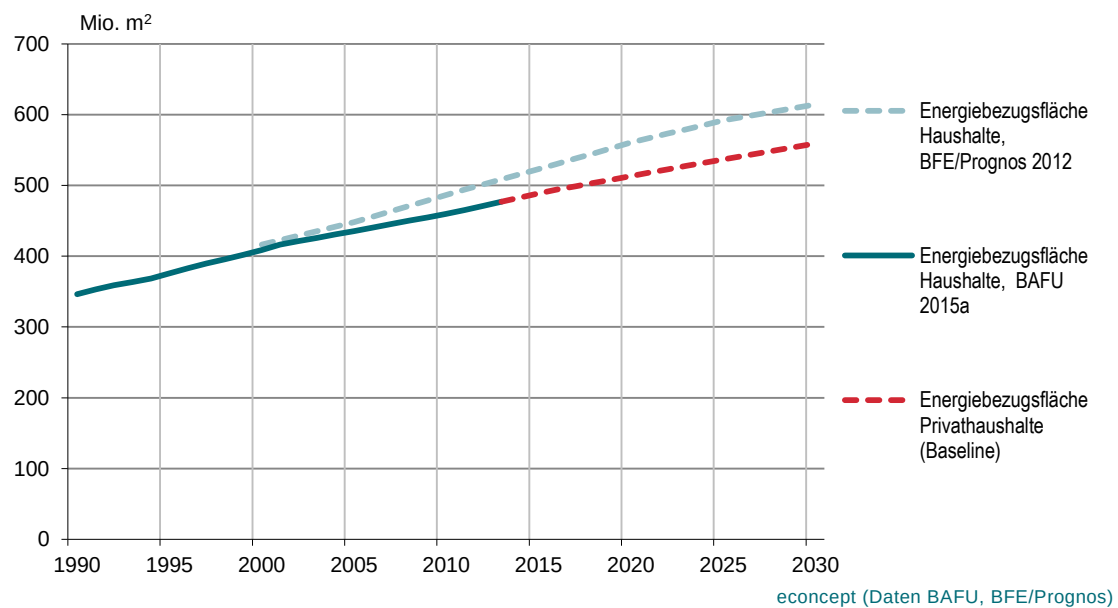
Beim Flächenbedarf pro Person kann theoretisch davon ausgegangen werden, dass er von den Entwicklungen der Präferenzen abhängt und damit durch politische Massnahmen des Massnahmenkatalogs Klimapolitik 2030 beeinflussbar ist. Es ist jedoch auch denkbar, dass die Flächennachfrage primär durch die Kapazitäten der Bauindustrie für den Wohnungsbau begrenzt wird und der Flächenbedarf pro Person folglich eher eine abhängige Variable von der verfügbaren Gesamtfläche und der Bevölkerungsentwicklung darstellt. Für die zukünftige Entwicklung der gesamten Energiebezugsfläche werden zunächst die Vergangenheitsdaten überprüft.



Figur 14: Entwicklung der Energiebezugsflächen pro Person in privaten Haushalten

Die Entwicklung der Energiebezugsflächen pro Person zeigt in den 1990er Jahren eine starke Zunahme von 1.0% pro Jahr, die sich von 2000 bis 2006 auf durchschnittlich 0.5% pro Jahr abschwächt (BAFU 2015a³¹). Zwischen 2006 und 2013 stagniert die Energiebezugsfläche pro Person bei 58.6 m². Als Gründe hinter dieser Stabilisierung kommen das starke Bevölkerungswachstum (Neubaurate begrenzt Flächenzunahme pro Person), eine Abschwächung des Trends zu 1- und 2-Personenhaushalten, eine demographische Stärkung von Familien in Mehrpersonenhaushalten oder auch ökonomische Gründe (hohe Mietzinsen) in Frage. Wie Figur 14 verdeutlicht, sind die Annahmen in den Energieperspektiven des Bundes, die bis 2030 von einer Zunahme auf 70 m² pro Person ausgehen, aufgrund der realen Entwicklung eher überholt. Für das Baseline-Szenario wird zwischen 2015 und 2030 von einer Stabilisierung der Energiebezugsfläche bei 58.6 m² pro Person ausgegangen. Das bedeutet gleichzeitig, dass die gesamte Energiebezugsfläche der Privathaushalte in Figur 15 parallel zum Bevölkerungsentwicklung wächst (vgl. Figur 4). Gegenüber 2013 entspricht dies einer Zunahme auf rund 560 Mio. m², was einem Plus von 17% entspricht (vgl. Figur 15).

³¹ BAFU, 2015a. Kenngrößen zur Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen in der Schweiz 1990-2013,



Figur 15: Entwicklung der Energiebezugsflächen privater Haushalte

Entwicklung des durchschnittlichen spezifischen Verbrauchs

Für die Schätzung der Entwicklung des spezifischen Heizwärmebedarfs pro m^2 Energiebezugsfläche wird ein Gebäudeparkmodell eingesetzt. Die exogenen Modellparameter (die als Annahmen variiert werden können) umfassen folgende Faktoren:

Faktor	Annahmen	
Sanierungsrate ohne Ersatzneubau	1.0% der Flächen pro Jahr (ausgehend vom Bestand 2000), konstant bis 2030	
Ersatzneubaurate	0.15% der Flächen pro Jahr (ausgehend vom Bestand 2000), konstant bis 2030	
Spezifischer Heizwärmebedarf sanierter Altbauten vor Sanierung	Die zuerst sanierten Flächen: 140 kWh / m^2 Die zuletzt sanierten Flächen: 70 kWh / m^2	
Sanierungstiefe: erreichter spezifischer Heizwärmebedarf nach Sanierung	Von aktuell 130% des Neubaudurchschnitts Veränderung auf 140% bis 2020 und 150% bis 2030 (mit der laufenden Senkung bei Neubauten erreichen Sanierungen im Jahr 2030 einen 50% höheren Bedarf als Neubauten im Jahr 2030).	
Die Verteilung der Neubaufäche auf vier verschiedene energetische Baustandards	<u>Neubau Energieniveau</u>	<u>Anteile Neubau 2020 / 2030</u>
	"Durchschnitt 2000"	0% / 0%
	"MuKE 2008 Neubau	35% / 0%
	"Niedrigenergie"	40% / 40%
	"Passivhaus/Nullenergie"	25% / 60%

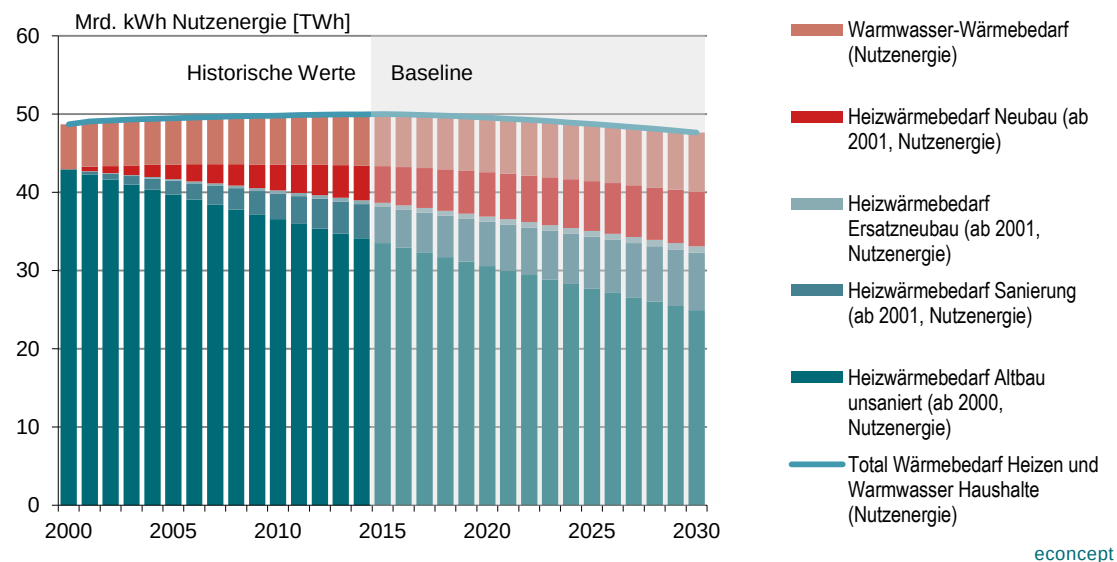
Tabelle 6: Annahmen zur Entwicklung des Heizwärmebedarfes bei Privathaushalten im Baseline-Szenario

Die Spezifikationen sind im Anhang zusammengefasst. Das Modell wird ausgehend von der schweizerischen Energiebezugsfläche im Jahr 2000 auf die effektive Entwicklung des Energieverbrauchs kalibriert.

Entwicklung des Nutzenergiebedarfs

Die Daten des Heizwärmebedarfs aus dem Gebäudeparkmodell werden ergänzt um Annahmen zum Warmwasserbedarf, wobei von einem konstanten jährlichen Verbrauch pro

Person von rund 800 kWh ausgegangen wird. In der Figur 16 ist die Entwicklung des gesamten Wärme-Nutzenergiebedarfes der Privathaushalte für das Baseline-Szenario zusammengefasst. Trotz Bevölkerungswachstum und somit steigender Energiebezugsfläche gelingt es, den Nutzenergiebedarf bis 2030 leicht zu senken (rund -5% gegenüber 2013).



econcept

Figur 16: Entwicklung des Nutzenergiebedarfs für Heizwärme und Warmwasser privater Haushalte im Baseline-Szenario (witterungskorrigierte Modellwerte)

Entwicklung des Endenergieverbrauchs und der Verteilung auf einzelne Energieträger

Die aus den Privathaushalten resultierenden CO₂-Emissionen hängen im bedeutenden Masse von der Art der Bereitstellung der benötigten Wärme ab. Die Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2014 des Bundesamtes für Energie (BFE 2015) führt folgende Energieträger für Haushalte auf, welche in den entsprechenden Heizungssystemen eingesetzt werden: Heizöl, Gas, Elektrizität, Holzenergie, Fernwärme sowie übrige erneuerbare Energien. Zu den übrigen erneuerbaren Energien gehören Sonne, Wind, Biogas und Umweltwärme³². Kohle und Koks können mengenmässig seit Ende der 1980er-Jahre vernachlässigt werden.

Während im Jahr 1990 noch zwei Drittel der Wärme mit Heizöl bereitgestellt wurde, waren es im Jahr 2014 noch 46%. Hingegen hat Gas bedeutende Marktanteile gewonnen (24% im Jahr 2014 gegenüber 12% im Jahr 1990, siehe Figur 17). Erneuerbare Energien spielten in diesem Zeitraum mengenmässig eine untergeordnete Rolle. Wichtigste erneuerbare Energiequelle war Energieholz (10% im Jahr 1990 sowie 2014). Eine vergleichbare Energiemenge wurde in Form von Elektrizität in Widerstandheizungen verbraucht (9% im Jahr 2000 und 2010, siehe Figur 19). Die Angaben zum historischen Elektrizitätsver-

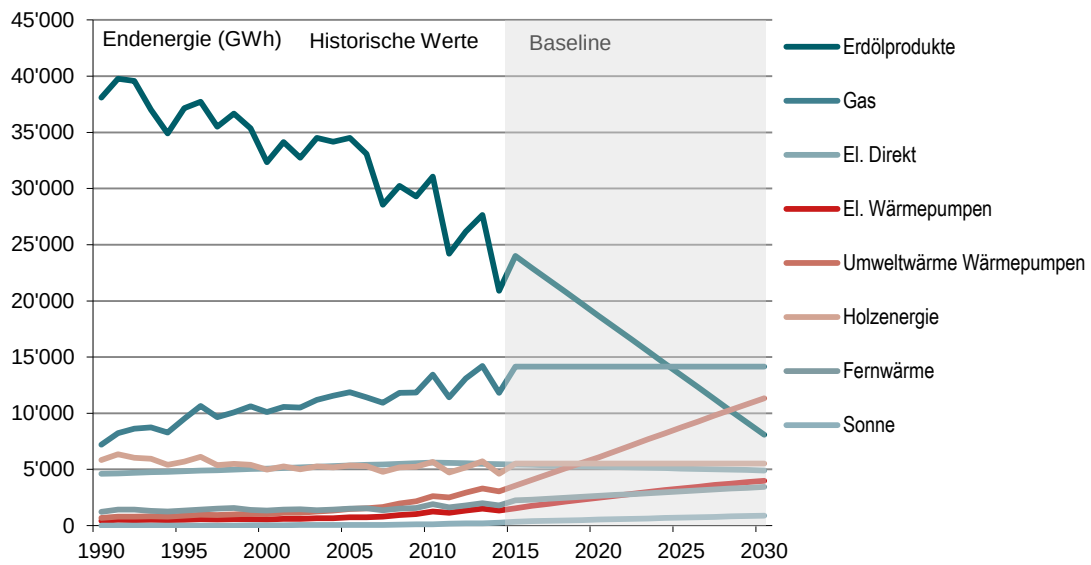
³² Die Energiemenge aus Windanlagen und Biogas im Haushaltsbereich können vernachlässigt werden. Des Weiteren wird angenommen, dass der Verbrauch von Wärme ab Wärmepumpen (Angaben zum Anteil Elektrizität und Umweltwärme aus Tabelle T36 der Gesamtenergiestatistik, BFE 2015) zu 100% den Privathaushalten und dem Dienstleistungssektor zugeordnet werden kann. Die Aufteilung zw. Privathaushalten und Dienstleistung wird anhand der in den Energieperspektiven 2050 aufgeführten Werte vorgenommen (Tabellen 7-11, 7-14 und 7-27 in BFE/Prognos, 2012).

brauch von Widerstandheizungen wurden den Energieperspektiven 2050 entnommen (Tabellen 7-11 und 7-14 in BFE/Prognos, 2012).

Für die Fortschreibung der Entwicklung der Endenergienachfrage von 2015 – 2030 im Baseline-Szenario wurden folgende energieträgerspezifische Annahmen getroffen. Die Fortschreibung basiert, wenn nicht anders vermerkt, auf dem klimakorrigierten Verbrauch im Jahr 2014.

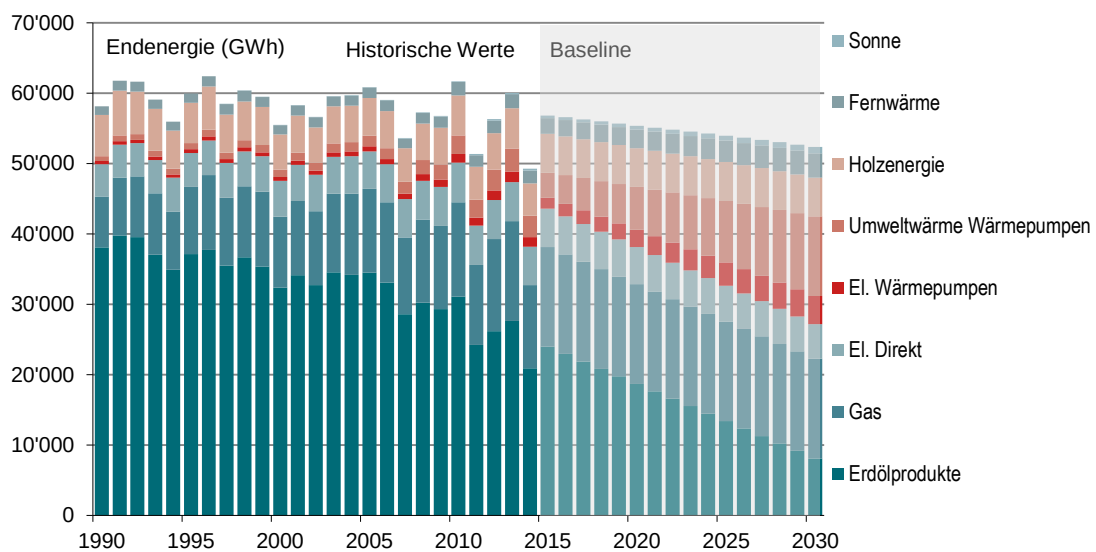
Energieträger	Annahmen zur Entwicklung des (absoluten) Endenergieverbrauch im Baseline-Szenario von 2015 - 2030
Heizöl	Lineare Abnahme: Lineare Regression der Veränderung der letzten 5 Jahre (2009 – 2014) ➔ Jährliche Abnahme von rund 1'000 GWh, woraus im Zeitraum von 2015 – 2030 eine Abnahme um zwei Drittel resultiert. Um innerhalb von 15 Jahren einen solchen Rückgang zu erzielen, muss bei einem Ersatz einer Ölheizung im Grossteil der Fälle auf ein erneuerbares Heizsystem oder Gas gewechselt werden.
Gas	Netzverdichtungen und Neuerschliessungen wiegen Effizienz- und Substitutionsmassnahmen in Gebäuden mit bestehendem Gasanschluss auf. ➔ Konstanter Verbrauch
Elektrizität (direkt)	MuKen14 sieht im Basismodul die Sanierungspflicht für zentrale Elektroheizungen und Elektro-Wassererwärmer vor. Annahmen: Die Hälfte des Elektrizitätsverbrauchs von Widerstandssystemen stammt von zentralen Elektroheizungen und Elektro-Wassererwärmer; die MuKen14 wird in den Kantonen soweit umgesetzt, dass die Hälfte der Elektrizitätsverbrauchs abgedeckt sein wird; bis 2030 werden in diesen Kantonen die Hälfte der zentrale Elektroheizungen und Elektro-Wassererwärmer ersetzt. ➔ Elektrizitätsverbrauch (direkt) im 2030 liegt 12.5% tiefer als im 2010
Wärmepumpen	Verbrauch Wärmepumpen = Differenz zwischen dem Total des Nutzenergiebedarfs (resultierend aus Energiebezugsflächen und Energiekennzahlen) und Nutzenergieverbrauch der übrigen Energieträger. Annahme für Berechnung des Endenergieverbrauchs: Wirkungsgrad Wärmepumpen zwischen Nutzenergiebedarf und Endenergieverbrauch 90%.
Holzenergie	Relativ konstanter historischer Verbrauch ➔ Konstanter Verbrauch
Fernwärme	Lineare Zunahme: Lineare Regression der Veränderung der letzten 5 Jahre (2009 – 2014) ➔ Jährliche Zunahme von rund 80 GWh, woraus im Zeitraum von 2015 – 2030 eine Zunahme um gut 50% resultiert.
Sonne	Lineare Zunahme: Lineare Regression der Veränderung der letzten 5 Jahre (2009 – 2014) ➔ Jährliche Zunahme von rund 35 GWh, woraus im Zeitraum von 2015 – 2030 eine Zunahme um rund 280% resultiert.

Tabelle 7: Annahmen zur Entwicklung des (absoluten) Endenergieverbrauchs der privaten Haushalte im Baseline-Szenario von 2015 - 2030



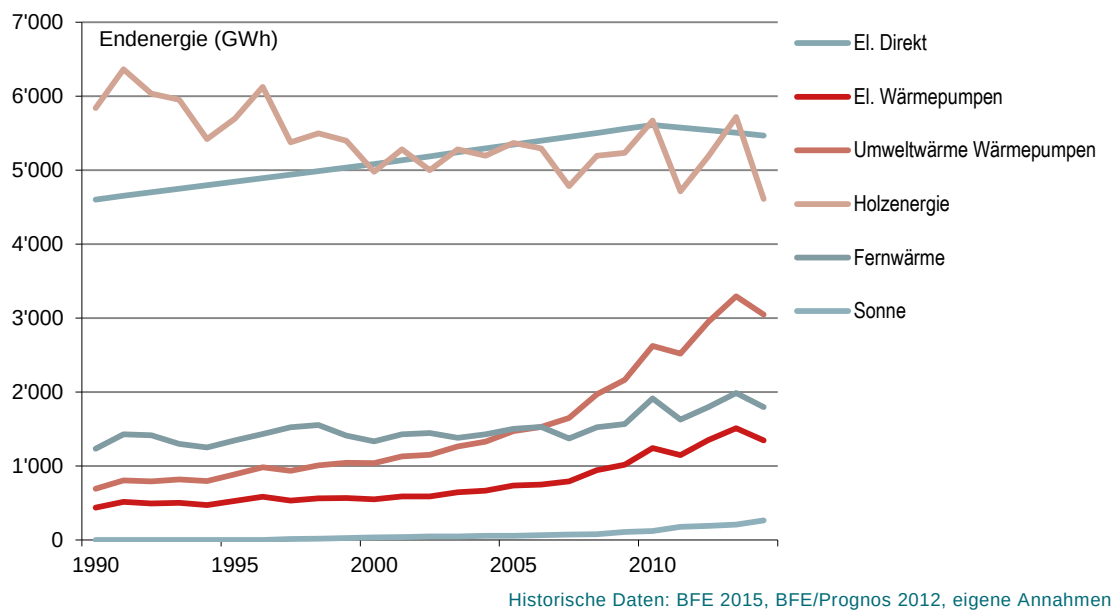
Historische Daten: BFE 2015, BFE/Prognos 2012, eigene Annahmen; Baseline-Entwicklung: eigene Annahmen)

Figur 17: Historische Entwicklung des Energieträger-Mix von 1990 bis 2014 und die Entwicklung im Baseline-Szenario (ab 2015 witterungskorrigiert)



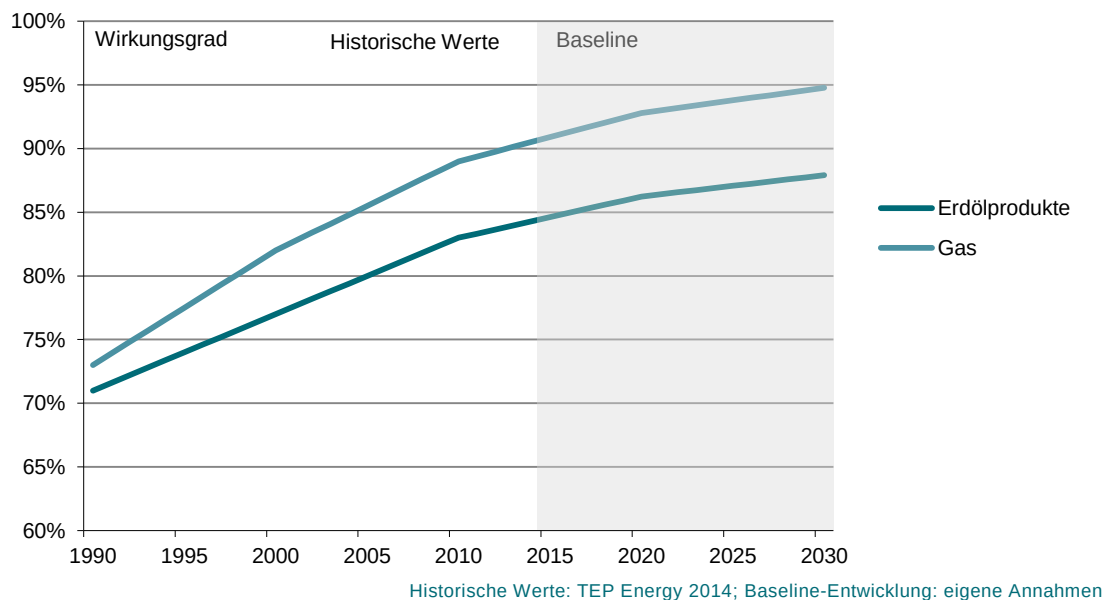
Historische Daten: BFE 2015, BFE/Prognos 2012, eigene Annahmen; Baseline-Entwicklung: eigene Annahmen)

Figur 18: Historische Entwicklung des Energieträger-Mix der privaten Haushalte von 1990 bis 2014 und die Entwicklung im Baseline-Szenario (aufsummiert, ab 2015 witterungskorrigiert)



Figur 19: Historische Entwicklung des Energieträger-Mix von 1990 bis 2014 der nicht fossilen Energieträger (ohne Witterungskorrektur)

Für die Umrechnungen zwischen Endenergie- und Nutzenergieverbrauch werden heizungssystemspezifische Wirkungsgrade angewendet (Durchschnittswerte für den gesamten Heizungs-park). Bei den Öl- und Gasheizungen werden die historischen Werte aus gemäss TEP Energy verwendet³³. Für die Fortschreibung wird angenommen, dass sich im Zeitraum 2010 – 2020 die Steigerungsrate des Wirkungsgrades gegenüber 2000 – 2010 halbiert und im Zeitraum 2020 – 2030 nochmals halbiert.



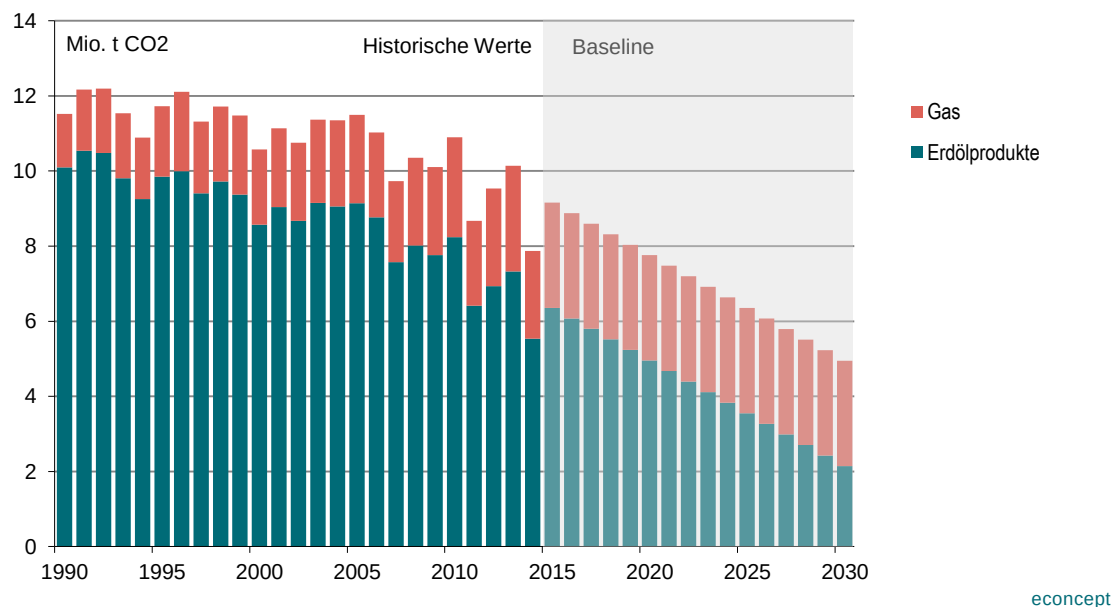
Figur 20: Historische Entwicklung der Wirkungsgrade von Öl- und Gasheizungen von 1990 bis 2010 und Entwicklung im Baseline-Szenario von 2011 – 2030.

³³ TEP Energy, 2014, Abbildung 9

Die Emissionsfaktoren für Heizöl und Erdgas werden vom «Faktenblatt CO₂-Emissionsfaktoren des Treibhausgasinventars der Schweiz» (BAFU, 2015b) übernommen. Für Heizöl sind dies 265 kgCO₂/MWh und für Erdgas 198 kgCO₂/MWh bezogen auf den unteren Heizwert. Die restlichen Emissionen können vernachlässigt werden oder werden gemäss «National Inventory Report» (BAFU, 2015e) anderen Sektoren zugeordnet.

Entwicklung der CO₂-Emissionen der Privathaushalte

Die CO₂-Emissionen aus der Wärmeerzeugung der Privathaushalte lagen im Jahr 1990 bei 11.5 Mio. tCO₂, im 2014 bei 7.9 Mio. tCO₂ und im 2030 im Baseline-Szenario bei 5.0 Mio. tCO₂. Die Emissionen im Baseline-Szenario reduzieren sich bis ins Jahr 2030 gegenüber 1990 um 60% und gegenüber 2013 um 49% (Werte für 1990 und 2013 witterungskorrigiert). Die Entwicklung der CO₂-Emissionen der Privathaushalte ist in Figur 21 dargestellt.



Figur 21: Historische Entwicklung der CO₂-Emissionen von 1990 – 2014 und Entwicklung im Baseline-Szenario von 2015 – 2030 (aufsummiert, ab 2015 witterungskorrigiert)

2.5.2 Dienstleistungen / Gewerbe

Der Bereich Dienstleistungen / Gewerbe (THG-Inventar Bereich 1 A4a) trägt in den Jahren 2011 bis 2013 im Durchschnitt 4.6 Mio. Tonnen CO₂eq (8.9%) zu den schweizerischen Treibhausgas-Emissionen bei. Für die Emissionen im Bereich Dienstleistung / Gewerbe sind ausschliesslich die Emissionen aus der Verwendung von Heizöl und Erdgas relevant. Die Berechnung der Emissionen werden grundsätzlich analog dem Bereich Privathaushalte vorgenommen. Im Falle von Abweichungen von diesem Grundsatz wird darauf hingewiesen.

Die Emissionen des Bereichs Gewerbe wird als verbleibender Rest zwischen den gesamten Emissionen des Bereichs Dienstleistungen / Gewerbe (1A4a) und den errechneten Emissionen des Dienstleistungsbereichs angenommen³⁴. Die Emissionen des verarbeitenden Gewerbes lagen in den vergangenen fünf Jahren im Schnitt bei 0.35 Mio. Tonnen eqCO₂eq, was 7.4% des gesamten Bereichs Dienstleistungen / Gewerbe ausmacht. Bezüglich der Entwicklung im Baseline-Szenario wird von einer identischen prozentualen Veränderung wie im Bereich Industrie (1A2) ausgegangen (-13% 2030 ggü 2013).

Entwicklung der Energiebezugsflächen und des Wärmebedarfs

Gemäss BAFU (2015a) steigt die Energiebezugsfläche von Dienstleistungsbetrieben von 1990 bis 2013 kontinuierlich von 123 Mio. m² auf 155 Mio. m² an. Für die Entwicklung bis 2030 wird die Quelle der Energieperspektiven (BFE/Prognos, 2012) verwendet, die einen weiteren Anstieg auf 172 Mio. m² annimmt.

Die Entwicklung des Wärmebedarfs der Dienstleistungsbetriebe für Heizung und Warmwasser stützt sich ebenfalls auf die Energieperspektiven ab (Szenario «Weiter wie bisher»). Trotz des Anstiegs der Energiebezugsflächen um 11% zwischen 2013 und 2030 sinkt der Endenergiebedarf laut BFE/Prognos um 14%.

Entwicklung des Endenergieverbrauchs je Energieträger

Die aus der Dienstleistung resultierenden CO₂-Emissionen hängen im bedeutenden Masse von der Art der Bereitstellung der benötigten Wärme ab.

Während im Jahr 2000 noch 60% der Wärme mit Heizöl bereitgestellt wurde, waren es im Jahr 2014 noch 48%. Hingegen hat Gas an Marktanteile gewonnen (33% im Jahr 2014 gegenüber 25% im Jahr 2000, siehe Figur 17). Der Endenergieverbrauch ging in diesem Zeitraum gesamthaft um 9% zurück.

Für elektrische Widerstandheizungen wird eine vernachlässigbare Rolle im Dienstleistungsbereich angenommen.

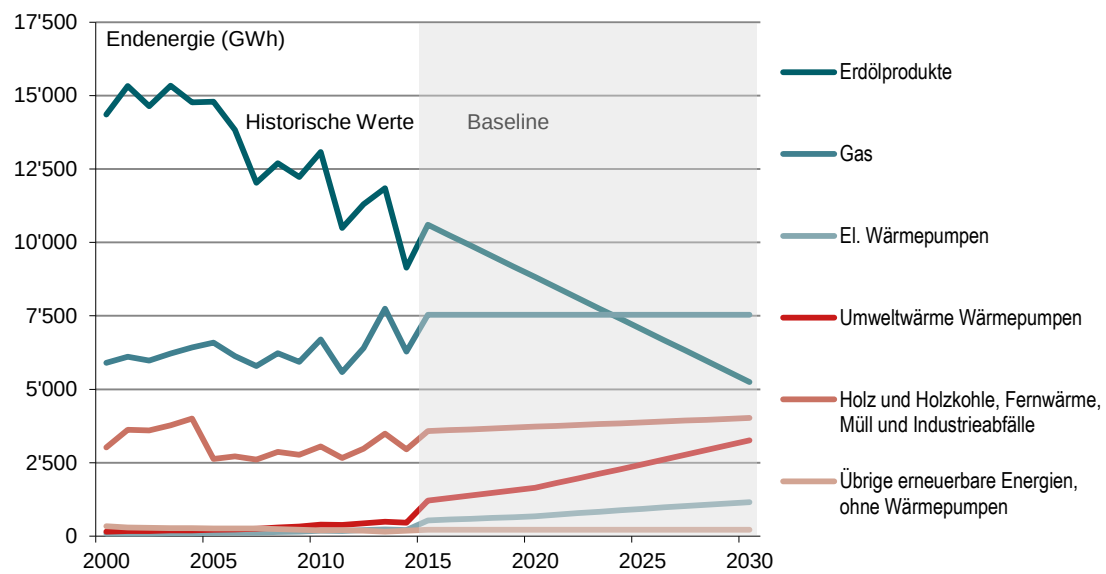
Für die Fortschreibung der Entwicklung der Endenergienachfrage von 2015 – 2030 im Baseline-Szenario wurden folgende energieträgerspezifische Annahmen getroffen. Die Fortschreibung basiert, wenn nicht anders vermerkt, auf dem klimakorrigierten Verbrauch im Jahr 2014.

³⁴ Diese Annahme konnte mithilfe der Gesamtenergiestatistiken der Jahre 1998 und 1999 plausibilisiert werden.

Energieträger	Annahmen zur Entwicklung des (absoluten) Endenergieverbrauchs im Baseline-Szenario von 2015 - 2030
Heizöl	Lineare Abnahme: Lineare Regression der Veränderung der letzten 5 Jahre (2009 – 2014) → Jährliche Abnahme von rund 360 GWh, woraus im Zeitraum von 2015 – 2030 eine Halbierung des Verbrauchs resultiert. Um innerhalb 15 Jahren einen solch hohen Rückgang zu erzielen muss bei einem Ersatz einer Ölheizung im Grossteil der Fälle auf ein erneuerbares Heizsystem oder Gas gewechselt werden.
Gas	Netzverdichtungen und Neuerschliessungen wiegen Effizienz- und Substitutionsmassnahmen in Gebäuden mit bestehendem Gasanschluss auf. → Konstanter Verbrauch
Elektrizität (direkt)	Annahme: Elektrische Widerstandsheizungen spielen im Dienstleistungssektor eine untergeordnete Rolle und werden vernachlässigt.
Wärmepumpen	Verbrauch Wärmepumpen = Differenz zwischen Nutzenergiebedarf und Nutzenergieverbrauch der übrigen Energieträgern. Annahme für Berechnung des Endenergieverbrauchs: Wirkungsgrad Wärmepumpen zwischen Nutzenergiebedarf und Endenergieverbrauch 90%.
Holzenergie	Relativ konstanter historischer Verbrauch → Konstanter Verbrauch
Fernwärme	Lineare Zunahme: Lineare Regression der Veränderung der letzten 5 Jahre (2009 – 2014) → Jährliche Zunahme von 30 GWh, woraus im Zeitraum von 2015 – 2030 eine Zunahme um gut einen Drittel resultiert.
Sonne	Annahme: Solarthermie eignet sich nur beschränkt für Dienstleistungsgebäude (geringer Warmwasserbedarf, hohe spezifische Kosten) → Konstanter Verbrauch
Weitere Annahmen	
Gewerbe	Identische Entwicklung wie der Bereich Industrie (1A2)

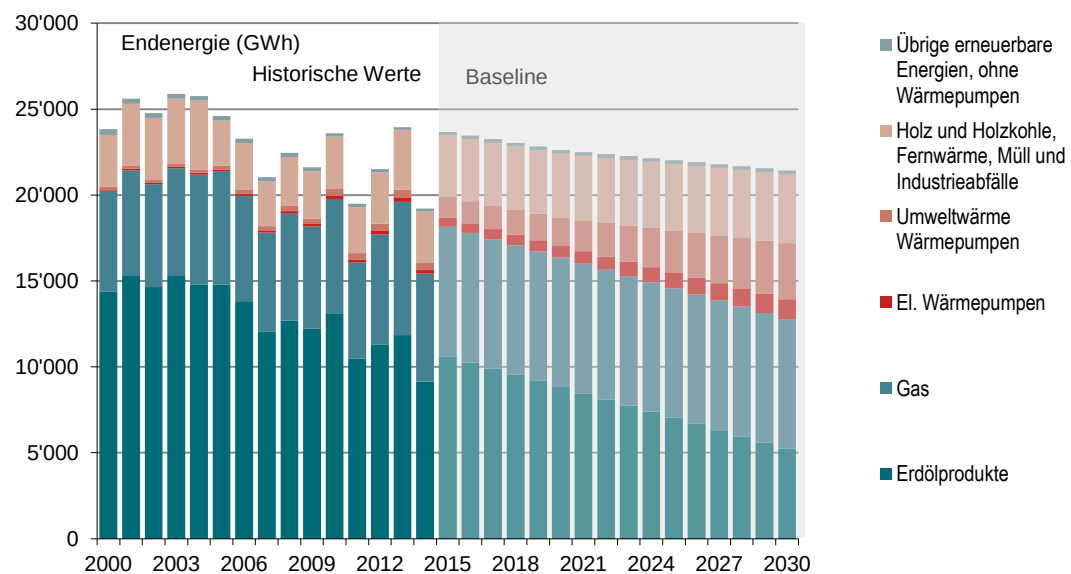
Tabelle 8: Annahmen zur Entwicklung des (absoluten) Endenergieverbrauchs im Baseline-Szenario von 2015 – 2030 im Bereich Dienstleistungen / Gewerbe

Die Veränderung des Energieträgermix' im Dienstleistungsbereich ist in nachfolgender Grafik dargestellt.



Historische Daten: BFE 2015, BFE/Prognos 2012, eigene Annahmen; Baseline-Entwicklung: eigene Annahmen)

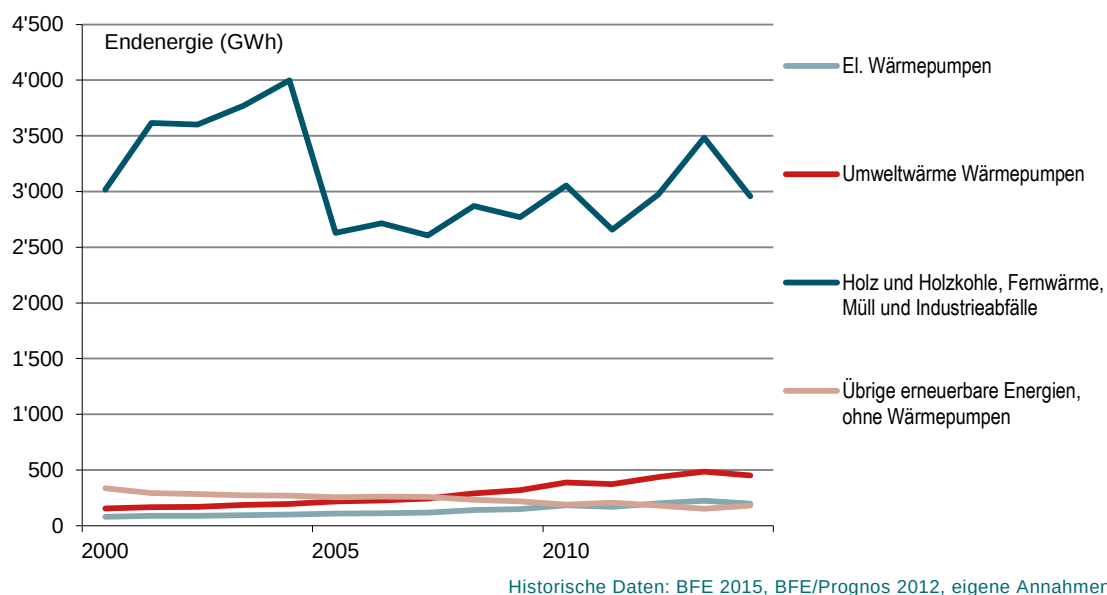
Figur 22: Historische Entwicklung des Energieträger-Mix' von 2000 bis 2014 und die Entwicklung im Baseline-Szenario im Bereich Dienstleistungen (ab 2015 witterungskorrigiert)



Historische Daten: BFE 2015, BFE/Prognos 2012, eigene Annahmen; Baseline-Entwicklung: eigene Annahmen)

Figur 23: Historische Entwicklung des Energieträger-Mix von 2000 bis 2014 und die Entwicklung im Baseline-Szenario im Bereich Dienstleistungen (aufsummiert, ab 2015 witterungskorrigiert)

Für eine genauere Sicht auf den geringen Anteil der Erneuerbaren sind in nachfolgender Grafik deren historischen Werte gesondert ausgewiesen.

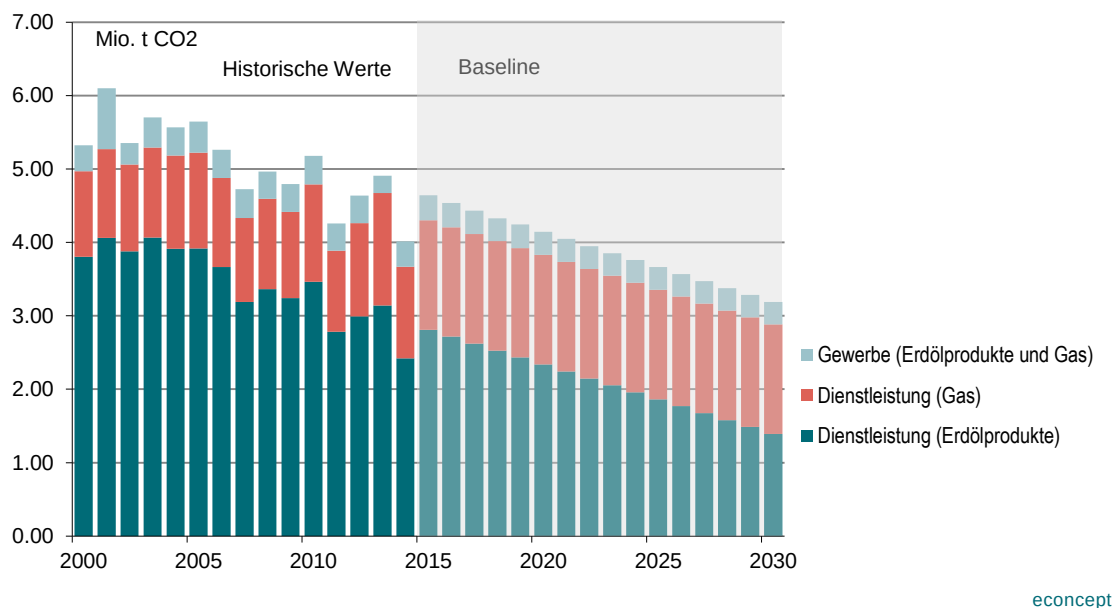


Figur 24: Historische Entwicklung des Energieträger-Mix von 2000 bis 2014 der nicht fossilen Energieträger im Bereich Dienstleistungen (ohne Witterungskorrektur)

Für die Umrechnungen zwischen Endenergie- und Nutzenergieverbrauch sowie für die Emissionsfaktoren werden die identischen Annahmen wie im Bereich Privathaushalte angenommen (siehe Kapitel 2.5.1).

Entwicklung der CO₂-Emissionen des Bereichs Dienstleistungen / Gewerbe

Die CO₂-Emissionen des Bereichs Dienstleistungen / Gewerbe lagen im Jahr 2000 bei 5.33 Mio. tCO₂, im 2013 bei 4.91 Mio. tCO₂ und im 2030 im Baseline-Szenario bei 3.20 Mio. tCO₂. Die Emissionen im Baseline-Szenario reduzieren sich bis ins Jahr 2030 gegenüber 1990 um 42% und gegenüber 2013 um 31% (Werte für 1990 und 2013 klimakorrigiert). Die Entwicklung der CO₂-Emissionen den Bereich Dienstleistungen / Gewerbe ist in Figur 21 dargestellt.



Figur 25: Historische Entwicklung der CO₂-Emissionen von 2000 – 2014 und Entwicklung im Baseline-Szenario von 2015 – 2030 im Bereich Dienstleistungen und Gewerbe (aufsummiert, ab 2015 witterungskorrigiert)

2.5.3 Wirksamkeit bisheriger Massnahmen im Gebäudebereich

Die nachfolgenden Ausführungen zur CO₂-Abgabe, dem Gebäudeprogramm und den Mustervorschriften der Kantone (MuKEN) dienen als Grundlage sowohl für die Wirkungsabschätzung im Baseline-Szenario als auch im Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030. Betroffen sind vor allem die Bereiche 1A4a und 1A4b im Treibhausgas-Inventar. Im Baseline-Szenario wird davon ausgegangen, dass für die in den vorangehenden Kapiteln beschriebene Entwicklung im Gebäudebereich diese Massnahmen bis 2030 weitergeführt werden.

CO₂-Abgabe auf Brennstoffen

Seit 2008 wird auf allen fossilen Brennstoffen (z.B. Heizöl, Erdgas) eine Abgabe erhoben. Eine Erhöhung ist in 2-Jahres-Schritten möglich, wenn die vorgegebene Reduktion des Verbrauchs von Brennstoffen nicht erreicht wird. Die seit Anfang 2014 geltende Abgabe von 60 CHF pro Tonne CO₂eq wird ab 2016 auf 84 CHF erhöht, die nächste Erhöhung wäre 2018 möglich (CO₂-Verordnung Art. 94). Die maximale Abgabe beträgt nach aktueller Gesetzgebung 120 CHF pro Tonne CO₂.

Wie die nachstehende Figur anhand der Heizölpreise zeigt, sind die marktbedingten Schwankungen der Heizölpreise in den letzten 10 Jahren stärker gewesen als die Preiserhöhung durch die CO₂-Abgabe. Gleichzeitig ist ab 2010 eine lenkende Wirkung der Massnahme anzunehmen, die im Zeitverlauf durch die steigende Abgabe und die Berechenbarkeit des Anstiegs verstärkt wird.

Gemäss BAFU (2010b, S. 36f), gestützt auf Arbeiten von ecoplan (2009), wird die Wirkung der CO₂-Abgabe auf Brennstoffen (mit dem gesamten Reduktionsziel bis 2020 von -

20% gegenüber 1990, -25% im Brennstoffbereich) mit -2.2% gegenüber 1990 beziffert. Mit anderen Worten: Mit der im CO₂-Gesetz von 2011 beschlossenen CO₂-Abgabe kann bis 2020 eine Reduktion von 25% im Brennstoffbereich realisiert werden (zusammen mit der Wirkung des Gebäudeprogrammes).



econcept

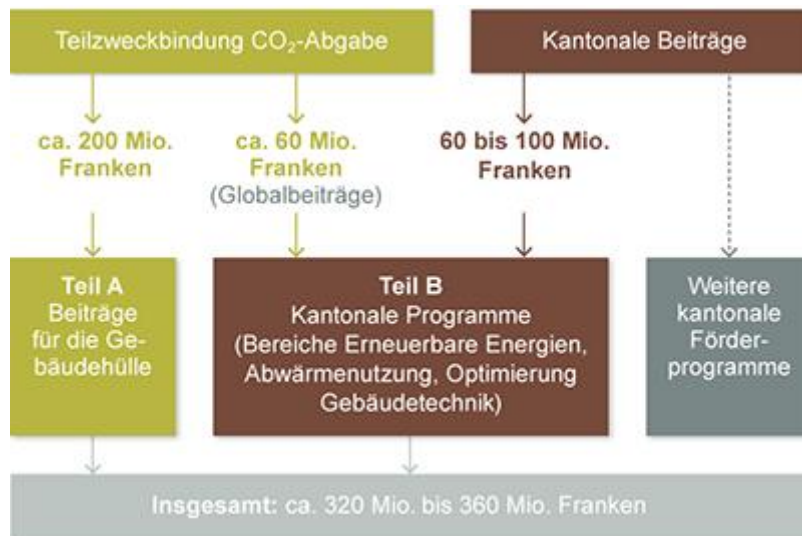
Figur 26: CO₂-Abgabe und Auswirkung auf Heizölpreise 2000 bis September 2015

Wirkung einer erhöhten CO₂-Abgabe: CO₂-Abgabe mit dem Reduktions-Gesamtziel von -30% CO₂ bis 2020 (-35% im Brennstoffbereich) müsste für einen auf -5.9% erhöhten Zielbeitrag der CO₂-Abgabe im Jahr 2013 bei 60 CHF/t liegen, im Jahr 2020 bei 180 CHF/t oder (ca. 48 CHF/100 Liter Heizöl) statt bei 110 CHF/t. Dabei wird ein Ölpreis von 55 USD/Fass zugrunde gelegt. Bei einem Ölpreis von 100 USD/Fass würde ein Maximalsatz von 100 CHF ausreichen (ecoplan 2009). Für die unterstellten Elastizitäten bzw. Abgabensätze wird eine Bandbreite von +/- 30% als realistisch angenommen.

Gebäudeprogramm

Mit der Teilzweckbindung der CO₂-Abgabe auf Brennstoffen und der zusätzlichen Ergänzung durch kantonale Mittel stehen dem Gebäudeprogramm seit 2014 320 bis 360 Millionen Franken pro Jahr zur Verfügung (vgl. Graphik)³⁵.

³⁵ <http://www.dasgebaeudeprogramm.ch/index.php/de/das-gebaeudeprogramm/finanzierung>



Das Gebäudeprogramm

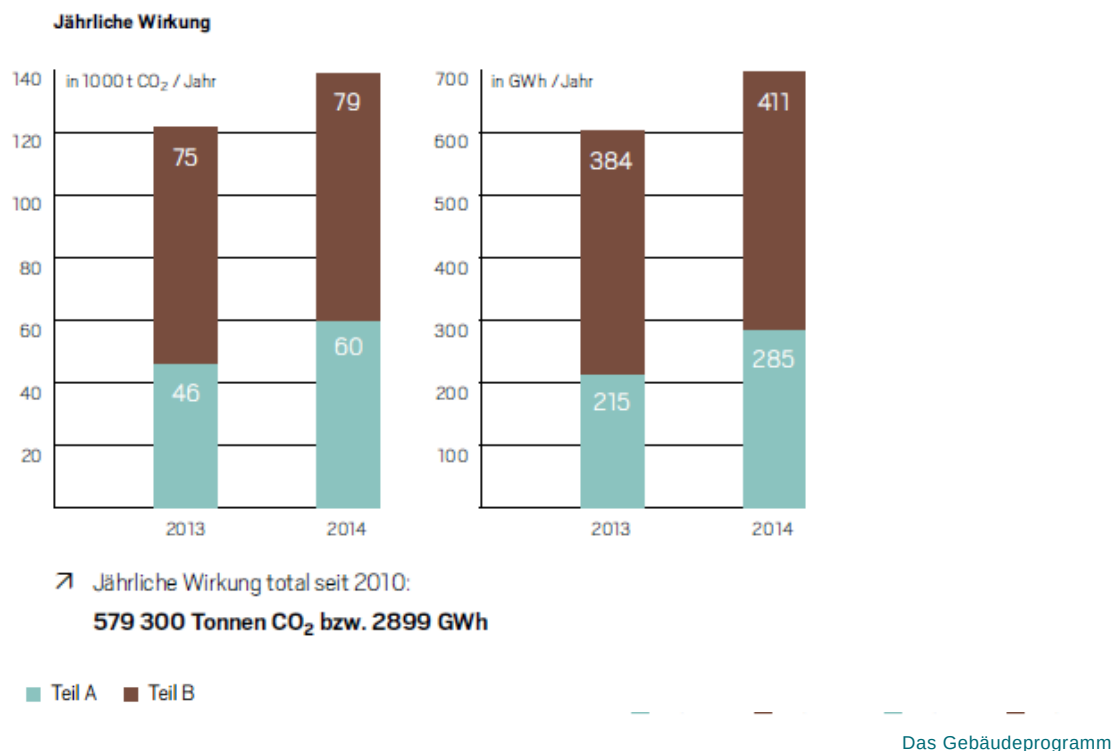
Figur 27: Mittelherkunft und -Verwendung des Gebäudeprogramms 2014 (Quelle: <http://www.dasgebaeudeprogramm.ch/index.php/de/das-gebaeudeprogramm/finanzierung>)

Ex ante-Abschätzung: Die Eidgenössische Finanzkontrolle EFK nennt in ihrer Evaluation des Gebäudeprogramms ein Reduktionsziel von 2.9 Mio. t CO₂ pro Jahr im Jahr 2020, wobei Abgabenerhöhungen und die Anhebung des Plafonds auf maximal 300 Mio. Franken pro Jahr berücksichtigt sind (EFK, 2013).

Ex post wird die jährliche Reduktionswirkung des Gebäudeprogramms laut Jahresberichten für die Jahre 2013 und 2014 auf 0.12 Mio. bzw. 0.14 Mio. t CO₂eq veranschlagt (Das Gebäudeprogramm, 2015). Dabei sind Massnahmen der Teile A und B eingeschlossen³⁶.

Die kumulierte jährliche Wirkung von 2010 bis 2014 liegt bei 0.579 Mio. t, was einem Zuwachs von ca. 0.12 Mio. t. pro Jahr entspricht. Über die gesamte Lebensdauer der geförderten Investitionen wird eine CO₂-Reduktion von 15.4 Mio. t ausgewiesen (ergibt eine mittlere Nutzungsdauer von 26 Jahren). Bei einer linearen Fortsetzung bis 2020 wäre ab 2015 eine Gesamtreduktion um zusätzliche 0.72 Mio. t zu erwarten (6 Jahre * 0.12 Mio. t) was einen Gesamteffekt von 1.3 Mio. t CO₂ bis zum Jahr 2020 ergäbe. Dieser Wert liegt unter ex ante Erwartungen und geht von der klaren Zuordnung der Wirkungen aller geförderten Sanierungen zum Gebäudeprogramm und der Abwesenheit von Mitnahmeeffekten aus.

³⁶ Teil A des Gebäudeprogramms betrifft die Sanierung der Gebäudehülle und Teil B umfasst den Einsatz erneuerbarer Energien, die Nutzung von Abwärme sowie Massnahmen im Bereich Gebäudetechnik.



Figur 28: Jährliche Wirkung des Gebäudeprogramms (Das Gebäudeprogramm, 2015)
 Teil A: Gebäudehülle, Teil B: Erneuerbare Energien, Abwärme, Gebäudetechnik

Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE)

Die MuKE 2008 wurden 2014 evaluiert (Rütter + Partner, Hässig sustech, Lutz Architectes 2014). Gemäss einer zitierten Studie von EnergieSchweiz/Infras (2013) betragen die Einsparungen kantonaler Energiegesetze im Jahr 2012 rund 560 Mio. kWh Endenergie oder 33 kWh/m² Neubau- oder Sanierungsfläche. Für diese Flächen entspricht dies gegenüber einer Referenzentwicklung einer Einsparung von 37%. Bezüglich der Wirkung auf die Sanierungsrate ergibt die Evaluation kein einheitliches Bild. Es gibt Hinweise auf Verzögerung der Renovationstätigkeiten (höherer Finanzbedarf, etc.).

Die MuKE 2014 wurden im Januar von der Konferenz kantonalen Energiedirektoren beschlossen³⁷. Der Neubaustandard wird zwischen Minergie und Minergie-P angesetzt und beim Ersatz fossiler Heizsysteme in Altbauten muss mindestens 10% des bisherigen Verbrauchs durch erneuerbare Energien oder Effizienzmassnahmen kompensiert werden. Letztere Neuerung gilt als «kleine Sanierungspflicht» und ist geeignet sowohl die Sanierungsrate als auch den Wechsel zu erneuerbaren Heizsystemen fördern.

Die MuKE 2014 sollen die Kantone bis spätestens 2018 in den kantonalen Gesetzgebungen umsetzen, so dass sie bis 2020 in möglichst allen Kantonen zur Anwendung kommen (EnDK, 2014a).

³⁷ EnDK, Medienmitteilung 14.1.2014

2.6 Industrielle Prozesse und Lösungsmittel (ohne Energieeinsatz)

Der Bereich Industrielle Prozesse und Lösungsmittel (THG-Inventar Bereich 2, ohne Energieeinsatz) trägt in den Jahren 2011 bis 2013 im Durchschnitt 4.07 Mio. Tonnen CO₂eq (7.9%) zu den schweizerischen Treibhausgas-Emissionen bei. In dieser Kategorie werden nur Emissionen betrachtet, welche nicht bei der Energiebereitstellung entstehen (siehe Kap. 2.2). Bei industriellen Prozessen können folgende Bereiche und Aktivitäten unterschieden werden (nur aufgelistet, falls von wesentlicher Bedeutung in der Schweiz):

Nr.	Sektor	Aktivität	Treibhausgase	Anteil an Gesamt-Emissionen CO ₂ eq bei den industriellen Prozessen [%], Total 3.6 Mio. t, 2012
2A1	Mineralische Produkte	Zementherstellung	CO ₂	49%
2A2/3		Kalkherstellung	CO ₂	4%
2B4	Chemische Industrie	Karbidherstellung	CO ₂	<1%
2B5		Ethylenherstellung	CO ₂	2%
2B2		Salpetersäureherstellung	N ₂ O	2%
2C1	Metallproduktion	Stahl und Eisen	CO ₂	<1%
2C4		Aluminium- und Magnesiumherstellung	SF ₆	1%
2F1	Verbrauch Fluorkohlenwasserstoff (HFC)	Kühl- und Klimageräte in Haushalten, Industrie und Transport	HFC, PFC	35%
2F7		Halbleiterproduktion	PFC, SF ₆	<1%
2F9		Andere	HFC, PFC, SF ₆	5%

Tabelle 9: Sektoren und Aktivitäten, welche zu den Treibhausgas-Emissionen aus den industriellen Prozessen in der Schweiz beitragen (BAFU, 2015g)

Neben der oben erwähnten Aktivitäten sind die Lösungsmittel im internationalen Reporting gegenüber der UNFCCC (BAFU, 2015g), im Gegensatz zum nationalen Treibhausgasinventar (BAFU, 2015f), separat ausgewiesen und betragen jeweils ca. 0.2 Mio. t CO₂eq pro Jahr. Gemäss oben stehender Tabelle sind zwei Aktivitäten von herausragender Bedeutung im Bereich "Industrielle Prozesse und Lösungsmittel": die Zementherstellung und der Verbrauch von Kühlmitteln. Für das Baseline-Szenario 2015 - 2030 werden deshalb diese Aktivitäten genauer betrachtet.

Die zeitliche Entwicklung der Emissionen von 1990 – 2013 zeigt, dass der Anteil von CO₂ zurückgegangen ist und dass die Bedeutung von Fluorkohlenwasserstoffen (Verbrauch von Kühlmitteln) stark zugenommen hat (siehe Figur 29).

Bei der Zementherstellung entstehen CO₂-Emissionen einerseits aufgrund des Brennstoffverbrauchs sowie aufgrund von geogenen CO₂-Emissionen. Hier werden nur die

geogenen CO₂-Emissionen betrachtet, Emissionen aus dem Einsatz von Brennstoffen werden unter dem Brennstoffverbrauch in der Industrie erfasst. Bei den geogenen CO₂-Emissionen in der Zementherstellung handelt es sich um die Freisetzung von CO₂ aus dem Calciumcarbonat von Kalkstein. In Zementwerken werden Kalkstein und andere Rohmaterialien bei hohen Temperaturen gebrannt, um daraus Klinker zu gewinnen. Dieses besteht hauptsächlich aus Calciumoxid. Bei der Umwandlung von Calciumcarbonat in Calciumoxid wird CO₂ freigesetzt. Das Calciumoxid sorgt für die Aushärtung des Zements unter Beimengung von Wasser.

Die Schweizer Zementindustrie hat Ihre CO₂-Emissionen seit 1990 in etwa halbiert. Die Reduktionsbestrebungen fokussieren auf die folgenden Bereiche: Prozessoptimierungen und effiziente Anlagen, Einsatz alternativer Brennstoffe und Verringerung des Klinkerfaktors (Anteil des gebrannten Steins)³⁸. Mit dem Klinkerfaktor wird der Anteil des Klinkers im Zement bezeichnet. Nur durch die Verringerung des Klinkerfaktors werden die geogenen Emissionen reduziert, die beiden anderen genannten Reduktionsbestrebungen haben nur Auswirkungen auf den Brennstoffeinsatz. Für die Baseline-Entwicklung wird davon ausgegangen, dass ohne zusätzliche Massnahmen die geogenen Emissionen aus der Zementproduktion nicht weiter abnehmen, sondern bis 2030 konstant bleiben.

Fluorierte Gase sind besonders starke Treibhausgase. Sie werden auch als «in der Luft stabile Stoffe» bezeichnet. Ihr Treibhauspotenzial³⁹ beträgt bezogen auf ihre Masse häufig ein Tausendfaches desjenigen von CO₂.

Die Emissionen an fluorierten Gasen (F-Gase), die mit dem Treibhausgasinventar erfasst werden, haben seit Anfang der 1990er-Jahre stark zugenommen. Dies liegt hauptsächlich am Ersatz der ozonschichtabbauenden Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) durch Fluorkohlenwasserstoffe (HFKW, PFKW). Diese ozonschichtabbauenden FCKW sind im Treibhausgasinventar nach Kyoto-Protokoll nicht erfasst, obwohl sie starke Treibhausgase sind, da mit dem Montreal-Protokoll bereits ein umfassender Phase-out der entsprechenden Gase beschlossen wurde. Dies bedeutet, dass im Treibhausgasinventar nur die Zunahme der Emissionen von Nicht-FCKW F-Gasen erfasst wird, nicht jedoch die gleichzeitig erfolgte Abnahme der FCKW.

Seit dem Jahr 2000 wurden die Vorschriften zur Limitierung des Einsatzes von F-Gasen laufend verschärft. Bereits im Jahr 2003 wurde beispielsweise ein Verbot erlassen für die Herstellung, Einfuhr und Abgabe folgender Geräte und Anlagen, die mit in der Luft stabilen Kältemitteln betrieben werden: Kühl- und Gefriergeräte für den Haushalt; Geräte zum Entfeuchten; Klimaanlage, die in Motorfahrzeugen verwendet werden; Klimageräte. Diese und andere Vorschriften werden allerdings durch Vorbehalte relativiert: Wenn nach dem Stand der Technik ein Ersatz fehlt, ist eine Verwendung der F-Gase häufig weiterhin erlaubt. Hinzu kommt, dass mit dem verstärkten Einsatz von Wärmepumpen und Klima-

³⁸ <http://www.holcim.ch/nachhaltige-entwicklung/umwelt/zement.html> [17.09.2015]

³⁹ Treibhauspotenzial wird auch mit GWP für Global Warming Potential bezeichnet, es gibt die Treibhausgaswirkung pro Masseinheit im Vergleich zu CO₂ an (GWP von CO₂ = 1); <http://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/produkte/fluorierte-treibhausgase-fckw/anwendungsbereiche-emissionsminderung/autoklimaanlagen-klimaschonendem-kaeltemittel-co2> [17.09.2015]

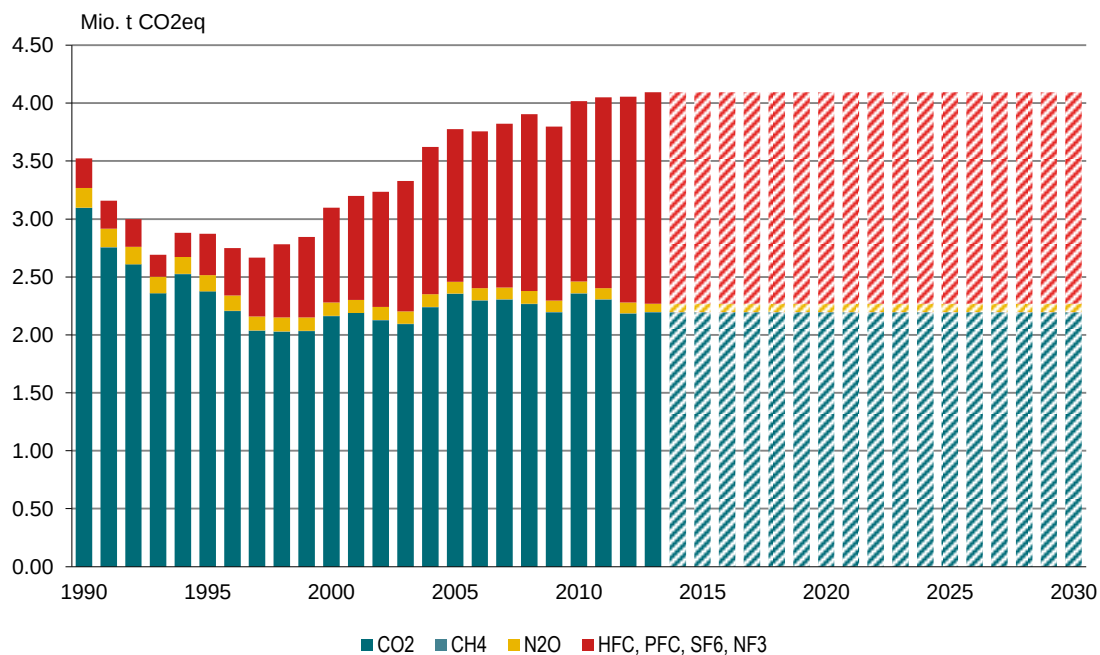
anlagen generell die Nachfrage nach fluorierten Gasen steigt. Mit der Revision der Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV) vom 1.12.2012 wurden umfassende Neuerungen bei der Regelung der F-Gas-Emissionen eingeführt. Die kantonale Bewilligungspflicht für das Erstellen von stationären Anlagen mit mehr als 3 kg in der Luft stabilen Kältemitteln wurde aufgehoben, dafür wurde genauer spezifiziert, für welche Arten von Anlagen der Einsatz von F-Gasen verboten ist. Davon betroffen sind lediglich Anlagen ab einer bestimmten Mindestgrösse. Kleinere Anlagen sind hingegen nicht erfasst. In den ersten Jahren nach Einführung der neuen Bestimmungen in der ChemRRV ist noch keine Trendumkehr bei den F-Gasen zu beobachten.

Rund ein Drittel der Emissionen bei Kältemitteln stammt aus mobilen Klimaanlage (BAFU, 2015e). Die EU verbietet für diese Anwendung seit 2011 die Verwendung von Kältemitteln mit einem Treibhauspotenzial von mehr als 150.⁴⁰ Das am meisten verbreitete Kältemittel bei Fahrzeugen hat ein Treibhauspotenzial von ca. 1400. Unter der Annahme, dass sich die EU-Regelung bis 2030 im Wagenpark der Schweiz durchgesetzt hat und die entsprechenden Vorschriften von der Schweiz übernommen werden, werden sich die Emissionen in diesem Bereich um 90% verringern. Für diese und andere Anwendungen ist unter anderem CO₂ als Kältemittel in Diskussion.

Für die Baseline-Entwicklung wird angenommen, dass sich die Emissionen bei den Kältemittelanwendungen bis 2030 ohne weitere als die bereits umgesetzten und absehbaren Massnahmen lediglich auf dem aktuellen Wert stabilisieren. In einigen Bereichen werden die Emissionen zwar abnehmen, in anderen jedoch weiter zunehmen. Im Vergleich mit den Emissionsperspektiven des BAFU (BAFU, 2015d) handelt es sich dabei um ein mittleres Szenario.

Unter obigen Annahmen stabilisieren sich die Emissionen auf dem heutigen Niveau und bleiben so für die Baseline bis 2030. Dies ergibt für 2030 4.1 Mio. Tonnen CO₂eq (0% gegenüber 2013 und +16% gegenüber 1990).

⁴⁰ Richtlinie 2006/40/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Emissionen aus Klimaanlagen in Kraftfahrzeugen und zur Änderung der Richtlinie 70/156/EWG des Rates



econconcept (Daten BAFU, 2'015f)

Figur 29: Entwicklung der Emissionen und des Anteils der verschiedenen Treibhausgase bei den industriellen Prozessen von 1990-2030 (Baseline-Szenario)

2.7 Landwirtschaft

Der Bereich Landwirtschaft (THG-Inventar Bereich 3) trägt in den Jahren 2011 bis 2013 im Durchschnitt 6.01 Mio. Tonnen CO₂eq. (11.7%) zu den schweizerischen Treibhausgas-Emissionen bei. Nicht eingeschlossen sind dabei der Energieeinsatz für landwirtschaftliche Motorfahrzeuge, Wärmeproduktion und Brennstoffe für die Trocknung (Gras, Getreide), die im Bereich "Andere Land-/Forstwirtschaft" enthalten sind (1A4c).

Von den Emissionen der Landwirtschaft im Bereich 3 entfallen mehr als die Hälfte auf die Nutztierhaltung (3A), wobei die Rindviehhaltung (3A1) dominiert. Bei den einzelnen Treibhausgasen spielt CO₂ eine unbedeutende Rolle. Die Emissionen teilen sich zu zwei Dritteln auf Methan (CH₄) und einem Drittel auf Lachgas (N₂O) auf. In der Tabelle 10 sind die wichtigsten Emissionsquellen hervorgehoben: 3 Mio. Tonnen CO₂eq sind Methanemissionen aus der Rindviehhaltung und rund 1.5 Mio. Tonnen CO₂eq stammen von Lachgas aus landwirtschaftlich genutzten Böden.

Nr.	Sektor	Mio. t CO ₂ eq	Anteil an Gesamt-Emissionen [%], (100%= 51.51 Mio t.)			
			CO ₂ eq	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
3	Landwirtschaft	6.01	11.7%	0.1%	7.8%	3.8%
3A	Nutztierhaltung	3.26	6.3%		6.3%	
	davon: Rindvieh (3A1)	3.05	5.9%		5.9%	
3B	Hofdüngerbewirtschaftung	1.14	2.2%		1.5%	0.7%
3D	Landwirtschaftliche Böden	1.56	3.0%		0.0%	3.0%
3G	Kalkdüngung	0.03	0.1%	0.1%		
3H	Harnstoffdüngung	0.01	0.0%	0.0%		

Tabelle 10: Zusammensetzung der THG-Emissionen im Bereich Landwirtschaft (Mittelwerte 2011-2013)

Für die Entwicklung im Baseline-Szenario wird angelehnt an BAFU (2015c, mittleres Szenario) eine Reduktion der Emissionen bis 2020 durch die Massnahmen der Agrarpolitik 2014-17 unterstellt. Diese beruht vorwiegend auf einem Rückgang der Rindviehbestände. Die Reduktion wird bei jährlich 30'000 t CO₂-Äq für die Jahre 2014 - 2020 oder kumuliert 0.21 Mio. t angenommen. Nach 2020 werden die Werte konstant weitergeführt. Dies ergibt für 2030 eine Reduktion um 14% gegenüber 1990. Der Zielkorridor der Klimastrategie Landwirtschaft (BLW 2011, S. 18), der für das Jahr 2030 gegenüber 1990 eine Reduktion um 25% bis 45% vorsieht, wird damit nicht erreicht.

2.8 Abfall

Der Bereich Abfall (THG-Inventar Bereich 5) trägt in den Jahren 2011 bis 2013 im Durchschnitt 1.02 Mio. Tonnen CO₂eq (2.0%) zu den schweizerischen Treibhausgas-Emissionen bei. Es werden die folgenden Kategorien unterschieden: 5A Deponie (18%), 5B Industrielle Kompostierung / Vergärung (47%), 5C Übrige Verbrennung, ohne energetische Nutzung (4%), 5D Abwasserreinigung (31%). Die prozentualen Anteile beziehen sich auf das Jahr 2013 aus BAFU, 2015e.

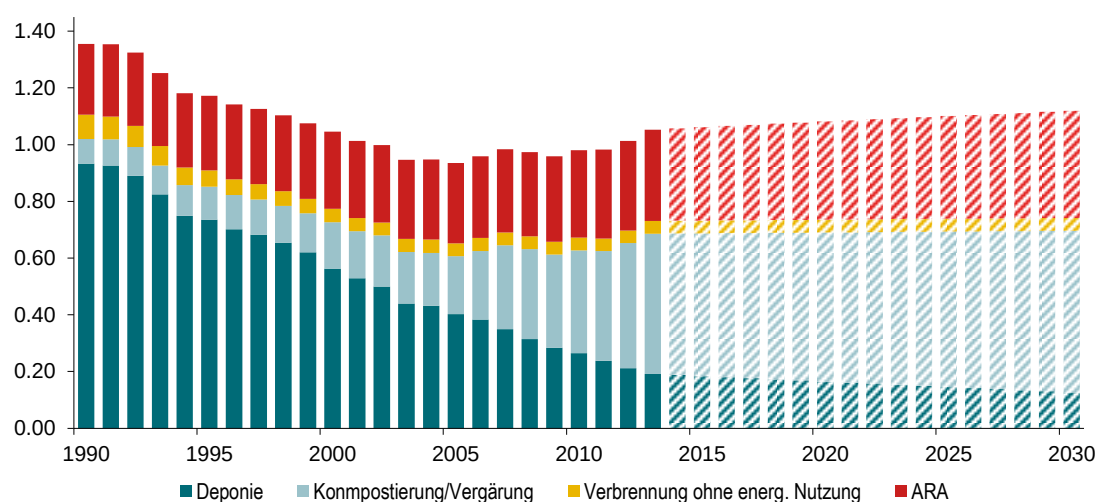
Während sich die Emissionen aus der Verbrennung ohne energetische Nutzung (unbedeutend) und aus der Abwasserreinigung (+23%) nicht stark verändert haben, haben die anderen zwei Kategorien eine ganze andere Bedeutung erlangt seit 1990. Aufgrund von zunehmend sanierten Altlasten haben die Emissionen aus Deponien an Bedeutung verloren und haben sich seither um fast 80% reduziert. Auf der anderen Seite haben sich die Emissionen aus Kompostierung und Vergärung mehr als vervierfacht in derselben Zeit. Sie sind nun für fast die Hälfte der Emissionen verantwortlich (siehe Figur 30). Der Grund dafür ist die stark gewachsene energetische Nutzung von Abfällen aus Biomasse, welche v.a. durch Methanschlupf zu Emissionen führt. Generell entstehen die Emissionen im Bereich Abfall nicht aus CO₂, sondern zu 80% aus Methan und zu 20% aus Lachgas (BAFU, 2015f). Letzteres ist jedoch nur bei der Abwasserreinigung von Bedeutung (ca. 50% Anteil) und hat seit 1990 aufgrund des Bevölkerungswachstum und der zunehmenden Stickstoffbelastung zugenommen im Vergleich zu Methan.

Gemäss BAFU, 2015e werden Emissionen nicht unter Abfall angerechnet, wenn dieser direkt als Brennstoff dient (z.B. Zementherstellung > Kap. 2.2) oder sonst energetisch genutzt wird (z.B. KVA, vgl. Kapitel 2.2).

Für das Baseline-Szenario werden folgende Annahmen verwendet:

- Deponie: Da das Deponieren von festen Abfällen in der Schweiz nicht mehr erlaubt ist (die Abfälle müssen verbrannt werden seit 2000; BAFU, 2015e), gehen wir davon aus, dass die bestehenden Deponien bis 2050 zum grössten Teil saniert sind und die Emissionen bis auf 0.05 Mio. t CO₂eq zurück gehen.
- Kompostierung/Vergärung: Es ist davon auszugehen, dass heute bereits etwas 75% des ökonomisch nutzbaren Potentials verwertet wird (BFE, 2010). Wir gehen davon aus, dass dies bis 2050 zu 95% genutzt ist.
- Verbrennung ohne energetische Nutzung: Diese Kategorie ist unbedeutend und wird auf dem aktuellen Emissionsniveau belassen bis 2030
- Abwasserreinigung: Die Abwasserreinigung ist in der Schweiz auf einem guten Stand und es werden keine weiteren Prozessoptimierungen, welche zu weniger Emissionen führen, angenommen. Anhand der vergangen Entwicklung wird angenommen das die Emissionen sich proportional zum Bevölkerungswachstum.

Unter obigen Annahmen erreichen die Treibhausgas-Emissionen aus dem Bereich Abfall einen Wert von 1.1 Mio. Tonnen CO₂eq für das Jahr 2030 (+7% gegenüber 2013 und - 17% gegenüber 1990).



econcept

Figur 30: Entwicklung der Emissionen im Bereich Abfall von 1990 bis 2030 im Baseline-Szenario

2.9 Andere energetische Emissionen

Die folgenden weiteren energetischen Emissionen wurden aufgrund ihrer untergeordneten Bedeutung nicht separat behandelt und diskutiert. Die sind die folgenden Kategorien:

Kat. THG-Inventar	Name	Mio. t CO ₂ eq 2013	% von THG-Inventar 2013	Was gehört dazu? Bemerkungen
1A3a	Inlandflugverkehr (ohne Militär)	0.13	0.25%	Gehört zum Verkehr (1A3), vernachlässigt
1A3c	Bahn	0.04	0.08%	Gehört zum Verkehr (1A3), vernachlässigt
1A3d	Schifffahrt	0.12	0.23%	Gehört zum Verkehr (1A3), vernachlässigt
1A3e	Pipelinestransport	0.02	0.04%	Gehört zum Verkehr (1A3), vernachlässigt
1A4c	Andere (Land- und Forstwirtschaft)	0.53	1.01%	Beinhaltet Treibstoffe von Maschinen und Geräten, sowie Brennstoffe z.B. für die Gastrocknung
1A5	Militär	0.12	0.23%	Strassen- und Flugverkehr
1B	Verdampfungsemissionen (Öl/Gas)	0.27	0.51%	
	Total	1.23	2.3%	

Tabelle 11: Nicht berücksichtigte energetische Emissionen.

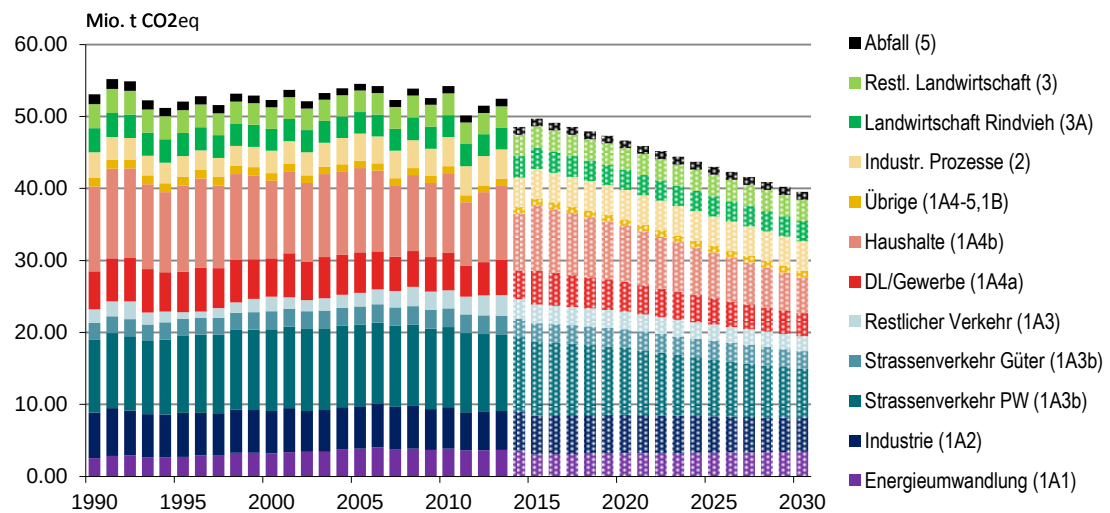
Für die Berechnung des Baseline-Szenarios per 2030 wurden jeweils die Werte aus dem Jahr 2013 fortgeschrieben.

2.10 Zusammenfassung der Baseline Entwicklung bis 2030

Die folgende Tabelle und Graphik fassen die mutmassliche Entwicklung der Treibhausgasemissionen aufgrund der Annahmen im Baseline-Szenario (siehe Kap. 2) von 2013 bis 2030 zusammen. Berücksichtigt werden hierfür aktuelle, bereits beschlossene und klar absehbare Massnahmen mit Wirkung vor 2030.

Gegenüber 1990 führt das Baseline-Szenario bis 2030 zu einer Reduktion der Treibhausgas-Emissionen um 26%. Die energetischen bedingten Emissionen sinken um 31%, die nicht energetischen um 5%.

An den Gesamtemissionen machen die energetisch bedingten im Jahr 1990 wie auch im Mittel der Jahre 2011 bis 2013 78% aus. Im Baseline-Szenario sinkt dieser Anteil bis 2030 auf rund 72%.



econcept

Figur 31: Entwicklung THG-Emissionen nach Sektor im Baseline-Szenario
 Die Emissionen 2014 enthalten für den Gebäudebereich die aus der Gesamtenergiestatistik abgeleiteten Werte ohne Witterungskorrektur, während die Werte ab 2015 von durchschnittlichen Heizgradtagen ausgehen.

Die Reduktion aus der Kompensationspflicht der Treibstoffimporteure (siehe letzter Eintrag in Tabelle 12) ist in der Grafik nicht abgebildet, da die Wirkung in verschiedenen Sektoren auftritt.

Kategorie des THG-Inventars	Dominierende Wirkungsmechanismen bis 2030	Veränderung 2030 gegenüber 2013 (in Klammern gegenüber 1990)		Massgebliche Massnahmen
		in Mio. t CO ₂ eq	%	
1A1 Energieumwandlung	Verarbeitete resp. produzierte Mengen in KVA nehmen um 20% zu; eine Raffinerie geschlossen (Reduktion gegenüber 2013) Fernwärmeversorgung mit Heizöl und Erdgas bleibt auf heutigem Niveau.	-0.3 (+0.9)	-7% (+33%)	- Branchenvereinbarung KVA (ohne Wirkung auf Inventar)
1A2 Industrie	Rückgang der fossilen Endenergienachfrage um ca. 13% gegenüber 2013 (gestützt auf WWB Energieperspektiven)	-0.7 (-1.6)	-13% (-25%)	- Emissionshandel (EHS) - Zielvereinbarungen/CO ₂ -Abgabebefreiung (nonEHS)
1A3b Strassenverkehr, Personenwagen	Pkm, steigen wie Bevölkerungswachstum um rund 15% , Fzkm steigen parallel bei konstanter Belegung CO ₂ -Intensität je Fzkm sinkt aufgrund Importvorschriften für Neuwagen auf 83 g und für die ganze Flotte auf durchschnittlich 107g bis 2030; Elektromobilität erreicht einen Anteil von 6% an Fzkm bis 2030	-3.8 (-3.3)	-36% (-33%)	- Importvorschriften Neuwagen - Förderung E-Mobilität
1A3b Strassenverkehr, Güterverkehr	Die Transportleistung in Fzkm steigt bei den LNF (<3.5t) um 13% und bei den SNF (>3.5t) um 20% bis 2030	-0.1 (+0.2)	-5% (+7%)	- Importvorschriften Neuwagen LNF
1A4a Dienstleistungen/Gewerbe	Siehe 1A4b (unten). Folgende Veränderungen bei der Endenergienachfrage von 2015 bis 2030: Heizöl - 50%, Gas ±0%, Elektrizität: nicht relevant, Umweltwärme (Wärmepumpe) +270%, Holz: ±0%, Fernwärme: +30%, Sonne: ±0%	-1.7 (-2.1)	-35% (-40%)	- MuKEN 2014 - Gebäudeprogramm - CO ₂ -Abgabe auf Brennstoffen
1A4b Privathaushalte	Energiebezugsfläche pro Person stabilisiert sich bei knapp 60m ² pro Person Folgende Veränderungen bei der Endenergienachfrage von 2015 bis 2030: Heizöl - 66%, Gas ±0%, Elektrizität: -12.5%, Umweltwärme (Wärmepumpe) +320%, Holz: ±0%, Fernwärme: +50%, Sonne: +150%	-5.4 (-6.8)	-52% (-58%)	- MuKEN 2014 - Gebäudeprogramm - CO ₂ -Abgabe auf Brennstoffen
2 Industrielle Prozesse	Keine wesentlich veränderten Wirkungsmechanismen bis 2030	0 (+0.6)	0% (+16%)	- Verschärfung ChemRRV - Emissionshandel
3 Landwirtschaft	Reduktion Rindviehbestände	-0.2 (-0.9)	-3% (-14%)	- Agrarpolitik 2014-2017
5 Abfall	Weitere Abnahme von Deponieemissionen Zunahme ARA-Emissionen proportional zu Bevölkerungswachstum Potentialnutzung bis auf 95% für Vergärung/Kompostierung	+0.1 (-0.2)	+6% (-17%)	Deponierungsverbot Förderung EE
Verschiedene	Kompensationspflicht der Treibstoff-Importeure beträgt 10% des fossilen Treibstoffverbrauchs im Sektor Verkehr	-1.1 (-1.1)	-100% (-100%)	Kompensationspflicht Treibstoffe
Total		-12.9 (-13.7)	-25% (-26%)	

Tabelle 12: Hauptsächlichste Wirkungsmechanismen und Massnahmen für die Entwicklung der THG-Emissionen bis 2030 bei Weiterführung der heutigen Politik (Baseline-Szenario)

3 Szenario 2: Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 (MKK2030)

3.1 Einleitung

Einleitend zur Vorstellung des Massnahmenkatalogs Klimapolitik 2030 werden zunächst Zielsetzung und methodische Grundsätze erläutert (Kapitel 3.1.1).

3.1.1 Ziel und Vorgehensweise

Das im vorangehenden Kapitel 2 vorgestellte Baseline-Szenario, das im Wesentlichen auf der Fortsetzung der bisherigen Massnahmen beruht, würde bis 2030 gegenüber 1990 eine Reduktion der THG-Emissionen um 26% erlauben. Diesem Szenario wird der Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 gegenübergestellt. Der Massnahmenkatalog zeigt auf, wie stark unter Berücksichtigung technischer, ökologischer und wirtschaftlicher Aspekte die Treibhausgas-Emissionen im Inland bis 2030 reduziert werden können.

Dabei werden sowohl auf technisch/physikalischer Wirkungsebene die konkrete Machbarkeit dargestellt als auch die notwendigen (politischen) Massnahmen beschrieben, mit denen die Rahmenbedingungen für die erforderlichen Anpassungsprozesse geschaffen werden können.

Ein Abgleich der vorhandenen Potenziale, der als realisierbar betrachteten Massnahmen und der relativ kurzen Zeitspanne bis 2030 macht deutlich, dass mit einer ambitionierten Klimapolitik im Inland eine Absenkung um 53% realisierbar ist.

Vorgehen

Zur Ermittlung der notwendigen Massnahmen im Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 werden folgende Quellen geprüft: die bisherige Umsetzung der Massnahmenvorschläge aus dem Klimamasterplan aus dem Jahr 2006⁴¹, nicht-verbindliche Massnahmen in bestehenden gesetzlichen Grundlagen, bisher nicht durchsetzbare Massnahmenvorschläge aus früheren Gesetzesentwürfen oder in politischen Vorstössen geforderte Massnahmen, Screenings möglicher Massnahmen aus anderen Ländern und erfolgreiche Beispiele aus Gemeinden und Kantonen sowie weitere Vorschläge aus der Literatur und von Experten.

Die identifizierten Massnahmen werden pro Sektor in einer Massnahmenliste zusammengefasst. Diese Listen bilden das Kernstück des Massnahmenkatalogs Klimapolitik 2030. Die für den Absenkpfad relevanten Massnahmen werden identifiziert, vertieft untersucht und als Faktenblatt bzw. Tabelleneintrag beschrieben.

Unter «Massnahme» wird in der vorliegenden Studie eine politische Regulierung verstanden, wobei die Art der Regulierung ein breites Spektrum abdecken und von Grundla-

⁴¹ Allianz für eine verantwortungsvolle Klimapolitik, 2006

genforschung über Informationsmassnahmen bis zu Verboten reichen kann. In den einzelnen Bereichen (Verkehr, Gebäude etc.) werden sogenannte «Schlüsselmassnahmen» identifiziert, die den Hauptbeitrag zur Reduktion der Treibhausgas-Emissionen liefern. Flankierend dazu dienen «ergänzende Massnahmen» einer Verstärkung oder einer Absicherung der gewünschten Wirkung. In einem separaten Kapitel je Bereich werden «weitere mögliche Massnahmen ohne Wirkungsabschätzung und ohne Aufnahme in den Absempfad des MKK2030» aufgeführt. Darin sind Massnahmen aufgeführt, welche mit den in den MKK2030 aufgenommenen Massnahmen überlappend sind, eine alternative Option darstellen, alleine eine nicht relevante Wirkung aufweisen oder aufgrund anderer Gründe nicht genauer geprüft werden. Die wichtigsten Schlüsselmassnahmen werden neben der Beurteilung der Wirksamkeit einer erweiterten Beurteilung unterzogen, wobei auch gesellschaftliche oder volkswirtschaftliche Aspekte diskutiert werden (Kapitel 3.11).

Für die Beurteilung der Machbarkeit einer Reduktion werden auf der Wirkungsebene einerseits die technischen Potenziale geprüft. Zusätzlich gelten als wirtschaftliche Restriktionen, dass getätigte Investitionen im Rahmen üblicher Nutzungszyklen im Grundsatz geschützt sind, das heisst auf Entwertungen durch vorzeitigen Ersatz verzichtet wird. Ausnahmen werden separat erwähnt. Dieser Grundsatz hat auch eine ökologische Komponente, indem die in Infrastrukturen gebundene graue Energie über die Nutzungsdauer amortisiert werden kann. Aus wirtschaftlicher Sicht wird auch am Konsens festgehalten, dass die schweizerische Klimapolitik nicht in grösserem Ausmass zur Verlagerung treibhausgasintensiver Produktionsprozesse ins Ausland führen soll. Vielmehr sollen die Rahmenbedingungen dazu führen, dass sich jeweils die klimafreundlichsten Produktionsweisen durchsetzen und Innovationen gefördert werden.

Behandlung von Wechselwirkungen

In den nachfolgenden Kapiteln werden für die einzelnen Bereiche des Treibhausgasinventars Massnahmen beschrieben und deren Wirkungen abgeschätzt. Dabei wird grundsätzlich versucht, die isolierte Wirkung einer Massnahme zu ermitteln, unter der Annahme, dass alle anderen Rahmenbedingungen unverändert bleiben. Dieser Grundsatz kann nur eingeschränkt eingehalten werden. Der Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 macht deutlich, dass in den einzelnen Bereichen nicht jeweils eine einzelne Massnahme sondern nur Massnahmenbündel zum Ziel führen. Bei der Wirkungsanalyse eines Massnahmenbündels spielt die Reihenfolge der Einzelwirkungen eine zentrale Rolle. In der Regel wird dabei eine Kaskade der Massnahmen formuliert, die zunächst die Nachfrage betrachtet (z.B. Massnahmen mit Reduktion der nachgefragten Transportleistungen), anschliessend werden die Massnahmen auf der Ebene der Bereitstellung der nachgefragten Leistungen untersucht. Innerhalb dieser beiden Hauptgruppen wird jeweils eine Reihenfolge der Wirkungen angenommen, die nicht einer ökonomischen oder klimapolitischen Präferenz entsprechen muss, sondern auch anders getroffen werden könnte. Methodisch steht dabei im Zentrum, dass die Wechselwirkungen erfasst werden bzw. keine Doppelzählungen von Wirkungen erfolgen. Damit wird das Problem der eingeschränkten Additivität der Wirkung von Einzelmassnahmen gelöst.

Methodische Abgrenzungen

Über die Wirkung politischer Massnahmen hinaus sind für die Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen weitere Einflüsse massgebend. Dazu zählen der technische Fortschritt, die wirtschaftliche und demographische Entwicklung, die Entwicklung der Preise für fossile Energieträger oder die Entwicklung der Gestehungskosten erneuerbarer Energien. Weiter können veränderte Präferenzen der Bevölkerung (umweltbewusstere Mobilität oder höherer Flächenverbrauch) oder der Unternehmen (CO₂-arme Produktionssysteme als Teil umfassender Nachhaltigkeitsstrategien) entscheidende Wirkungen entfalten. Diese weiteren Einflüsse sind nicht Gegenstand der Untersuchungen. In der Regel werden diesbezüglich vereinfachende Annahmen getroffen (z.B. Bevölkerungsentwicklung) oder die Einflüsse werden nicht berücksichtigt.

Verhaltensänderungen und Suffizienz

Gewisse Massnahmen beeinflussen die Nachfrage (Lenkungsabgaben etc.). Diese Nachfrageveränderungen werden als Anpassungen im Rahmen der aktuellen Präferenzen (Preiselastizitäten der Nachfrage) verstanden. Suffizienz im Sinne neuer Verhaltensmuster (Präferenzen) breiter Bevölkerungskreise ist nicht Gegenstand des MKK2030. Falls suffizientes Verhalten vorkommt, können formulierten Ziele übertroffen werden. Mit diesem Vorgehen wird davon ausgegangen, dass es keine fundamentalen Werteänderungen gibt. Bei der Wirkung verschiedener Massnahmen werden aber Verhaltensänderungen unterstellt, wie beispielsweise ein Rückgang der Personen-km und eine Verschiebung des Modal Split zugunsten von ÖV und LV (vgl. Kapitel 3.4.1). Diese Verhaltensänderungen sind durch verschiedene Faktoren begründet und es gibt keine strikte Trennung zwischen "freiwilligen" oder durch politische Massnahmen induzierten Verhaltensänderungen.

3.1.2 Exkurs: Energielenkungsabgabe

Grundzüge einer Energielenkungsabgabe

Im Frühjahr 2015 führte der Bundesrat eine Vernehmlassung für eine Klima- und Energielenkungsabgabe (KELS) durch⁴² und hat mittlerweile eine Botschaft an das Parlament verabschiedet⁴³. Der vorgeschlagene Verfassungsartikel legt fest, dass der Bund Klima-abgaben auf Brenn- und Treibstoffen und eine Stromabgabe erheben kann. Diese Lenkungsabgaben sollen – zusammen mit anderen Massnahmen – einen wesentlichen Beitrag dazu leisten, dass die Treibhausgas-Emissionen vermindert und die Energie spar-

⁴² <http://www.bafu.admin.ch/dokumentation/medieninformation/00962/index.html?lang=de&msg-id=56553>
Erläuterungsbericht

⁴³ Bundesrat 2015a

sam und effizient genutzt wird. Die Klima- und Energieabgaben sollen auch die heutige CO₂-Abgabe auf Brennstoffen mit ihren Teilzweckbindungen und den Netzzuschlag beim Strom zur Finanzierung der Förderung erneuerbarer Energien (u.a. die kostendeckende Einspeisevergütung KEV) ablösen. Für unzumutbar belastete Unternehmen können Erleichterungen gewährt werden (analog zu aktuellen Regelungen). Ab 2021 würde die Energielenkungsabgabe wirksam werden. Die mit den Teilzweckbindungen der aktuellen CO₂-Abgabe finanzierten Förderungen sollen ab 2021 schrittweise abgebaut werden und 5 auslaufen, sobald die Lenkungsabgaben tatsächlich eingeführt sind. Dies beträfe vor allem das Gebäudeprogramm und die Einlagen in den Technologiefonds. KEV-Beiträge könnten längstens bis 2030 mit einer maximalen Laufzeit bis 2045 gewährt werden.

Ab 2021 würde somit ein Übergang vom Förder- zum Lenkungssystem stattfinden. Die Erträge der Klima- und Stromabgaben würden nach Auslaufen der erwähnten, zweckgebundenen Finanzierungen vollständig an Haushalte und Unternehmen rückverteilt werden. Die Klima- und Stromabgaben soll schrittweise erhöht werden können, «soweit es die angestrebte Lenkungswirkung erfordert».

Die neue Klimaabgabe würde weder die Abgabe auf flüchtige organische Verbindungen (VOC-Abgabe) noch die Schwerverkehrsabgabe (LSVA) oder die besonderen Verbrauchssteuern (Mineralölsteuer inklusive Mineralölsteuerzuschlag) ersetzen. Die Abgabensätze der LSVA könnten allerdings sinken, da mit der LSVA nur Kosten abgedeckt werden sollen, die der Allgemeinheit entstehen. Der Teil der externen Kosten, der mit einer Klimaabgabe auf Treibstoffen abgedeckt wäre, soll nicht doppelt mit der LSVA erfasst werden.

Ziele und Abgabenhöhe einer Energielenkungsabgabe

Gestützt auf Arbeiten von Ecoplan (2015) werden mögliche Ausgestaltungen einer Energielenkungsabgabe skizziert. In Kombinationen K1 bis K4 mit zunehmender Lenkungswirkung werden notwendige Abgabenhöhe und Zielerreichung ermittelt. Wie die nachstehende Tabelle zeigt, sind selbst bei der Kombination K4 mit den höchsten Abgaben (z.B. 336 CHF/t CO₂ auf Brennstoffen im Jahr 2030) noch weitere, ergänzende Massnahmen zur Zielerreichung notwendig. Das Ziel einer Reduktion der Treibhausgase um 40% gegenüber 1990 im Energiebereich (30% inkl. der nicht energetischen Emissionen) würde auch mit diesen hohen Abgaben inkl. einer Treibstoffabgabe «nur» zu 71% erreicht.

Exemplarische Umsetzungsmöglichkeiten

Kombination	K1		K2		K3		K4	
	2021	2030	2021	2030	2021	2030	2021	2030
Strom (uniform)*								
Abgabe in % auf den Strompreis für Haushalte	11	20	11	20	11	20	11	20
Abgabe in Rp./kWh	2,3	4,5	2,3	4,5	2,3	4,5	2,3	4,5
Zielerreichungsgrad 2030 in % im Vgl. zu WWB		100		100		100		100
Brennstoffe**								
Abgabe in CHF/tCO ₂	96	168	120	240	120	240	120	336
z.B. Heizöl-Zuschlag in Rp./l	25	44	32	63	32	63	32	89
Treibstoffe								
Abgabe in CHF/tCO ₂	0	0	0	0	5,6	56	11,2	112
z.B. Benzin-Zuschlag in Rp./l	0	0	0	0	1,3	13	2,6	26
Zielerreichung (Nicht ETS-Sektoren) im Jahr 2030 i.Vgl. zu WWB (40 % CO₂-Reduktionsziel)								
CO ₂ Emissionen in Mio. t		23,4		22,7		21,6		20,1
CO ₂ Reduktion in Mio. t		1,1		1,8		2,9		4,4
Zielerreichungsgrad 2030 in % im Vergleich zu WWB		18		28		46		71
Lenkungswirkung der Klima- und Stromabgaben	sehr wenig Lenkung		wenig Lenkung		mittlere Lenkung		hohe Lenkung	
Umfang der zusätzlichen Massnahmen	sehr hoch		hoch		mittel		wenig	
Anmerkungen: * löst den bestehenden Netzzuschlag ab ** löst die bestehende CO ₂ -Abgabe auf Brennstoffen ab								

Quelle: Ecoplan 2015: 25, 43, 50, EFV eigene Darstellung.

Tabelle 13: Umsetzungsmöglichkeiten einer Klima- und Energielenkungsabgabe (KELS)
(Quelle: Bundesrat 2015a, S. 21)

Eine qualitative Beurteilung der volkswirtschaftlichen Auswirkungen geht von Vorteilen einer Ausgestaltung mit hohen Abgabensätzen und hoher Lenkungswirkung aus, weil die Abgabe effizienter wirken würde und zur Zielerreichung weniger (potenziell ineffiziente) ergänzende Massnahmen erforderlich wären. Es wird jedoch auch darauf hingewiesen, dass Vorschriften ergänzend sinnvoll sein können. Dies sei insbesondere der Fall, wenn Abgabensätze für die Zielerreichung nicht auf einem ausreichend hohen Niveau festgelegt werden können, oder wenn Marktversagen vorliegt, wie beispielsweise im Mietwohnungsbereich⁴⁴.

⁴⁴ Bundesrat 2015 S. 27

3.1.3 Exkurs: Bereichsübergreifende Lenkungsabgabe oder Sektor spezifische Einzelmassnahmen?

Wie der Bundesrat im erläuternden Bericht zur Energielenkungsabgabe darlegt, wären auch bei einer stark lenkenden Abgabe ergänzende Massnahmen notwendig, um die Reduktionsziele von 30% gegenüber 1990 bis 2030 (bzw. 40% im energetischen Bereich) zu erreichen⁴⁵. Dabei wurden im Jahr 2030 Abgabensätze von 336 CHF/ t CO₂-eq. auf Brennstoffen und 112 CHF/t CO₂-eq. auf Treibstoffen angenommen, die das Reduktionsziel zu rund 70% erreichen. Für die restlichen 30% der angestrebten Absenkung sind zusätzliche Massnahmen erforderlich.

Diese aus einem volkswirtschaftlichen Gleichgewichtsmodell⁴⁶ abgeleitete Folgerung, dass neben der Lenkungsabgabe zusätzliche Massnahmen notwendig sind, treffen umso mehr zu, wenn die Reduktionsziele (wie im Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030) ambitiöser sind, wenn auch nicht energetische Emissionen erfasst werden sollen und wenn die Abgabe weniger hoch bemessen wird. Aus diesen Überlegungen heraus werden in der vorliegenden Studie Massnahmenbündel vorgeschlagen, die sowohl bereichsübergreifende, marktwirtschaftliche Instrumente mit lenkender Wirkung als auch sektorspezifische Massnahmen beinhalten.

Grundsatzentscheid zum Massnahmenmix bzw. zur Rolle marktwirtschaftlicher Massnahmen

Ein wirksames Massnahmenpaket kann bezüglich der Rolle marktwirtschaftlicher Regulierungen grundsätzlich drei Ansätze aufweisen:

- a) Hauptwirkung durch marktwirtschaftliche, lenkende Instrumente als strategischer Kern mit punktueller Ergänzung durch gezielte, nicht marktwirtschaftliche Einzelmassnahmen (z.B. Vorschriften).
- b) Hauptwirkung durch sektorspezifische, nicht marktwirtschaftliche Einzelmassnahmen mit subsidiärer Ergänzung durch (eher zurückhaltend ausgestaltete) marktwirtschaftliche, lenkende Instrumente.
- c) «gleichmässige» Verteilung der Hauptwirkung sowohl auf marktwirtschaftliche, lenkende Massnahmen als auch auf nicht marktwirtschaftliche, sektorspezifische Einzelmassnahmen.

Die vorliegende Studie setzt vor allem auf Ansatz c), wobei die Ausgestaltung auf die jeweiligen Eigenheiten des Sektors eingeht (Preiselastizitäten, Art der Anpassungsprozesse, Marktversagen, Vorhandensein etablierter Instrumente etc.)

Dieser Grundsatzentscheid beruht auf drei Überlegungen. Erstens erlaubt der Einsatz marktwirtschaftlicher Lenkungsinstrumente eine volkswirtschaftlich vorteilhafte Realisierung eines Zielbeitrages. Wenn die Signale zur Verminderung von Treibhausgasen in den

⁴⁵ Bundesrat, 2015 . S. 18 (gestützt auf Ecoplan 2015)

⁴⁶ Ecoplan 2015

Preisen abgebildet werden, können grundsätzlich die volkswirtschaftlich günstigsten Lösungen entstehen, die sich oft auch durch geringe Transaktionskosten⁴⁷ auszeichnen. Zweitens bieten nicht marktwirtschaftliche Massnahmen die Möglichkeit, auch in Situationen mit Marktversagen (Bsp. Mieter-Vermieter-Dilemma⁴⁸) oder mit langsamen Anpassungsprozessen (und geringen Preiselastizitäten) eine Absenkung zu erzielen. Damit können auch extrem hohe Ansätze bei Lenkungsabgaben vermieden werden, die bei alleinigem Einsatz dieses Instrumentes zur Zielerreichung notwendig wären. Drittens schliesslich kann mit der pragmatischen Gewichtung zwischen preislich lenkenden und direkter steuernden Massnahmen besser auf sektorspezifische Gegebenheiten reagiert werden.

3.1.4 Exkurs: Ersatz der CO₂-Abgabebefreiung (EHS/non-EHS) durch Einführung eines Grenzausgleichs und Ausweitung zu einer allgemeinen THG-Abgabe

Die den Unternehmen zur Verfügung stehenden Möglichkeiten zur Befreiung von der CO₂-Abgabe (vgl. Kapitel 2.3) sollen sicherstellen, dass einerseits Reduktionen der Emissionen erfolgen und andererseits treibhausgasintensive Produktionsprozesse nicht per se ins Ausland verlagert werden. Als Alternative zu diesem System der Abgabebefreiung wäre es denkbar, die lenkungswirksame Abgabe auf alle relevanten Treibhausgase auszudehnen (z.B. auf geogene Emissionen der Zementherstellung und F-Gase) und die Nachteile im internationalen Wettbewerb durch einen Ausgleich an der Grenze (Border Tax Adjustment) sicher zu stellen.

Eine erweiterte CO₂-Abgabe würde die heutige CO₂-Abgabe für Brennstoffe nicht nur auf Treibstoffe sondern auch auf nicht energetische Emissionen ausweiten. Zusätzlich erfasst würden die Emissionen der industriellen Prozesse und Lösungsmittel (Bereich 2 des THG-Inventars) und, falls technisch machbar, auch die Landwirtschaft. Neben dem fossilen CO₂ würden geogenes CO₂, Methan (CH₄), Lachgas (N₂O) und fluoridierte Gase (F-Gase) mit erfasst. Für eine Anreizwirkung im Abfallsektor könnte die Abgabe auch auf die sogenannten Feedstock-Emissionen ausgedehnt werden.

Definition: Feedstock-Emissionen sind Emissionen, welche bei der Verbrennung oder Nutzung von Materialien anfallen, welche zumindest teilweise aus fossilen Energieträgern hergestellt wurden. Dazu gehören Petrochemikalien oder Kunststoffe aller Art, welche aus Erdölprodukten hergestellt werden.

Da viele in der Schweiz konsumierte Güter ausserhalb der Schweiz hergestellt werden, verursacht der Import dieser Güter indirekte oder sogenannte graue CO₂-Emissionen im Ausland. Die Emissionen aus der Produktion der Güter werden den Ländern der Produk-

⁴⁷ Typischerweise werden mit Lenkungsmaßnahmen Investitions- und Handlungsentscheidungen mit hohen Transaktionskosten wenig beeinflusst. Gerade wenn der Energieverbrauch resp. die CO₂-Emission finanziell wenig ins Gewicht fällt, können die Informationskosten deutlich höher sein als die Lenkungsabgaben. In diesen Situationen können z.B. Minimalstandards effizienter sein.

⁴⁸ Vermieter können höhere Heizkosten durch Brennstoffabgaben auf die Mieter überwälzen.

tionsstandorte, in welchen sie produziert werden, angelastet. Um ein realistisches Bild des Beitrags der Schweiz zu den globalen Treibhausgas-Emissionen zu erhalten, müssen auch die importierten (grauen) Emissionen berücksichtigt werden. Für eine Anreizwirkung zur Reduktion dieser grauen Emissionen, beispielsweise durch die Wahl CO₂-arm hergestellter Alternativprodukte, könnte die CO₂-Abgabe auch auf die grauen Emissionen in Importgütern ausgedehnt werden.⁴⁹

Definition: Graue Emissionen oder auch indirekte CO₂-Emissionen in Bezug auf den nationalen Treibhausgasausstoss sind Emissionen, welche beim Abbau von Rohstoffen und der Herstellung von Gütern und Lebensmitteln ausserhalb der Landesgrenzen entstehen, die entsprechenden Waren aber in der Schweiz verwendet und konsumiert werden.

Um Wettbewerbsverzerrungen im internationalen Handel und der Abwanderung produzierender Unternehmen in der Schweiz vorzubeugen, müsste ein WTO-konformer Grenzsteuerausgleich eingeführt werden.

- Die Feedstock-Emissionen von importierten Gütern werden mit einem, z.B. auf Zollkategorie basierenden, CO₂-Abgabe besteuert werden. Wenn umgekehrt entsprechende Güter exportiert werden, so wird die CO₂-Abgabe über den Grenzsteuerausgleich rückerstattet, um die Wettbewerbsnachteile im Export auszugleichen.
- Ebenso können die grauen Emissionen importierter Güter anhand der Zollkategorie mit einer CO₂-Abgabe besteuert. Diese Steuer muss aber nicht für die in der Schweiz produzierten Güter erhoben werden, da die im Inland anfallenden (direkten) Emissionen der Produktion bereits durch die «flächendeckende» CO₂-Abgabe erfasst werden. Es müsste jedoch auch ein Grenzsteuerausgleich für in der Schweiz produzierte Güter geben, um die Exportfähigkeit sicherzustellen. Wie bei den Massnahmen G1 und G2 im Bereich Gebäude beschrieben (siehe Kap. 3.5.2), können die ersten 80 - 120 CHF pro Tonne aus der CO₂-Abgabe als externe Kosten betrachtet werden. Nur dieser «Grundsockel» würde über einen Grenzsteuerausgleich abgegolten. Der zusätzliche Anteil der Abgabe hätte eine lenkende Wirkung und würde eine Zielvereinbarung für die Befreiung von Unternehmen bedingen.
- Im Treibstoffbereich wäre bei einer lenkungswirksamen (hohen) CO₂-Abgabe mit erheblichem Tanktourismus zu rechnen. Falls diese nicht in Kauf genommen werden soll müsste entweder ein geeigneter Grenzausgleich entwickelt oder eine Sonderregelung mit einer Angleichung der inländischen Preise an die umliegenden Länder gefunden werden.

Falls der geplante Zusammenschluss⁵⁰ des Schweizer Emissionshandelssystem mit dem europäischen System (EU ETS) aufgrund der aktuellen politischen Lage auf institutioneller Ebene scheitert, so gäbe es ein weiteres Argument zur Abschaffung des EHS. Betroffene Unternehmen gehen davon aus, dass Emissionen für Schweizer Unternehmen im EU ETS effizienter und kostengünstiger reduziert werden als in einem rein schweizerischen System.

⁴⁹ <http://www.esu-services.ch/de/projekte/graue-emissionen/> [16.11.2015]

⁵⁰ <http://www.bafu.admin.ch/klima/13877/14510/14882/index.html?lang=de>

Eine Einführung der genannten Massnahmen könnte schrittweise erfolgen, beispielsweise gemäss nachstehender Tabelle:

	Ebene der Erfassung	Zusatzmassnahme
 Breite der Erfassung	1 Ausdehnung der CO ₂ -Abgabe auf alle Sektoren und alle Treibhausgase (Allgemeine THG-Abgabe) (Verkehr, Landwirtschaft, fluoridierte Gase, geogenes CO ₂ ; auch nicht energetische Emissionen, Methan, Lachgas etc.)	Grenzsteuerausgleich für Export
	2 CO ₂ -Abgabe auf Feedstock-Emissionen	Grenzsteuerausgleich für Export
	3 THG-Abgabe auf importierte, graue Emissionen	Grenzsteuerausgleich für Export

Tabelle 14: Schrittweise Einführung einer «flächendeckenden» Treibhausgas-Abgabe mit Grenzsteuerausgleich und Besteuerung von grauen, importierten Emissionen

Massnahme THG+	Flächendeckende Treibhausgas-Abgabe inkl. Feedstock- und graue Emissionen mit Grenzsteuerausgleich
Sektor	Alle Sektoren inkl. Feedstock-Emissionen und Graue Emissionen, Treibstoffe evtl. nur teilweise
Art der Massnahme	Lenkungsabgabe
Beschreibung	— Ausdehnung der CO₂-Abgabe auf alle Sektoren und alle Treibhausgase (Verkehr, Landwirtschaft, fluoridierte Gase, geogenes CO₂; auch nicht energetische Emissionen, Methan, Lachgas etc.). — CO₂-Abgabe auf Feedstock-Emissionen — CO₂-Abgabe auf graue, importierte Emissionen; Anstelle der Abgabenbefreiung (EHS und non-EHS) tritt für jede von der Steuer erfasste Ebene ein Grenzausgleichsmechanismus für Exporte.
Ebene (Bund, Kanton oder Gemeinde/Stadt)	Bund
Gesetz / Grundlage	Revidiertes CO ₂ -Gesetz
Wirkung	— Eine Ausdehnung der CO₂-Abgabe auf alle Sektoren und alle Treibhausgase, unter Einschluss der Feedstock- und grauen Emissionen, hat zur Folge, dass in der gesamten Volkswirtschaft, sowohl auf der Produktions- als auch auf der Konsumseite breite Anreize für klimafreundliche Prozesse und Produkte entstehen. — Bei entsprechender Höhe der Abgabe können grundlegende Anpassungsprozesse ausgelöst werden, die über die Wirkungen der aktuellen Klimapolitik hinausgehen. Die Massnahme kann produktionsseitig innovationsfördernd wirken und konsumseitig zu nachhaltigeren Verhaltensweisen führen. Die breite Wirkung schliesst auch die Landwirtschaft und den Abfallbereich mit ein und erfasst ausserhalb der Kyoto-Grenzen auch den gesamten Konsum. — Erfolg und Akzeptanz hängen von der Machbarkeit und Ausgestaltung des Grenzausgleichsmechanismus' ab. Praxistaugliche und mit internationalen Vereinbarungen konforme Lösungen sind zu entwickeln. — Im Vergleich zum aktuellen EHS und non-EHS-System ist eher mit geringeren Vollzugskosten zu rechnen. Die Umsetzungskosten verlagern sich potenziell von den Unternehmen hin zum Grenzausgleich. Je nach Ausgestaltung können jedoch die Transaktionskosten für exportorientierte Unternehmen zunehmen. → Die Netto-Wirkung dieser Massnahme wurde bisher für die Schweiz nicht quantitativ modelliert und müsste zusammen mit Fragen zur konkreten Ausgestaltung in einer separaten Arbeit behandelt werden.

Tabelle 15: Erhöhte und «flächendeckende» CO₂ - bzw. Treibhausgas-Abgabe auf Brennstoffe mit Grenzsteuerausgleich und Besteuerung grauer (importierter) Emissionen

Zusammenfassend birgt die in diesem Exkurs skizzierte breite THG-Abgabe mit einem Grenzausgleich-Mechanismus für exportierende Unternehmen ein grosses Potenzial zur wirksamen Lenkung hin zu klimaverträglichen Produktions- und Konsumstrukturen. Aufgrund der weitgehend fehlenden internationalen Erfahrung und mit Blick auf die für eine Zielerreichung notwendige rasche Umsetzung wird in den folgenden Kapiteln jedoch eine Weiterentwicklung der bisherigen Mechanismen zur Abgabenbefreiung im Massnahmenkatalog Klima 2030 umgesetzt. Dies hat für den vorliegenden Bericht den Vorteil, dass die Wirkung robuster abgeschätzt werden kann. Die Massnahmen gemäss Tabelle 15 könnten jedoch volkswirtschaftlich zu einem besseren Resultat führen, da weniger politische Festlegungen gemacht werden und die externen¹ Kosten systematischer in Preissignale umgesetzt werden.

3.2 Energieumwandlung

Der Bereich Energieumwandlung (THG-Inventar Bereich 1A1) trägt in den Jahren 2011 bis 2013 im Durchschnitt 3.65 Mio. Tonnen CO₂eq (7.1%) zu den schweizerischen Treibhausgas-Emissionen bei. Davon entfallen 1.91 Mio. Tonnen CO₂eq auf die Abfallverbrennung in den Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA), 0.35 Mio. Tonnen CO₂eq auf die Fernwärme exkl. KVA und 1.39 Mio. Tonnen CO₂eq auf die beiden inländischen Raffinerien, wobei sich letzterer Wert aufgrund der Stilllegung der Raffinerie Collombey rund halbiert.

Gemäss dem Baseline-Szenario (siehe Kapitel 2.2), welches sich an der Weiterführung der aktuellen Politik und den absehbaren Massnahmen orientiert, erreichen die Emissionen bis 2030 im Bereich Energieumwandlung 3.41 Mio. t CO₂eq (-7% gegenüber 2013).

Potenzial und Zielsetzung

Die Treibhausgas-Emissionen aus dem Bereich Energieumwandlung können im Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 bis zum Jahr 2030 auf 3.14 Mio. Tonnen CO₂eq gesenkt werden. Gegenüber dem Jahr 2013 entspricht dies einer Reduktion um 0.54 Mio. t CO₂eq oder 15%. Dies ist eine Verdoppelung der Reduktion im Baseline-Szenario.

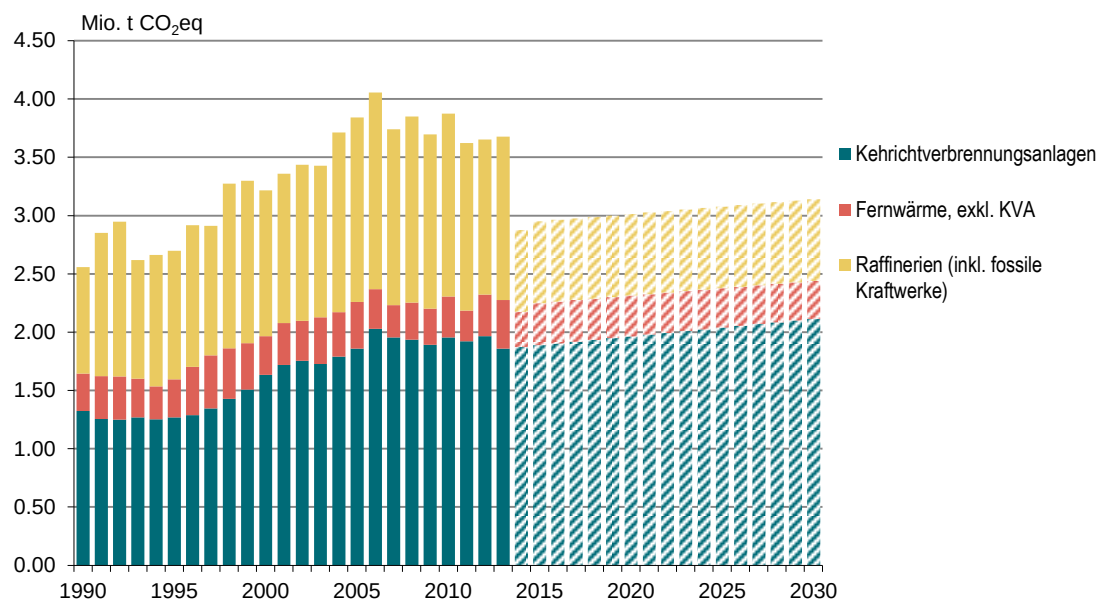
Diese Absenkung kann auf der Wirkungsebene mit folgenden technisch/physikalischen Veränderungen erzielt werden:

- Reduktion des Ausstosses aus Abfällen um 10% gegenüber der Baseline. Dies würde bei (gegenüber der Baseline) unveränderter Abfallmenge bedeuten, dass der fossile (nicht erneuerbare) Anteil in den Abfällen von aktuell rund der Hälfte um ein Fünftel auf rund 30% sinken müsste. Alternativ müsste bei unverändertem fossilem Anteil die Abfallmenge gegenüber der Baseline um 20% tiefer liegen. Realistisch ist eine Kombination beider Wirkungen. Hinweis: Im Bereich KVA wären mit einer Ausweitung

CO₂-Abgabe auf graue und Feedstock-Emissionen⁵¹ möglicherweise stärkere Reduktionen möglich, falls sich eine solche Massnahme bereits bis 2030 deutlich auf die Abfallzusammensetzung auswirkt. Diese Massnahme wurde jedoch nicht in den Abseinkpfad des MKK2030 aufgenommen. Siehe hierzu den Exkurs in Kapitel 3.1.4.

- Reduktion des Anteils von Heizöl und Erdgas in öffentlichen Fernwärmenetzen um 10% gegenüber der Baseline. (Annahmen: Grossteil der Reduktionwirkung des Umstiegs auf Erneuerbare und Abwärme wird kompensiert mit vermehrtem Einsatz fossiler Energien zur Spitzenlastdeckung in den ausgebauten Fernwärmenetzen mit erneuerbaren Energien.)
- Raffinerie Collombey (VS) bleibt ausser Betrieb und wird stillgelegt. Die Raffinerie Cressier (NE) bleibt mit konstantem Ausstoss in Betrieb. Durch die starke Reduktion des Treibstoffverbrauchs in der Schweiz steigt der Anteil der Raffinerie-Emissionen relativ, bzw. die im Inventar nicht berücksichtigten grauen Emissionen durch den Import raffinierter Erdölprodukte nehmen ab.

Hinweis: Wie in Kapitel 2.2 erwähnt, hat die Branchenvereinbarung zwischen Bund und dem Verband der Betreiber Schweizerischer Abfallverwertungsanlagen (VBSA) keine Wirkung auf die CO₂-Emissionen im Inventar.



econcept

Figur 32: Historische Entwicklung der CO₂-Emissionen von 1990 – 2014 und Entwicklung gemäss Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 von 2014 – 2030 im Bereich Energieumwandlung (aufsummiert)

⁵¹ Feedstock-Emissionen sind Emissionen, welche bei der Verbrennung oder Nutzung von Materialien anfallen, welche zumindest teilweise aus fossilen Energieträgern hergestellt wurden. Dazu gehören Petrochemikalien oder Kunststoffe aller Art, welche aus Erdölprodukten hergestellt werden.

Bisherige und neue Massnahmen

Mit den folgenden, ausgebauten bisherigen Massnahmen kann das erwähnte Potenzial ausgeschöpft werden.

Nr.	Massnahme	Stichworte zur konkreten Ausgestaltung	Umsetzungsstand, Einführungszeitraum	In MKK 2030?	Bemerkungen
Energieumwandlung, bisherige Massnahmen					
	Emissionshandelssystem (EHS)	Unternehmen bestimmter energieintensiver Sektoren, müssen obligatorisch am EHS teilnehmen, andere Unternehmen können freiwillig teilnehmen. Im Bereich Energieumwandlung sind dies Fernwärmelieferanten mit einer Feuerungsleistung grösser 20 MW sowie Raffinerien. Nicht zwingend ist die Teilnahme für KVA. Die teilnehmenden Unternehmen erhalten aufgrund eines Benchmarks Emissionsrechte zugeteilt und müssen diese jährlich anhand der effektiven Emissionen abgeben. Die zugewiesene Menge an Emissionsrechten über alle betroffenen Branchen wird jedes Jahr um -1.74% verringert.		JA	geringe Wirkung
	CO ₂ -Abgabe auf Brennstoffen	Abgabe auf allen fossilen Brennstoffen (v.a. Heizöl, Erdgas). Von 2008 mit 12 CHF/t CO ₂ eq auf 84 CHF/t CO ₂ eq Ab 2016 angehoben, Abgabesatz bis zu 120 CHF/t möglich (ca. 30 Rappen pro Liter Heizöl), falls Zwischenziele nicht erreicht. Weitere Informationen unter Kap. 2.5.3.		JA	
	Befreiung von CO ₂ -Abgabe als Anreiz für freiwillige Zielvereinbarungen (non-EHS)	Unternehmen bestimmter Wirtschaftszweige können von der CO ₂ -Abgabe befreit werden, sofern sie sich gegenüber dem Bund verpflichten, die Treibhausgas-Emissionen bis zum Jahr 2020 in einem bestimmten Umfang zu vermindern. Im Bereich Energieumwandlung betrifft dies insbesondere Fernwärmelieferanten mit einer Feuerungsleistung kleiner 20 MW.		JA	Die Wirkung dieser Massnahme wird in der Botschaft zum CO ₂ -Gesetz nicht separat ausgewiesen, sondern ist in der Wirkungsabschätzung zur CO ₂ -Abgabe enthalten.
	Gebäudeprogramme der Kantone	Mit der Teilzweckbindung der CO ₂ -Abgabe und kantonalen Beiträgen werden kantonale Gebäudeprogramme finanziert, welche Beiträge für den Einsatz erneuerbarer Energien, Abwärmennutzungen und Optimierungen der Gebäudetechnik sprechen.		JA	mittlere Wirkung
Energieumwandlung, Ausbau bisheriger Massnahmen					
	Massnahmen aus dem Bereich «Industrie - Energieeinsatz»	Die Massnahmen im Industriebereich (Kap. 3.3.1Tabelle 16) wirken auch im Bereich Energieumwandlung. Konkret sind dies: – Verschärfung des Absenkpades im Emissionshandelssystem – Vollständige Auktionierung der Emissionszertifikate im Emissionshandelssystem, allenfalls mit einem an den externen Kosten orientierten Mindest-		JA	mittlere Wirkung

Nr.	Massnahme	Stichworte zur konkreten Ausgestaltung	Umsetzungsstand, Einführungszeitraum	In MKK 2030?	Bemerkungen
		preis – Weiterführung und Ausbau non-EHS			
	Massnahmen aus dem Bereich «Gebäude»	Die Massnahmen im Gebäudebereich (Kap. 3.5) wirken auch im Bereich Energieumwandlung. Konkret sind dies: – CO ₂ -Abgabe auf Brennstoffen – CO ₂ -Abgabe Befreiung erst ab 120 CHF/t – Gebäudeprogramme der Kantone		JA	mittlere Wirkung
U1	Mengenbezogene Abfallgebühren	Verursachergerechte und mengenbezogene Sack- und Containergebühren; Abschaffung von Grundgebühren; Vollkosten des Entsorgungssystems auf Abfälle umgelegt. Diese Massnahme kann bereits mit der heutigen nationalen und kantonalen Gesetzgebung von den Gemeinden und Städten umgesetzt werden.	Gemäss Schweizerischen Gerichtspraxis dürfen max. 60% der Aufwendungen der Abfallbewirtschaftung über die Abfall-Grundgebühr gedeckt werden. Das BAFU empfiehlt max. 30%. Die Erhebung mengenabhängiger Gebühren ist zwingend. (AWEL 2008)	JA	geringe Wirkung
U2	Erhöhung Recyclingquote	Optimierung von Rücknahmesystemen und Mülltrennung für Wertstoffrecycling. Derzeit werden z.B. verschiedene Kunststoffarten trotz technischer Machbarkeit nicht recycelt.		JA	geringe Wirkung
U3	Optimierung der energetischen Verwertung von Abfällen	Räumlich und zeitlich optimierte Verbrennung von Abfällen, z.B. durch Ausbau von KVA im Industrieverbund und einer erhöhten Winterstromproduktion.		JA	Wirkung: Unterstützt die Massnahme im Gebäudebereich, fossile Feuerungen mit ern. Energien oder Abwärme zu ersetzen. Hat keinen Einfluss auf Emissionen im Bereich Energieumwandlung.
Energieumwandlung, neue Massnahmen mit Prüfung					
Keine neue Massnahmen mit Prüfung					
Energieumwandlung, weitere Massnahmen ohne vertiefte Prüfung					
	Ausweitung CO ₂ -Abgabe auf graue Emissionen	Siehe hierzu Exkurs in Kap. 3.1.4. Auf Konsumgüter würde eine CO ₂ -Abgabe basierend auf einem CO ₂ -Foodprint erhoben. Dies entspricht einer Besteuerung der grauen Emissionen (inkl. Feedstock-Emissionen). Die fossilen Anteile des Abfalls könnten mit dieser Massnahme je nach Höhe der Abgabe reduziert werden.			

Tabelle 16: Übersicht zu den Massnahmen im Bereich Energieumwandlung

Die Quantifizierung der Wirkung der Schlüssenmassnahmen U1-U3 ist in Tabelle 62 zusammengefasst.

3.3 Industrie – Energieeinsatz

3.3.1 Übersicht zur Zielsetzung sowie zu bisherigen und neuen Massnahmen

Potential und Zielsetzung

Die Treibhausgas-Emissionen aus dem Sektor Industrie – Energieeinsatz (THG-Inventar Bereich 1A2) werden im Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 bis zum Jahr 2030 auf 3.0 Mio. Tonnen CO₂eq gesenkt. Gegenüber dem Jahr 2013 entspricht dies einer Reduktion um 2.4 Mio. Tonnen CO₂eq oder 45%.

Diese Absenkung kann auf der Wirkungsebene mit folgenden Veränderungen erzielt werden:

- Die energetischen (nicht-geogenen) Emissionen der Zementindustrie müssen bis 2030 um ca. 35% gesenkt werden. Diese notwendige Reduktion kann durch folgende Teilbeiträge erreicht werden: 1. Einsatz neuer Technologien mit teilweisem Ersatz des konventionellen Portlandzement (-15% bis 2030). 2. Reduzierter Zementverbrauch durch alternative Bauweisen (-15% bis 2030). 3. Weitere Optimierungen der Produktionsprozesse und Einsatz von Sekundärbrennstoffen (-5% bis 2030).
- Die Unternehmen aus anderen Sektoren innerhalb des Emissionshandelssystems (EHS) leisten einen Beitrag in der gleichen Grössenordnung. Eine Möglichkeit ist der verstärkte Einsatz von Biomasse für Prozesswärme im Mitteltemperaturbereich (100° - 300°C)
- Die Anzahl der Unternehmen mit einer Zielvereinbarung (non-EHS) steigt und die Reduktionspotentiale müssen bereits ab einer um zwei Jahre verlängerten Amortisationszeit umgesetzt werden.

Der grösste Teil der Emissionen in diesem Bereich, rund 60%, stammt aus dem Energieeinsatz für die Zementindustrie (ohne geogene Emissionen, welche zum Bereich 2 gehören, vgl. Kapitel 3.6). Aufgrund der Bedeutung werden diese Potenziale vertieft erläutert. Gemäss Achternbosch et al. (2011) ist das Reduktionspotential der nicht-geogenen CO₂-Emissionen in modernen Kalkstein-Klinker-Zementwerken beschränkt. Es gibt bei diesem Typ grundsätzlich zwei mögliche Wirkungsebenen für Reduktionsmöglichkeiten. Dies sind einerseits die Optimierung des Produktionsprozesses (Potential ca. 2-3%) und andererseits der Einsatz von Sekundärbrennstoffen (Potential ca. 2%), welche eine bessere THG-Bilanz ausweisen als fossile Brennstoffe. Dieses beschränkte Einsparpotential basiert auf der Annahme, dass der bekannte und etablierte Portlandzement hergestellt wird. Zusätzliche Einsparpotentiale können aber durch den Einsatz alternativer Bindemittel erzielt werden. Diese setzen gegenüber dem Portlandzement weniger CO₂ frei, da der gebrannte Kalk (teilweise) ersetzt werden kann, was die geogenen Emissionen senkt (Bereich 2, vgl. Kapitel 3.6). Aufgrund deutlich tieferer Prozesstemperaturen benötigen Zement-Alternativen zudem teilweise auch deutlich weniger Energieeinsatz, wie die folgenden Beispiele illustrieren:

- Celitement basiert auf Calciumhydrosilikaten und die Herstellung erfolgt bei 300° C (Portlandzement bei 1'450°C)⁵²
- Novacem basiert auf Magnesiumoxid, welches teilweise sogar CO₂ aus der Atmosphäre binden kann⁵³

Diese Alternativen zu konventionellem Zement werden heute erst als Nischenprodukte eingesetzt, haben aber das Potential mehr Verbreitung zu finden und beträchtliche Mengen an CO₂ einzusparen.

Übersicht Massnahmen im Bereich Industrie - Energiebereitstellung

Das wichtigste bereits existierende Instrument in diesem Bereich ist die CO₂-Abgabe und die dazugehörigen Befreiungsmöglichkeiten Emissionshandelssystem (EHS) und Zielvereinbarungen (non-EHS). Bei Anpassungen des EHS/non-EHS-Systems ist zu beachten, dass deren Wirkungen mehrere Bereiche des THG-Inventars betreffen:

- Raffinerien und Fernwärme gehören zu «1A1 Energieumwandlung»;
- Die geogenen Emissionen aus der Zementindustrie betreffen den Bereich «2 Industrielle Prozesse und Lösungsmittel» (Kap. 3.6). Diese CO₂-Emissionen sind seit 2013 neu vom Emissionshandelssystem erfasst. Für die Periode 2008 bis 2012 war dies noch nicht der Fall, es gab allerdings ein Zielvereinbarungsprogramm für die Zementindustrie in Bezug auf die geogenen CO₂-Emissionen.
- Prozess-Emissionen aus Chemie etc. gehören zu «2 Industrielle Prozesse und Lösungsmittel» (Kap. 3.6).
- Diverse EHS/non-EHS-Massnahmen aus dem Bereich Gebäude (Kap. 3.5) betreffen auch den Bereich Industrie, sind meistens aber quantitativ von untergeordneter Bedeutung.
- Die übrigen energiebedingten Emissionen im EHS/non-EHS-System gehören vorwiegend zu dem hier behandelten Bereich (1A2)

Es wäre zwar möglich, die Emissionen im EHS nach Branchen aufzuschlüsseln. Es ist aber schwierig festzustellen, welche Anteile in einzelnen Branchen auf energiebedingte oder Prozessemissionen entfallen. Deshalb werden alle mit dem EHS verbundenen Reduktionsmassnahmen im Bereich 1A2 behandelt und angerechnet.

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die bisherigen und über mögliche neue Massnahmen und identifiziert die Schlüsselmassnahmen für den vorliegenden THG-Bereich «Industrie – Energieeinsatz».

⁵² <http://www.celitement.de>

⁵³ <http://www.heise.de/tr/artikel/Gruener-Beton-989886.html>

Nr.	Massnahme	Stichworte zur konkreten Ausgestaltung	Umsetzungsstand, Einführungszeitraum	In MKK 2030?	Bemerkungen
Industrie - Energieeinsatz, bisherige Massnahmen					
	Emissionshandelssystem (EHS)	Unternehmen bestimmter energieintensiver Sektoren, müssen obligatorisch am EHS teilnehmen, andere Unternehmen können freiwillig teilnehmen. Die teilnehmenden Unternehmen erhalten aufgrund eines Benchmarks Emissionsrechte zugeteilt und müssen diese jährlich anhand der effektiven Emissionen abgeben. Die zugewiesene Menge an Emissionsrechten wird jedes Jahr um -1.74% verringert.	CO2-Gesetz	JA, vgl. unten	Siehe Grafik ⁵⁴
	CO2-Abgabe auf Brennstoffen	Abgabe auf allen fossilen Brennstoffen (v.a. Heizöl, Erdgas). Von 2008 mit 12 CHF/t CO2eq auf 84 CHF/ t CO2eq ab 2016 angehoben. Abgabesatz bis zu 120 CHF/t möglich (ca. 30 Rappen pro Liter Heizöl), falls Zwischenziele nicht erreicht. Weitere Informationen unter Kap. 3.5.	CO2-Gesetz	JA	
	Befreiung von CO2-Abgabe als Anreiz für freiwillige Zielvereinbarungen (non-EHS)	Unternehmen bestimmter Wirtschaftszweige können von der CO2-Abgabe befreit werden, sofern sie sich gegenüber dem Bund verpflichten, die Treibhausgas-Emissionen bis zum Jahr 2020 in einem bestimmten Umfang zu vermindern.	CO2-Gesetz	JA	Die Wirkung dieser Massnahme wird in der Botschaft zum CO2-Gesetz nicht separat ausgewiesen, sondern ist in der Wirkungsabschätzung zur CO2-Abgabe enthalten.
Industrie - Energieeinsatz, Ausbau bisheriger Massnahmen					
IE1	-Verschärfung des Absenkpades im Emissionshandelssystem -Vollständige Auktionierung der Emissionszertifikate im Emissionshandelssystem	- Die jährliche Abnahme der Gesamtmenge der Emissionszertifikate wird von 1.74% auf 2.2% verschärft (ab 2021) und bis 2030 weitergeführt. - Für die dem Emissionshandelssystem unterstellten Aktivitäten werden die gemäss Absenkungspfad zur Verfügung stehenden Emissionszertifikate zunehmend auktioniert, bis alle Emissionszertifikate über die Auktionierung vergeben werden (allenfalls mit an den externen Kosten orientierten Mindestpreisen).		JA	
	Finanzierung von Projekten zur Reduktion der CO2-Emissionen aus Einnahmen der Auktionierung	Die Einnahmen aus der Auktionierung von Emissionszertifikaten werden für Projekte zur Reduktion der CO2-Emissionen eingesetzt.		Nein	Das wäre eine Konkurrenzierung der bestehenden Kompensationspflicht für Treibstoffimporteure

⁵⁴ <http://www.bafu.admin.ch/klima/13877/14510/14750/index.html?lang=de>

IE2	Weiterführung und Ausbau non-EHS	Das bestehende System soll weitergeführt werden, aber mit zusätzlichen Anreizen für die Teilnahme ausgestattet werden: (1) Erhöhung CO ₂ -Abgabe (siehe Massnahmen im Gebäudebereich), (2) Kriterien der Wirtschaftlichkeit erhöhen, (3) Verschärfung des Grossverbraucher-Artikels (MuKE n)		JA	Zusatzwirkung versus unveränderter Weiterführung bis 2030
G1	Erhöhung CO ₂ -Abgabe auf Brennstoffen	Erhöhung auf max. 240 CHF/t, resp. 60 CHF/100 Liter Heizöl bis 2030. Weitere Informationen zur Massnahme vgl. Gebäudebereich (Kapitel 3.5.2.)	CO ₂ -Gesetz	JA	
G2	CO ₂ -Abgabe Befreiung erst ab 120 CHF/t	Unternehmen können sich nur von dem Teil der CO ₂ -Abgabe befreien, welcher über 120 CHF/t liegt. Weitere Informationen zur Massnahme finden sich im Gebäudebereich in Kapitel 3.5.2.	CO ₂ -Gesetz	JA	
Industrie - Energieeinsatz, neue Massnahmen mit Prüfung					
IE3	Alternatives Bauen mit weniger Zement	Programm zur Förderung innovativer Bauten und neuer Ansätze, welche mit weniger Zement auskommen		JA	
Industrie - Energieeinsatz, weitere Massnahmen ohne vertiefte Prüfung					

Tabelle 17: Übersicht Massnahmen im Bereich Industrie – Energiebereitstellung

Die hier beschriebenen Massnahmen beruhen weitgehend auf der Weiterentwicklung der bestehenden Befreiungsmöglichkeiten zur CO₂-Abgabe. Eine Alternative dazu, ein Ersatz der Abgabenbefreiung durch eine breit abgestützte THG-Abgabe mit einem Grenzausgleichsmechanismus für Exportgüter (Border Tax Adjustment) wird im Exkurs in Kapitel 3.1.4 diskutiert. Eine weitere Option, nur das EHS abzuschaffen und die betroffenen Unternehmen ins non-EHS respektive in das Zielpfadmodell zu überführen, wird nicht weiter vertieft.

3.3.2 Wirkung eines Ausbaus bisheriger Massnahmen

Im Folgenden werden die Schlüsselmassnahmen im Bereich Industrie-Energieeinsatz bezüglich ihrer Wirkungen vertieft untersucht.

Massnahme IE1	Verstärkung des Absenkpads und vollständige Auktionierung im Emissionshandelssystem (EHS)
Sektor	Industrie – Energiebereitstellung (1A2) und Industrielle Prozesse und Lösungsmittel (2)
Art der Massnahme	Vorschrift
Beschreibung	Die jährliche Abnahme der Gesamtmenge der Emissionszertifikate wird von 1.74% auf 2.2% verschärft (ab 2021) und bis 2030 weitergeführt.
Ebene (Bund, Kanton oder Gemeinde/Stadt)	Bund
Gesetz / Grundlage	Stärkere Absenkung basierend auf dem aktuellen CO ₂ -Gesetz
Wirkung	Die Wirkung des mit der Revision des CO₂-Gesetzes eingeführten Emissionshandelssystems wurde in der Botschaft des Bundesrates auf ca. 0.8 Millionen Tonnen CO₂ geschätzt. Der Reduktionsbetrag entspricht 1.5 Prozent der Emissionen von 1990. Dabei sind In- und Auslandsreduktionen enthalten. Der Auslandsanteil kann bis zu 40 Prozent der Gesamtwirkung betragen. Es hat sich bereits bestätigt, dass dies ausgeschöpft wird und somit die Emissionsreduktionswirkung im Inland rund 0.5 Millionen Tonnen CO₂eq beträgt bis 2020. Dabei wurde eine jährliche Reduktion der Emissionsobergrenze von minus 1.74 Prozent zu Grunde gelegt. Die jährliche Reduktion der Emissionsobergrenze im EHS beträgt derzeit 1.74 Prozent. In der Botschaft zum CO₂-Gesetz wurde ausgeführt, dass zur Erreichung des 30%-Reduktionsziels bis 2020 für die im Emissionshandelssystem eingebundenen Unternehmen die verfügbare Gesamtmenge an Emissionsrechten um jährlich 2.9 Prozent verringert werden müsste. In der EU wurde abgeschätzt, dass zur Erreichung eines 40% Reduktionsziels bis 2030 gegenüber 1990, die verfügbare Gesamtmenge vom Jahr 2021 an um 2.2% pro Jahr abnehmen müsste, gegenüber den bisherigen 1.74%.⁵⁵ Bei einer Verschärfung der jährlichen Reduktion der Emissionsobergrenze auf -2.2% ab 2021 wird folgende Wirkung erwartet: Bei einer jährlichen Reduktion von 1.74% bis 2020, dem Basiswert von ca. 6 Mio. t CO₂eq (2010) und der absoluten Obergrenze von 5.6 Mio. t CO₂eq in 2013⁵⁶, ergibt sich eine Reduktion von 0.7 Mio. t CO₂eq und eine Obergrenze von 4.9 Mio. t CO₂eq bis 2020. Mit einem jährlichen Reduktionswert von 2.2% ab 2021 ergibt sich eine Reduktion von 1.3 Mio. t CO₂ bis 2030. Somit verbleibt noch eine Obergrenze von 3.6 Mio. t CO₂eq per 2030. Die Reduktion um 2.0 Mio. t CO₂eq entspricht gegenüber 2013 einer Reduktion um 36%. Zementindustrie (als dominanter Sektor in diesem Bereich): Durch den moderat verstärkten Absenkpfad ab 2021 werden die Unternehmen dazu animiert Optimierungen der Produktionsprozesse und den Einsatz von Sekundärbrennstoffen voranzutreiben. Da dies aber nicht ausreichen wird, werden sie auch auf alternative Bindemittel und neue Ansätze für den Ersatz von konventionellem Zement setzen müssen. Vollständige Auktionierung: Die Emissionsrechte werden bisher kostenlos zugeteilt, soweit sie für den treibhausgas-effizienten Betrieb der EHS-Unternehmen notwendig sind. Die übrigen Emissionsrechte werden versteigert. Die vorgeschlagene Massnahme sieht vor, für die dem Emissionshandelssystem unterstellten Aktivitäten die gemäss Absenkungspfad zur Verfügung stehenden Emissionszertifikate zunehmend zu auktionieren, bis alle Emissionszertifikate über die Auktionierung vergeben werden. Auch in der EU wird der Anteil der auktionierten Emissionsrechte laufend erhöht. → Massnahme bringt netto eine Reduktion von 2.0 Mio. t CO₂eq bei den verschiedenen vom EHS betroffenen Sektoren für das Jahr 2030 im Vergleich zu 2013. Dadurch werden (isoliert betrachtet) die THG-Emissionen bei Anrechnung im Sektor 1A2 von 5.4 Mio. auf 3.4 Mio. t CO₂eq (-37%) reduziert.

Tabelle 18: Verschärfung Absenkpfad EHS (IE1)

⁵⁵ http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index_en.htm [2015-10-09]

⁵⁶ <http://www.bafu.admin.ch/dokumentation/medieninformation/00962/index.html?lang=de&msg-id=52103>

Massnahme IE2	Weiterführung und Ausbau non-EHS
Sektor	Industrie – Energiebereitstellung (1A2) und andere
Art der Massnahme	Vorschrift
Beschreibung	Das bestehende System wird weitergeführt, aber mit zusätzlichen Anreizen für die Teilnahme ausgestattet: (1) Erhöhung CO ₂ -Abgabe (siehe Massnahmen im Gebäudebereich, Kapitel 3.5.2.), (2) Kriterien der Wirtschaftlichkeit erhöhen, (3) Erweiterung des Grossverbraucher-Artikels (MuKEn)
Ebene (Bund, Kanton oder Gemeinde/Stadt)	Bund und Kantone
Gesetz / Grundlage	Ausbau der aktuellen Grundlagen (CO ₂ -Gesetz und MuKEn)
Wirkung	Das bisherige System der Abgabebefreiung durch verbindliche Zielvereinbarungen von Unternehmen ist wertvoll, weil dabei Prozesse aufgesetzt und durchgeführt werden. Dadurch werden weitere wirtschaftliche Massnahmen gefunden, umgesetzt und durch regelmässige Monitorings auch überprüft. Aktuell müssen Massnahmen umgesetzt werden, wenn sie über einen Zeitraum von 4 Jahren (Prozesse) oder 8 Jahren (Infrastruktur) rentabel sind. Um die Anzahl der Teilnehmenden Unternehmen im non-EHS zu erhöhen und somit die Wirkung zu verstärken, können folgende Massnahmen umgesetzt werden: — Erhöhung der CO₂-Abgabe (siehe Massnahmen im Gebäudebereich) — Erhöhung der Wirtschaftlichkeitskriterien auf z.B. 6 Jahre für Prozesse und 10 Jahre für Infrastruktur — Grossverbraucher-Modell MuKEn⁵⁷: Senkung des Schwellenwerts für Wärme von 5 GWh auf 1-2 GWh Ein Teil der zu erwartenden Wirkung bezieht sich auf die Erhöhung der CO₂-Abgabe. Diese wird im Gebäudebereich behandelt und wirkt sich auch vorwiegend dort aus. In Bezug auf die Prozessenergie, welche im hier diskutierten Bereich relevant ist, wird angenommen, dass durch die Verstärkung des bisherigen Systems zusätzliche Einsparungen von rund 0.2 Mio. t CO₂eq möglich sind im Vergleich zum Baseline-Szenario. In diesem ist bereits eine Reduktion von 0.2 Mio. t CO₂eq vorgesehen. → Massnahme bringt netto eine Reduktion von 0.4 Mio. t CO₂eq bei den verschiedenen vom non-EHS betroffenen Sektoren für das Jahr 2030 im Vergleich zu 2013. Dadurch werden (isoliert betrachtet) die THG-Emissionen aus dem Sektor Industrie – Energiebereitstellung von 5.4 Mio. auf 5.0 Mio. t CO₂eq reduziert (-7%)

Tabelle 19: Weiterführung und Ausbau non-EHS (IE2)

⁵⁷ <http://www.endk.ch/de/energiepolitik-der-kantone/energiegrossoverbrauchermodell> [21.10.2015]

3.3.3 Wirkung neuer Massnahmen

Massnahme IE3	Alternatives Bauen mit weniger Zement
Sektor	Industrie – Energiebereitstellung und Industrielle Prozesse und Lösungsmittel
Art der Massnahme	Förderung
Beschreibung	Programm zur Förderung innovativer Bauten und neuen Ansätzen, welche mit weniger Zement auskommen
Ebene (Bund, Kanton oder Gemeinde/Stadt)	Bund und Kantone
Gesetz / Grundlage	Verschiedene Möglichkeiten
Wirkung	Unter dem Nationalen Forschungsprojekt NFP70 (Energiewende) wird das Projekt "Energiearmer Beton" verfolgt. In einem ähnlichen Rahmen können auch weitere Projekte innovative Bautechnologien erforschen. Daraus könnte ein Förderprogramm für nachhaltiges und betonarmes Bauen gegründet werden. Initiativen dazu gibt es bereits in wie zum Beispiel das Netzwerk für Nachhaltiges Bauen Schweiz (NNBS)⁵⁸, bauinnovation.ch⁵⁹ und die i.con Innovation GmbH⁶⁰. Neben Bauweisen mit weniger Zement kann auch verstärktes Baustoffrecycling einen klimawirksamen Beitrag leisten. Innovative Techniken sollen durch Preise ausgezeichnet werden und durch ein Förderprogramm gezielt unterstützt werden. → die Wirkung der Massnahme wird nicht separat ausgewiesen und ist in IE1 eingerechnet.

Tabelle 20: Alternatives Bauen mit weniger Zement (IE3)

3.3.4 Gesamtwirkung der Schlüsselmassnahmen Bereich Industrie – Energieeinsatz

Die folgende Tabelle fasst die kumulierte Wirkung der Schlüsselmassnahmen im vorliegenden Bereich zusammen.

	Absolute Wirkung in Mio. t CO ₂ eq gegenüber 2013	Wirkung [%] gegenüber 2013	Wirkung in Mio. t CO ₂ eq gegenüber 1990
IE1 Verschärfung EHS	-2.0	-37%	
IE2 Verstärkung non-EHS	-0.4	-7%	
IE3 Alternatives Bauen	(in IE1 eingerechnet)		
Total	-2.4	-45%	-3.3
Verbleibende Emissionen per 2030	3.0 (5.4 – 2.4)		

Tabelle 21: Kumulierte Wirkung aller Schlüsselmassnahmen im Bereich Industrie-Energieeinsatz (inkl. Effekte in anderen Bereichen durch Anpassungen des EHS/non-EHS-Systems)

Die Emissionen im Bereich Industrie - Energiebereitstellung betrugen 2013 5.4 Mio. t CO₂eq (1990 6.3 Mio. t CO₂eq). Die Massnahmen IE1 und IE2 führen zusammen bis 2030 zu einem Niveau von 3.0 Mio. t CO₂eq. Dies bedeutet eine Reduktion um 2.4 Mio. t (-45%) CO₂eq gegenüber 2013 (3.3 Mio. t CO₂eq (-53%) gegenüber 1990).

⁵⁸ <http://www.nnbs.ch/nachhaltiges-bauen/>

⁵⁹ <http://www.bauinnovationen.ch>

⁶⁰ <http://www.icon-innovation.de/frderungvonmodellprojektenim.html>

Eine breitere Diskussion ausgewählter Schlüsselmassnahmen unter Berücksichtigung weiterer Aspekte wie Wirtschaftlichkeit oder Akzeptanz findet in Kapitel 3.11 statt.

3.4 Verkehr

Der Bereich Verkehr (THG-Inventar Bereich 1A3) trägt in den Jahren 2011 bis 2013 im Durchschnitt 16.23 Mio. Tonnen CO₂eq (31.5%) zu den schweizerischen Treibhausgas-Emissionen bei. Fast ein Drittel der Emissionen stammen also aus dem Verkehr. Davon entfallen 10.8 Mio. Tonnen CO₂eq auf die Personenwagen, dies sind genau zwei Drittel des Verkehrs. Der Anteil der Personenwagen am gesamten Treibhausgasinventar beträgt 21%. Das ist ein Hauptgrund, dass viele der nachstehend diskutierten Massnahmen auf diesen sehr bedeutenden Unterbereich fokussiert sind.

Gemäss dem Baseline-Szenario (siehe Kapitel 2), welches sich an den absehbaren Massnahmen und Weiterführung der aktuellen Politik orientiert, erreichen die Emissionen bis 2030 im Verkehr 11.5 Mio. t CO₂eq (-29% gegenüber 2013). Davon beruhen 6.8 Mio. t CO₂eq (-36% gegenüber 2013) bei den Personenwagen.

3.4.1 Übersicht zur Zielsetzung sowie zu bisherigen und neuen Massnahmen

Potential und Zielsetzung

Die Treibhausgas-Emissionen aus dem Sektor Verkehr werden im Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 bis zum Jahr 2030 auf 4.6 Mio. Tonnen CO₂eq gesenkt. Gegenüber dem Jahr 2013 entspricht dies einer Reduktion um 72% (gegenüber 1990: -69%). Der grösste Teil davon kann bei den Personenwagen bzw. dem Strassenverkehr realisiert werden.

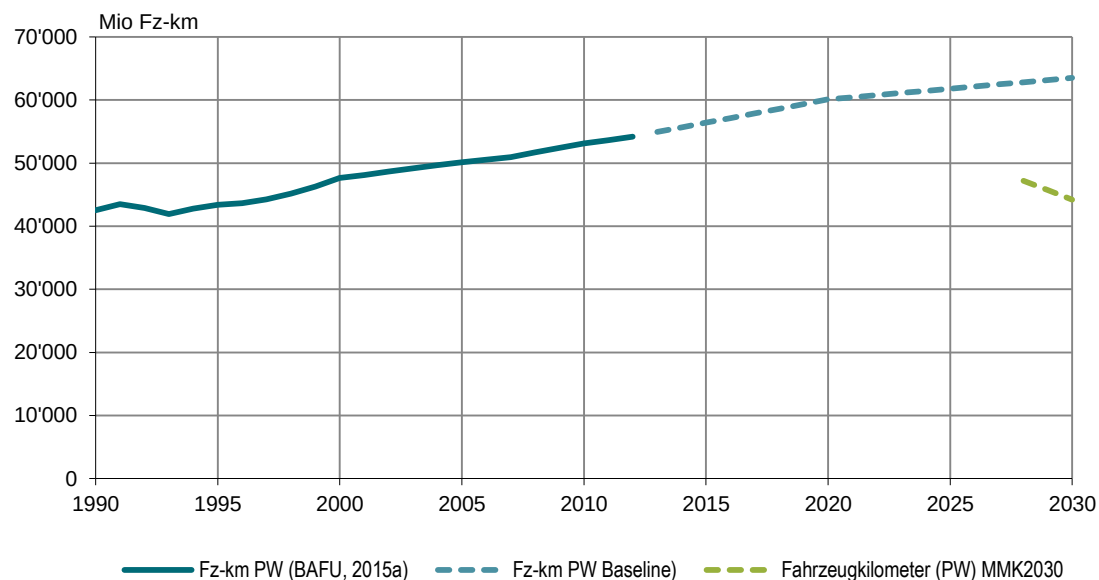
Diese Absenkung kann mit folgenden Veränderungen auf der Wirkungsebene erzielt werden, jeweils aufgeteilt auf die Ebene der Nachfrage und der Bereitstellung:

Ebene: Nachfrage nach Transportleistung

- Die insgesamt nachgefragten Personenkilometer (unabhängig vom Verkehrsmittel) werden um ca. 15% verringert. Damit wird im Wesentlichen die durch das Bevölkerungswachstum bedingte Zunahme kompensiert.
- Der Anteil der Personenwagen an der Fahrleistung im gesamten Personenverkehr wird um rund 8 Prozentpunkte gesenkt (von 75% auf 67%), zugunsten von höheren Anteilen öffentlichen Verkehrs und dem «Langsamverkehr» (Fahrrad und zu Fuss).
- Der durchschnittliche Besetzungsgrad pro Fahrzeug kann bei den Personenwagen um 12.5% gesteigert werden (von 1.6 Personen um Mittel auf 1.8 Personen) und somit gehen die benötigten Fahrzeugkilometer um 11% zurück.

Dadurch würden die Fahrzeugkilometer von Personenwagen im Vergleich zum Baseline-Szenario im Jahr 2030 insgesamt um rund 30% tiefer liegen. Zu beachten bleibt dabei, dass das Baseline-Szenario bereits eine Zunahme der Kilometer im Personenverkehr um

rund 16% aufgrund des Bevölkerungswachstums beinhaltet. Die gemäss Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 resultierenden Fahrzeugkilometer liegen bei 44.2 Mrd. km und damit etwa auf dem Niveau der späten 1990er Jahre.



econcept

Figur 33: Fahrzeugkilometer Personenwagen gemäss Baseline und Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 (MKK2030)

Hinweis: Die Reduktion gemäss MKK2030 ist für das Jahr 2030 abgeschätzt, der angedeutete Verlauf dient der Illustration.

Ebene: Bereitstellung der Transportleistung

- 50% der Fahrzeugkilometer im Personenverkehr werden im Jahr 2030 durch Elektrofahrzeuge erbracht. Damit dieser Anteil als CO₂-neutral gelten kann, muss der zusätzliche Strombedarf von ca. 4.5 TWh (7.5% des heutigen Strombedarfs in der Schweiz) durch erneuerbare Quellen gedeckt werden. Die Emissionsabschätzungen in der vorliegenden Studie basieren auf der Annahme, dass der benötigte Strom zu 100% aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden kann (siehe Kap.3.10.3).
- Die im Jahr 2030 neu in Verkehr gesetzten Personenwagen dürfen im Durchschnitt nur noch 20 g CO₂/km ausstossen. Elektrofahrzeuge⁶¹ werden mit 0 g CO₂/km eingerechnet⁶². Wenn die durchschnittliche fossil-betriebene Neuwagenflotte per 2030 einen Ausstoss von 60-80 g CO₂/km aufweist, so bedingt dies einen Anteil von rund 75% an Elektrofahrzeugen unter den Neuwagen per 2030. Der Ausstoss von 60-80 g CO₂/km entspricht zwischen 2.3 und 3.4 l Benzin oder Diesel und liegt im oberen Bereich der bereits heute verfügbaren, sparsamsten Mittelklassewagen (TCS, 2015).

⁶¹ Plug-in Hybrid-Fahrzeuge werden anhand ihres prozentualen Verbrauchs an Strom und fossilen Treibstoffen anteilmässig eingerechnet.

⁶² Die Annahmen von 0g CO₂ für den Strom ist in der Betrachtungsweise des Treibhausgas-Inventars richtig, wenn erneuerbarer Strom eingesetzt wird. Graue Energie in Stromproduktionsanlagen werden den Herstellern angerechnet. Die Ökobilanzbetrachtung kommt auch für Strom aus erneuerbaren Quelle zu Emissionen >0.

- Damit bis 2030 50% der Fahrzeugkilometer durch Elektrofahrzeuge erbracht werden können, ist ab 2018 eine schrittweise gesteigerte Neuwagenrate, ausgehend von gut 7% bis auf ca. 9.5% ab 2025 notwendig⁶³. Der Anteil der Elektrofahrzeuge bei den Neuwagen würde bis 2030 auf 75% ansteigen. Dies bedeutet, dass ausgehend vom Fahrzeugbestand in 2015 jedes Jahr ab 2018 zusätzliche 6% der gesamten Neuwagen eines Jahres elektrisch betrieben werden. Unter der Berücksichtigung des Bevölkerungswachstums und der schrittweise gesteigerten Neuwagenrate entspricht dies im Jahr 2018 rund 20'000 und 2030 um die 300'000 elektrisch betriebenen Neuwagen⁶⁴.
- Neue Lastwagen stossen bis 2030 im Durchschnitt nur noch 375 g CO₂/km aus. Das bedeutet in etwa 25% weniger Treibstoffverbrauch als ein heutiges Spitzenmodell und nur die Hälfte der heutigen Durchschnittsflotte.
- Die Lieferwagen weisen bis 2030 einen Elektroanteil von rund 50% auf und der durchschnittliche Verbrauch von fossil-betriebenen Lieferwagen beträgt in etwa 4.5l Diesel/100km.

Übersicht zu den Massnahmen im Verkehrsbereich

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die bisherigen und möglichen neuen Massnahmen und identifiziert die Schlüsselmassnahmen für den vorliegenden THG-Bereich «Verkehr».

Nr.	Massnahme	Stichworte zur konkreten Ausgestaltung	Umsetzungsstand, Einführungszeitraum; Grundlage / Quelle	In MKK 2030? (S. mit link)	Bemerkungen (Wirkungen geg. 1990)
Verkehr, bisherige Massnahmen					
	Neuwagenvorschriften PW	130 gCO ₂ /km bis 2015, 95 gCO ₂ /km bis 2020	In Umsetzung; CO ₂ -Gesetz Art.10ff & Teil Energiestrategie 2050	Ausbau, vgl. unten	Die Umsetzung resp. der Zielwert ist ca. 2 Jahre in Verzug
	Neuwagenvorschriften LNF (<3.5t)	175 gCO ₂ /km bis 2017, 147 gCO ₂ /km bis 2020	noch nicht umgesetzt, Teil Energiestrategie 2050	Ausbau vgl. unten	
	LSVA, Schwerverkehrs-Verlagerungen	2.05 - 3.1 Rp./tkm (Euro6 – Euro0); proportional zu Gewicht, Fahrleistung und Emissionen	Umgesetzt seit 2001	Ausbau vgl. unten	
	Motorfahrzeugsteuer	Kantonal unterschiedlich ausgestaltet (Bemessungsgrundlage): Hubraum oder Steuer-PS (16 Kt.), Gewicht (7 Kt.), Leistung (1 Kt.), Leistung und Gewicht (2 Kt.)	https://www.tcs.ch/de/assets/umweltenergie/luftbelastung/4077-kantonale-motorfahrzeugsteuer.pdf		Wirkung gering, in baseline nicht berücksichtigt

⁶³ Für Details zur Neuwagenrate vgl. Erläuterungen zur Massnahme V4 in Kap.3.4.3 (Seite 95).

⁶⁴ Im Mittel der Jahre 2010 bis 2014 wurden 315'000 Neufahrzeuge zugelassen; Es wird angenommen diese Zahl steigt aufgrund der Bevölkerungsentwicklung und der leicht höheren Ersatzrate

Nr.	Massnahme	Stichworte zur konkreten Ausgestaltung	Umsetzungsstand, Einführungszeitraum; Grundlage / Quelle	In MKK 2030? (S. mit link)	Bemerkungen (Wirkungen geg. 1990)
	Energie Schweiz	u.a. Energieetikette, allgemeine Informations- und Sensibilisierungskampagnen	http://www.energieschweiz.ch/de-ch/mobilitaet/fahrzeuge/personenwagen.aspx	Vgl. Kapitel 3.9	Wirkung gering, in baseline nicht berücksichtigt
	Kompensationspflicht Treibstoffimporteure	Importeure fossiler Treibstoffe müssen bis 2020 schrittweise 10% der Emissionen mit "zusätzlichen" Inlandprojekten kompensieren	In Umsetzung; CO ₂ -Verordnung Art. 86-92	Ausbau	100% additional
	Steuerabzüge für Pendler				Wirkung gering, in baseline nicht berücksichtigt
Verkehr, Ausbau bisherige Massnahmen					
V1.2	Modalsplit MIV senken	Verstärkte Attraktivierung von ÖV und Langsamverkehr und somit Beeinflussung Modalsplit		JA S. 84	
V2	Neuwagenvorschriften PW	Verschärfung der bisherigen Zielwerten: 60 gCO ₂ /km bis 2023 und 20 gCO ₂ /km bis 2030		JA S. 85	
V3	Neuwagenvorschriften LNF (<3.5t) Neuwagenvorschriften SNF (>3.5t)	— Zusätzlich zu bisherigen Zielwerten: 110 gCO ₂ /km bis 2017 und 90 gCO ₂ /km bis 2020 — Einführung konkreter Zielwerte für den CO ₂ -Ausstoss von Neuwagen: 375 g CO ₂ /km bis 2030		JA S. 86	
	Motorfahrzeugsteuer	Kantonale Motorfahrzeugsteuern werden harmonisiert und verbrauchsabhängig ausgestaltet			Da in Baseline nicht berücksichtigt, kann Wirkung nicht quantifiziert werden
	Steuerabzüge Pendler	Generell sollten Fehlanreize, aus der Sicht des Klimaschutzes, abgeschafft werden. Ein Beispiel ist der Steuerabzug für Pendler.			Wirkung gering, in Baseline nicht berücksichtigt
	Kompensationspflicht Treibstoffimporteure	Erhöhung des Kompensationssatzes auf 20% in 2030 Das zusätzliche, von anderen Massnahmen unabhängige, Potential für Kompensationsmassnahmen ist mit den bestehenden 10% per 2020 bereits zu einem grossen Teil ausgeschöpft.			Kein zusätzliches Potential ab 2020 im Vergleich zu MKK2030 (geeignete Projekte fehlen)
V6	Erhöhung Anteil erneuerbare, alternative Treibstoffe	Anteil alternative, erneuerbare Treibstoffe von 20% bis 2030		JA S. 88	THG-Reduktion = 50%
Verkehr, neue Massnahmen mit Prüfung					
V1.1	Leistungsabhängige Verkehrsabgabe Personenwagen (LVPW)	Leistungsabhängige Verkehrsabgabe für Personenwagen zur Steuerung der Verkehrsnachfrage und zur Finanzierung der Verkehrsinfrastruktur	http://www.avenir-suisse.ch/34239/warum-die-schweiz-ein-mobility-pricing-braucht/ vgl. Stockholm	JA S. 89	Abnahme von 15-20% in Stockholm

Nr.	Massnahme	Stichworte zur konkreten Ausgestaltung	Umsetzungsstand, Einführungszeitraum; Grundlage / Quelle	In MKK 2030? (S. mit link)	Bemerkungen (Wirkungen geg. 1990)
V1.3	Auslastung PW erhöhen	Mitfahrrzentralen, Haltestellen, Sicherheitskonzept für gemeinsame Fahrten, bevorzugte Behandlung mit Zugang zu Kernzonen	KMP 1.0	JA S. 90	
V1.4	Home-Office	Förderung von einem Homeoffice-Tag pro Woche alle Arbeitgeber		JA S. 91	
V4	Nationale Elektromobilitätsstrategie	Zielvorgabe für 50% Anteil an Fahrzeugkilometern per 2030	vgl. Norwegen	JA S. 92	
V5	Grenzausgleich Treibstoffe	Ausdehnung der CO ₂ -Abgabe auf Treibstoffe. Abgabe von zum Beispiel 240 CHF/t per 2030, d.h. ca. 0.6 CHF/l Benzin. Ab Einführung schrittweise Erhöhung bis 2030		JA S. 94	Siehe auch V1.1 und Kapitel 3.1.4
G9	Wettbewerblichen Ausschreibungen im CO ₂ -Bereich für Gemeinden und Städte sowie weitere Akteure	Analog der Wettbewerblichen Ausschreibungen im Elektrizitätsbereich soll eine Wettbewerbliche Ausschreibung im CO ₂ -Bereich eingerichtet werden, worauf sich Gemeinden und Städte sowie weitere Akteure bewerben können. Die Massnahme profitiert von der Kenntnis der lokalen Akteure. Die Gelder stammen aus der CO ₂ -Abgabe. Siehe Kap. 3.5.3	Einführungszeitraum 2018	JA S. 116	gering bis mittel
Verkehr, weitere Massnahmen ohne vertiefte Prüfung (vgl. Kapitel 3.4.4)					

Tabelle 22: Übersicht zu den Massnahmen im Verkehrsbereich

3.4.2 Wirkung eines Ausbaus bisheriger Massnahmen

Massnahme V1.2	Modalsplit MIV senken (ergänzende Massnahme zu V1.1)
Sektor	Verkehr (1A3)
Art der Massnahme	Förderung / Subvention
Beschreibung	Verstärkte Attraktivierung von ÖV und Langsamverkehr und damit Senkung des Modalsplit-Anteils des MIV um 8 Prozentpunkte bis 2030
Ebene (Bund, Kanton oder Gemeinde/Stadt)	Städte, Kantone und Bund
Gesetz / Grundlage	Siedlungs- und Verkehrsplanung Bund, Kantone, Städte
Wirkung	Diese Massnahme beabsichtigt eine Reduktion der nachgefragten Transportleistung beim Motorisierten Individualverkehr (MIV) zugunsten des Öffentlichen Verkehrs (ÖV) und des Langsamverkehrs. Dabei sind folgende Ansatzpunkte zu beachten: — Im Interesse einer allgemeinen Einschränkung der Mobilitätszunahme sind breite Quersubventionierungen (Verbilligungen) des Öffentlichen Verkehrs kritisch zu betrachten, Punktuelle Anreize zur Motivation zu einem Umsteigen sind denkbar. — Fehlanreize im Steuersystem sind abzuschaffen (Pendlerabzüge MIV). — Da ein Grossteil der MIV-Fahrten unter 3 Kilometern liegt, kommt dem Fuss- und Veloverkehr eine entscheidende Bedeutung zu; Ausbau einer fuss- und velofreundlichen Verkehrsinfrastruktur birgt noch grosses Potenzial (Velo-Abstellplätze, Velo-Schnellrouten) — Planerisch muss auf allen Ebenen (Gemeinden/Städte, Kantone, Bund) die Entwicklung zu autoarmem bzw. autofreiem Wohnen und Arbeiten unterstützt werden. — Trends gerade jüngerer Bevölkerungsgruppen in Städten, ganz auf das eigene Auto zu verzichten, sind aufzugreifen und planerisch zu unterstützen. — Modalsplit-Ziele wurden in vielen Städten als Reaktion auf die UmVerkehrs-Initiative (www.umverkehr.ch) festgesetzt. Entsprechende Zielsetzungen daraus abgeleitete Massnahmenpläne sollten flächendeckend wirksam werden. — Die Agglomerationsprogramme des Bundes fördern bereits heute Schlüsselprojekte; deren Ausrichtung auf einen sinkenden Modalsplit-Anteil des MIV kann noch verstärkt werden kann. (www.are.admin.ch/themen/agglomeration) — Den Städten kommt insgesamt eine Schlüsselrolle zu: Langsamverkehr, Verkehrsplanung/Parkierung, Siedlungsplanung etc. Die Ausführungen zeigen, dass es sich bei V1.2 um ein eigentliches Massnahmenpaket mit Aktivitäten in verschiedenen Politikbereichen und auf verschiedenen politischen Ebenen handelt. Zur Zielsetzung bzw. Wirkung: — Das ARE (2012) prognostiziert eine Abnahme des MIV-Modalsplits von 4 Prozentpunkten zwischen 2010 und 2030. — Mehrere Städte haben für teilweise kürzere Zeiträume stärkere Verschiebungen des Modalsplit als 8%-Punkte gesetzlich verankert (www.umverkehr.ch/staedte-Initiativen) Fazit: Für den Zeithorizont 2030 scheint eine Reduktion des MIV-Anteils um 8%-Punkte bei Ausschöpfung der verschiedenen Ansatzpunkte machbar. Über diesen Zeitpunkt hinaus sind weitere Reduktionen möglich. → Anteil der Personenwagen an der Verkehrsleistung im Personenverkehr wird von heute 75% auf 67% bis 2030 reduziert.

Tabelle 23: Modalsplit MIV senken (V1.2)

Massnahme V2	Neuwagenvorschriften PW												
Sektor	Verkehr (1A3) – Strassenverkehr (1A3b) - Personenwagen												
Art der Massnahme	Vorschrift												
Beschreibung	Der Emissionsgrenzwert der Neuwagenflotte soll per 2023 60 g CO ₂ /km und per 2030 20 g CO ₂ /km betragen.												
Ebene (Bund, Kanton oder Gemeinde/Stadt)	Bund												
Gesetz / Grundlage	Anpassung CO ₂ -Gesetz analog der Zielwerte per 2020 aus der Energiestrategie 2050												
Wirkung	Die THG-Emissionen im Bereich Personenwagen betragen bei «unbeeinflusster» Entwicklung gemäss Baseline-Szenario 6.82 Mio. t CO₂ in 2030. Für die Baseline wird angenommen, dass der durchschnittliche Emissionsgrenzwert von Neuwagen per 2023 95 g CO₂/km und per 2050 50 g CO₂/km beträgt. Daraus ergibt sich ein Wert von ca. 83 g CO₂/km bis 2030 für Neuwagen. Massnahme: Der Emissionsgrenzwert der gesamten Neuwagenflotte soll per 2023 60 g CO₂/km und per 2030 20 g CO₂/km betragen. Andere Annahmen aus dem Baseline-Szenario bleiben unverändert. Die geforderte Änderungsrate pro Jahr beträgt in etwa das Dreifache im Vergleich zum aktuellen Entwicklungspfad (siehe unten). Unter der Annahme, dass die fossil betriebenen Personenwagen (ohne Berücksichtigung von Hybrid) bis 2030 im Flottendurchschnitt der Neuwagen 60 bis 80 g CO₂/km erreichen können, so würde dies bei den Neuwagen bis 2030 einen Anteil Elektro-Fahrzeuge von 67% bis 75% bedingen. Dies bedeutet, dass ausgehend vom Fahrzeugbestand in 2015 jedes Jahr ab 2018 zusätzliche 6% der gesamten Neuwagen eines Jahres elektrisch betrieben werden. Bei den heutigen rund 300'000 Neuwagen pro Jahr wären dies ab 2018 jedes Jahr zusätzliche 18'000 Elektroautos bei den Neuwagen. Da die beschriebene Massnahme ein revidiertes CO₂-Gesetz als Basis benötigt, kann die Wirkung erst ab 2021 verbindlich durchgesetzt werden. Trotzdem kann aber ab 2018 der beschriebene Entwicklungspfad eingeschlagen werden, wenn die Gesetzesänderung frühzeitig beschlossen wird, sich die Bedingungen klar abzeichnen und sich die Fahrzeugimporteure darauf einstellen. Die Auswirkungen zum Stromverbrauch werden in Kapitel 3.10.3 diskutiert. Analog zum heutigen System bleibt es dem Fahrzeugimporteur überlassen, wie der Grenzwert im Flottendurchschnitt erreicht wird. Zur Verdeutlichung einige Beispiele: Die erwähnten Grenzwerte entsprechen in etwa in den folgenden Treibstoffverbräuchen (l/100km): <table><tr><td></td><td>80 g CO₂/km</td><td>70 g CO₂/km</td><td>60 g CO₂/km</td></tr><tr><td>Benzin</td><td>3.4</td><td>3.0</td><td>2.6</td></tr><tr><td>Diesel</td><td>3.1</td><td>2.7</td><td>2.3</td></tr></table> Gemäss Herstellerangaben in TCS (2015) liegen die besten Neuwagen der Mittelklasse heute im Bereich von 80 g CO₂/km. → Berechnung Wirkung: Mit den vorgeschriebenen Neuwagenwerten von 60 g CO₂/km per 2023 und per 20 g CO₂/km per 2030, sowie den Annahmen aus dem Baseline-Szenario (Neuwagenrate von 7%/Jahr und eine mittlere Verweildauer von 14 Jahren im Fahrzeugpark) ergibt sich ein mittlerer Ausstoss von 71 gCO₂/km im Fahrzeugpark per 2030. Dies sind 37% im Vergleich zu 2013. Multipliziert mit den Fahrzeugkilometern gemäss Baseline-Szenario ergeben sich Emissionen von 4.5 Mio. t CO₂eq bei den Personenwagen. (Vgl. Figur 34) → Massnahme bringt (isoliert betrachtet) netto eine Reduktion von 6.1 Mio. t CO₂eq bei den Personenwagen für das Jahr 2030 gegenüber 2013 (-58%). Im Vergleich zum Baseline-Szenario ist dies eine Reduktion von 2.3 Mio. t CO₂eq (-34%)		80 g CO ₂ /km	70 g CO ₂ /km	60 g CO ₂ /km	Benzin	3.4	3.0	2.6	Diesel	3.1	2.7	2.3
	80 g CO ₂ /km	70 g CO ₂ /km	60 g CO ₂ /km										
Benzin	3.4	3.0	2.6										
Diesel	3.1	2.7	2.3										
Beurteilung	Eine erweiterte Beurteilung der Massnahme erfolgt in Tabelle 67												

Tabelle 24: Neuwagenvorschriften (V2)

Massnahme V3	Neuwagenvorschriften Güterverkehr
Sektor	Verkehr (1A3) – Strassenverkehr (1A3b) – Lieferwagen/Lastwagen (LNF/SNF)
Art der Massnahme	Vorschrift
Beschreibung	LNF: Die bestehenden Grenzwerte für Neuwagen aus der Energiestrategie 2050 werden verschärft. Per 2020 120 g CO ₂ /km und per 2030 50 g CO ₂ /km. SNF: Per 2030 ist für die gesamte SNF-Neuwagenflotte ein Wert von 375 g CO ₂ /km vorgeschrieben.
Ebene (Bund, Kanton oder Gemeinde/Stadt)	Bund
Gesetz / Grundlage	Anpassung CO ₂ -Gesetz analog der Zielwerte für Personenwagen per 2020 aus der Energiestrategie 2050. Für LNF sind darin konkrete Grenzwerte bereits heute vorgesehen. Für SNF sind noch keine Vorschriften konkretisiert.
Wirkung	Baseline: Die THG-Emissionen im Bereich Güterverkehr betragen bei «unbeeinflusster» Entwicklung gemäss Baseline-Szenario 0.62 Mio. t CO₂ für Lieferwagen und 1.84 Mio. t CO₂ für Lastwagen. Für die Baseline bei LNF wird angenommen, dass der durchschnittliche Emissionsgrenzwert von Neuwagen nach 10 Jahren dem ganzen Flottendurschnitt entspricht. Bei SNF wurde im Baseline-Szenario eine moderate Absenkrate für die Emissionen von 0.5% pro Jahr angenommen. Wirkung Massnahme V3: LNF: Die Grenzwerte von 120 g CO₂/km und 50 g CO₂/km für Neuwagen entsprechen in 2030 bzw. 2040 jeweils dem gesamten Flottendurchschnitt (gemäss Annahme Baseline-Szenario) Analog zu V2 für Personenwagen, wird offen gelassen, welche Anteile von Elektrofahrzeugen notwendig sind um die Zielwerte zu erreichen. Unter der Annahme, dass der durchschnittliche dieselbetriebene Neuwagen in 2030 100 g CO₂/km (3.8l Diesel/100km) erreicht, wäre ein Anteil von ca. 50% Elektrofahrzeugen bei den Neuwagen notwendig. Gemäss VCS (2015) erreichen die verbrauchsärmsten Lieferwagen heute einen Ausstoss von ca. 100 bis 175 g CO₂/km, abhängig vom Typ (Kastenwagen, Pritschenwagen, Pickup und Minibusse). SNF: Der durchschnittliche Emissionsgrenzwert der Neuwagen beträgt 375 g CO₂/km in 2030. Es wird angenommen, dass dieser Grenzwert bis 2040 dem Flottendurchschnitt aller Fahrzeuge entspricht. Bei der Ausgestaltung der Vorschrift, welche die Fahrzeugimporteure betrifft, muss ein klar definierter Testzyklus für die Fahrzeuge, welcher die Strassenbedingungen und eine mittlere Nutzlast berücksichtigt, implementiert werden. (Weitere Hinweise zur Machbarkeit im Anschluss an die Tabelle.) Da die beschriebene Massnahme ein revidiertes CO₂-Gesetz als Basis benötigt, kann die Wirkung erst ab 2021 verbindlich durchgesetzt werden. Trotzdem kann aber ab 2018 der beschriebene Entwicklungspfad eingeschlagen werden, wenn die Gesetzesänderung frühzeitig beschlossen wird, sich die Bedingungen klar abzeichnen und sich die Fahrzeugimporteure darauf einstellen. → Berechnung Wirkung (Annahmen): Bei LNF entspricht der Grenzwert von 120 g CO₂/km für Neuwagen in 2020 bis 2030 dem Flottendurchschnitt aller Fahrzeuge. Bei den SNF wird angenommen, dass der Grenzwert von 2030 (375 g CO₂/km) bis 2040 den Flottendurchschnitt entspricht. Durch diesen Absenkpfad erreicht die gesamte Flotte per 2030 einen Wert von knapp 500 g CO₂/km. → Massnahme bringt netto eine Reduktion von 0.7 Mio. t CO₂eq beim Güterverkehr (LNF: -0.4; SNF: -0.3) für das Jahr 2030 gegenüber 2013 (-28%). Im Vergleich zum Baseline-Szenario ist dies eine Reduktion von 0.6 Mio. t CO₂eq (-24%)
Beurteilung	Eine erweiterte Beurteilung der Massnahme erfolgt in Tabelle 68 Seite 149

Tabelle 25: Neuwagenvorschriften Güterverkehr (V3)

Ergänzungen zu Emissionen schwerer Nutzfahrzeuge: Die verbrauchsärmsten Lastwagen verbrauchen heute mit einer mittleren Nutzlast von rund 25t etwas über 500 g CO₂/km. Der Flottendurchschnitt lag in 2013 bei ca. 750 g CO₂/km. Analog zu den Personenwagen wird angenommen, dass die fossil-betriebene Neuwagenflotte im Durchschnitt in etwa die heutige best-practice von rund 500 g CO₂/km bis 2030 erreichen kann. Damit

der Grenzwert von 375 g CO₂/km eingehalten werden kann, müssen rund 25% der Fahrzeuge respektive Fahrzeugkilometer ohne Emissionen erbracht werden. Dies können die Fahrzeugimporteure durch elektrisch- oder Wasserstoff-betriebene Fahrzeuge erreichen. Zum Beispiel hat Coop bereits konkrete Pläne, Teile seiner Fahrzeugflotte auf den Betrieb mit Wasserstoff ausrichten. Die Importeure müssen auch die Möglichkeit haben andere Reduktionsleistungen, wie zum Beispiel die Unterstützung von Verlagerungsprojekten auf die Schiene, anrechnen zu können.

Beim Transitverkehr durch die Schweiz ist es wichtig die Vorschriften und deren Anwendung mit der EU abzustimmen. Auch die systematische Verlagerung auf die Schiene muss bei internationalen Verhandlungen eingebunden werden.

Ja nach dem wie die Vorgaben der EU ausfallen, kann die Schweiz diese im Idealfall übernehmen und gezielt verstärken. Falls die Massnahmen der EU zu wenig weit gehen, muss die Schweiz zumindest teilweise einen eigenen Weg gehen.

Massnahme V6	Erhöhung Anteil alternative, erneuerbare Treibstoffe
Sektor	Verkehr (1A3)
Art der Massnahme	Vorschrift
Beschreibung	Anteil erneuerbare Treibstoffe muss 20% betragen per 2030
Ebene (Bund, Kanton oder Gemeinde/Stadt)	Bund, Treibstoffimporteure
Gesetz / Grundlage	CO ₂ -Gesetz / Mineralölsteuergesetz
Wirkung	Power-to-gas (Power-to-X): Ein entscheidender Beitrag für den 20% Anteil an erneuerbaren Treibstoffen kann durch erneuerbar hergestellten Wasserstoff erbracht werden. Dies kann zum Beispiel durch konzentrierte Sonnenenergie oder durch Elektrolyse mit erneuerbarem Überschussstrom gemacht werden. Zum Beispiel plant Coop eine erste öffentliche Wasserstofftankstelle und will Teile seiner Fahrzeugflotte auf den Betrieb mit Wasserstoff ausrichten⁶⁵. Der Wasserstoff soll aus Schweizer Wasserkraft hergestellt werden. Dies ist zwar im Pilotprojekt eher Bandenergie als Überschussstrom, aber dies könnte bei einer breiteren Anwendung geändert werden. Wasserstoff kann in bestimmten Anteilen auch ins Gasnetz eingespeist werden, bei einer Methanisierung des Wasserstoffes kann das Gasnetz unbegrenzt als Transport- und zudem als Speicher dienen. Auch weitere Prozesse wie Power-to-liquid (synthetische Flüssigtreibstoffe) sind denkbar. Biotreibstoffe: Beim Ersatz von fossilen Treibstoffen durch Biotreibstoffe, kann ein Biotreibstoffanteil von bis zu 20% per 2030 als realistisch betrachtet werden. BFE/Prognos (2012) geht im NEP-Szenario von einem Anteil von 33% per 2030 (bei insgesamt höherem Treibstoffverbrauch) aus. Aufgrund der politischen Diskussionen um die Nachhaltigkeit von Biotreibstoffen ist eine konservative Annahme sinnvoll. In der Schweiz müssen Biotreibstoffe, die bei der Herstellung Treibhausgase emittieren, eine Treibhausgaseinsparung von mindestens 40% bewirken. In der EU muss per 2018 mindestens ein Wert von 60% erreicht werden (BFE/Prognos, 2012). Dies kann nur von Biotreibstoffen der zweiten Generation, welche erst in den kommenden Jahren nennenswerte Produktionskapazitäten aufweisen werden, geleistet werden. Für die Berechnung des Einsparpotentials wird eine THG-Einsparung von 50% angenommen. Für die Umsetzung gibt es verschiedene Varianten. Einerseits existieren bereits freiwillige Initiativen wie obiges Beispiel zeigt. Andererseits ist es schwieriger die Treibstoffverbraucher zur Nutzung von alternativen Treibstoffen zu verpflichten. Es wäre einfacher die Fahrzeug- oder Treibstoffimporteure dazu zu verpflichten, bzw. Anreize dafür zu setzen. Gemäss gültigem CO₂-Gesetz müssen die Treibstoffimporteure bis 2020 schrittweise bis 10% der durch den Verbrauch des importierten Treibstoffs entstehenden CO₂-Emissionen kompensieren (siehe Kapitel 2.4). Bereits heute gibt es zwei Projekte/Programme für die Produktion von Biodiesel und Bioethanol, welche durch die Stiftung Klimaschutz und CO₂-Kompensation KliK gefördert werden. Als zusätzliche Möglichkeit bietet sich die Anrechnung von alternativen Treibstoffen bei den Importvorschriften für Neuwagen. Die Fahrzeugimporteure könnten sich dazu verpflichten eine gewisse Menge erneuerbare Treibstoffe in den Verkehr zu bringen. Im Gegenzug könnten sie sich die Reduktion auf die Importvorschriften der Neuwagen anrechnen lassen. Dies wäre dann eine flankierende Massnahme für die Importvorschriften. Für die Umsetzung sollte eine separate Regelung für den Anteil erneuerbarer Treibstoffe (Analog zu Direktiven in der EU) prioritär weiterverfolgt werden. → Massnahme bringt eine Reduktion von 10% bei den verbleibenden Emissionen des Verkehrs (in Kaskade nach allen anderen Massnahmen) für das Jahr 2030. Unter der (theoretischen) Annahme, dass nur diese Massnahme (isoliert) umgesetzt würde, resultiert (ausgehend von 2013) eine Reduktion um 1.6 Mio. t CO₂eq im Vergleich zu 2013 (-10%).
Beurteilung	Eine erweiterte Beurteilung der Massnahme erfolgt in Tabelle 71 Seite 151

Tabelle 26: Anteil alternative, erneuerbare Treibstoffe (V6)

⁶⁵ ebenda

3.4.3 Wirkung neuer Massnahmen

Massnahme V1.1	Leistungsabhängige Verkehrsabgabe Personenwagen (LVPW)
Sektor	Verkehr (1A3)
Art der Massnahme	Vorschrift, Abgabe
Beschreibung	Leistungsabhängige Verkehrsabgabe für Personenwagen zur Steuerung der Verkehrsnachfrage und zur Finanzierung der Verkehrsinfrastruktur
Ebene (Bund, Kanton oder Gemeinde/Stadt)	Bund
Gesetz / Grundlage	Neue gesetzliche Grundlagen nötig.
Wirkung	Der Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 (MKK2030) soll insgesamt den CO₂-Ausstoss von Personenwagen bis 2030 um 83% gegenüber 2013 senken. Vor dem Hintergrund dieser massiven Reduktion verfolgt die Einführung einer neuen, leistungsabhängigen Verkehrsabgabe für Personenwagen hauptsächlich zwei Ziele: 1. Nachfragereduktion: Eine Reduktion der Fahrzeugkilometer von Personenwagen auf das Niveau vor 2000 ist eine zentrale Voraussetzung für die Machbarkeit der starken THG-Absenkung. Die LVPW leisten einen Hauptbeitrag. 2. Finanzierung Infrastruktur: Mit der Reduktion der CO₂-Emissionen verbunden ist auch ein weitgehender Wegfall der Einnahmen aus Mineralölsteuer und Mineralölsteuerzuschlag. Mit der Deckung der Finanzierungslücke wird Akzeptanz für den Massnahmenkatalog im Verkehrsbereich geschaffen. Nachfragewirkung: — Erfahrungen liegen aus verschiedenen Städten vor, die regional begrenzte Road-Pricing-Massnahmen eingeführt haben (Bsp. Stockholm: Reduktion um 15 bis 20t) oder Modellrechnungen (Ecoplan/Modus, 2012, für die Region Bern: Reduktion um 18% bis 27%). — Die Ausgestaltung der LVPW soll Gesamtnachfrage im Personenverkehr bis 2030 um 15% reduzieren und damit die Nachfragewirkung des Bevölkerungswachstums kompensieren. — Die Ausgestaltung der LVPW soll zudem die Senkung des Modalsplit-Anteils des MIV unterstützen (Massnahme V1.2) und einen Beitrag zu erhöhten Fahrzeugbesetzung leisten (V1.3) — Weitere Kriterien wie die Berücksichtigung des Fahrzeugtyps (Antrieb, Leistung, Gewicht etc.) können energie-, klima- und umweltpolitisch begründete Ziele unterstützen (vgl. V4). — Eine LVPW ist grundsätzlich auch geeignet, eine zeit- und streckenabhängige Kapazitätssteuerung zu unterstützen, die Anwendung steht jedoch hier nicht im Vordergrund. — Mit einer Abgabe in der Grössenordnung von 11 Rappen/km (vgl. unten) entsteht gegenüber dem aktuellen System der Mineralölsteuer eine höhere Lenkungswirkung Finanzierungswirkung: — Der Ertrag von Mineralölsteuer und Mineralölsteuer-Zuschlag von rund 5 Mrd. Franken (2009) bei 75-80 Rappen/Liter Treibstoff kann mit einer Abgabe von durchschnittlich rund 11 Rappen/Kilometer ersetzt werden. (Ertragsneutral bei angestrebten 44 Mrd. Fahrzeugkilometer 2030; aktuelle Steuerbelastung ca. 4-8 Rp./km bei einem Verbrauch von 5 bzw. 10l/100 km). — Falls aus Lenkungssicht höhere Abgaben pro Kilometer erforderlich sind als fiskal notwendig, kann ein Lenkungsanteil analog zur CO₂-Abgabe rückerstattet werden. Weitere Hinweise: — Mit dem Ersatz der Mineralölsteuer kann für den noch verbleibenden Verbrauch fossiler Treibstoffe unabhängig von fiskalischen Überlegungen ein Grenzausgleichsmechanismus eingeführt werden (vgl. Massnahmen V5). — Der Zeitpunkt eines Systemwechsels wurde nicht untersucht, idealerweise wirkt das System spätestens ab 2021, parallel mit dem neuem CO₂-Gesetz. — Der Einbezug leichter Nutzfahrzeuge bzw. die Abgrenzung zur LSVA ist zu klären. — Neben Klimawirkung weitere positive Effekte bei Lärm, Luftqualität, Flächenverbrauch. → Gesamtwirkung mit V1.2, (Modalsplit), V1.3 (Fahrzeugbesetzung) und V1.4 (Home office) beruht auf der Reduktion der Nachfrage auf ca. 44 Mrd. PW-Fahrzeugkilometer per 2030. → Massnahme bringt netto (zusammen mit V1.2 bis V1.4) eine Reduktion von 5.8 Mio. t CO₂eq (-55%) für das Jahr 2030 gegenüber 2013. Im Vergleich zur Baseline ist dies eine Reduktion um 2.0 Mio. t CO₂eq (-29%).
Beurteilung	Eine erweiterte Beurteilung der Massnahme erfolgt in Tabelle 71 Seite 151

Tabelle 27: Leistungsabhängige Verkehrsabgabe Personenwagen (V1.1)

Massnahme V1.3	Auslastung Personenwagen erhöhen (ergänzende Massnahme zu V1.1)
Sektor	Verkehr (1A3)
Art der Massnahme	Förderung / Subvention / Sensibilisierung
Beschreibung	Höhere Auslastung der Personenwagen durch Mitfahrzentralen, Haltestellen- und Sicherheitskonzept für gemeinsame Fahrten, bevorzugte Behandlung mit Zugang zu Kernzonen.
Ebene (Bund, Kanton oder Gemeinde/Stadt)	Städte, Kantone
Gesetz / Grundlage	Verkehrsplanung der Städte
Wirkung	Diese Massnahmen beabsichtigen den Besetzungsgrad von Personenwagen von heute 1.6 auf 1.8 (+12.5%) zu ändern bis 2030. Dies führt zu einer Verringerung der notwendigen Fahrzeugkilometer von -11%. Shared Mobility Konzepte können einen erheblichen Einfluss auf die durchschnittliche Auslastung von Personenwagen haben. Dadurch können Verkehrsteilnehmer dazu gebracht werden, auf ein eigenes Fahrzeug zu verzichten und/oder Fahrzeuge zusammen mit anderen zu nutzen. Generell kommt den Städten bei der Umsetzung eine wichtige Bedeutung zu. In den Städten, wo das Verkehrsaufkommen am grössten haben Konzepte zur erhöhten Auslastung von Personenwagen und für den Verzicht auf ein eigenes Auto nicht nur einen besonders hohen Nutzen, sie haben auch besonders gute Erfolgsvoraussetzungen. Insbesondere durch Partnerschaften mit ansässigen Unternehmen und bei der öffentlichen Verwaltung können Initiativen für Verkehrsentlastungen und bessere Auslastungen von Fahrzeugen durchgeführt werden. Häufig sind auch Kombinationen mit der Steuerung des Parkplatzangebotes und entsprechende Unterstützungen von Unternehmen erfolgsentscheidend (Plattformen für Fahrgemeinschaften, Parkplatzbewirtschaftung, Fahrzeugauslastung als Teil von Fahrtenmodellen und Mobilitätskonzepten). Auch für ländliche Regionen können shared mobility Ansätze grosse Potenziale aufweisen, allenfalls auch in enger Abstimmung mit dem ÖV oder als Alternative zu einem teuren ÖV-Ausbau (vgl. Pilotversuch des Verkehrsverbund Luzern (http://www.vvl.ch/fachinformationen/taxito/)). Beispiele von Massnahmen bei Unternehmen: Parkplatzbewirtschaftung und Förderungen von alternativen Angeboten, Plattformen für Fahrgemeinschaften und car sharing Angebote, etc. In der Arbeit von RAPP (2001) wurden folgende Massnahmen zur Erhöhung des Besetzungsgrads identifiziert und für eine vertiefte Beurteilung ausgewählt: (1) Bevorzugte Fahrstreifen, (2) Generelle Verteuerung MIV, (3) organisierter Autostopp, (4) Differenzierte Zutritts- und Fahrbeschränkungen und (5) Differenziertes Road Pricing. Da diese Massnahmen vor allem im Stadt- und Agglomerationsverkehr mit vernünftigem Aufwand realisierbar sind, muss dort eine Steigerung der Auslastung um ca. 20% möglich sein. Die ist notwendig, damit die eine flächendeckende Wirkung von 12.5% erreicht werden kann. Insbesondere eine flächendeckende leistungsabhängige Verkehrsabgabe Personenwagen (siehe V1.1) führt neben einer allgemein gedämpften Nachfrage vor allem bei den kurzen Distanzen im Berufsverkehr zu zusätzlichen Anreizen die Auslastung der Fahrzeugen zu steigern. → Die Netto-Wirkung dieser Massnahme wird zusammen mit V1.1 bis V1.4 gebündelt und bei V1.1 ausgewiesen. (vgl. Tabelle 27 Seite 89)

Tabelle 28: Auslastung Personenwagen (V1.3)

Massnahme V1.4	Home Office (ergänzende Massnahme zu V1.1)
Sektor	Verkehr (1A3)
Art der Massnahme	Förderung / Subvention / Sensibilisierung
Beschreibung	Förderung von einem Homeoffice-Tag pro Woche durch staatliche und andere Arbeitgeber
Ebene (Bund, Kanton oder Gemeinde/Stadt)	Städte, Kantone und Bund
Gesetz / Grundlage	
Wirkung	Die gezielte Förderung von Homeoffice, vor allem im Dienstleistungssektor, unterstützt die Massnahmen V1.1-3 im Bereich der nachgefragten Transportleistung und der anvisierten Reduktion um 15%. Öffentliche Arbeitgeber auf allen Ebenen (Gemeinde, Kanton, Bund) sowie Unternehmen können mit der gezielten Förderung von Homeoffice zur Reduktion der notwendigen Fahrten beitragen. Wirtschaftlichen Vorteilen (geringerer Bedarf an Büroarbeitsflächen bei konsequentem Desksharing) und Vorteilen im privaten Umfeld (Zeitgewinn und Kosteneinsparung durch wegfallenden Arbeitsweg) stehen auch potenzielle Nachteile gegenüber (fehlende soziale Integration am Arbeitsplatz, Isolation), die sorgfältig abzuwägen sind. → Die Netto-Wirkung dieser Massnahme wird zusammen mit V1.1 bis V1.4 gebündelt und bei V1.1 ausgewiesen. (vgl. Tabelle 27 Seite 89)

Tabelle 29: Home Office (V1.4)

Massnahme V4	Nationale Elektromobilitätsstrategie im Strassenverkehr (mit Fokus auf PW)
Sektor	Verkehr (1A3) – Strassenverkehr (1A3b) - Personenwagen
Art der Massnahme	Förderung/Subvention
Beschreibung	Zielvorgabe für 50% Anteil an geleisteten Fahrzeugkilometern im Strassenverkehr per 2030
Ebene (Bund, Kanton oder Gemeinde/Stadt)	Bund / Kantone / Städte
Gesetz / Grundlage	Neue gesetzliche Grundlagen nötig
Wirkung	Die in Kapitel 3.4.1 ab Seite 79 geschilderte Zielsetzung, bis 2030 rund 50% der PW-Fahrten mit Elektrofahrzeugen zu bewältigen, erfordert ein breites Gesamtkonzept mit verschiedenen Ansatzpunkten. Die bisher genannten Hauptelemente sind: — Massnahme V2: Importvorschriften für den CO₂-Ausstoss der PW-Neuwagenflotte — Massnahme V1.1: Leistungsabhängige Verkehrsabgabe für Personenwagen (LVPW), mit der Möglichkeit einer Differenzierung nach Fahrzeugtyp Der grösste Hebel für die Zielerreichung liegt bei den Importvorschriften (V2). Eine LVPW (V1.1) kann jedoch flankierend wirken und unerwünschte Nebeneffekte wie beispielsweise den Einsatz sehr schwerer und ineffizienter Elektro-Fahrzeuge vermindern oder sicherstellen, dass die vorhandenen Elektrofahrzeuge auch effektiv einen mindestens durchschnittlichen Anteil an den Fahrzeug-Kilometern leisten. Der hier diskutierten Massnahme einer nationalen E-Mobilitätsstrategie (V4) kommt ebenfalls flankierende Wirkung zu. Die Erfahrungen von Norwegen, wo aufgrund einer massiven Förderung bereits jeder fünfte Neuwagen ein Elektroauto ist.⁶⁶, können hilfreich sein, weisen aber auch problematische Aspekte auf. So sind indirekte oder direkte Subventionen wie steuerliche Vorteile, Förderbeiträge bei Neuwagenkauf oder Erlass der Autobahngebühren in einer frühen Phase vielleicht wirksam, sind jedoch auf mittlere und lange Sicht teuer und grundsätzlich mobilitätsfördernde Fehlanreize. Dasselbe gilt für Privilegien wie den Erlass von Parkgebühren die Benutzung von Bus- oder Taxispuren, die sich im Erfolgsfall nicht aufrecht halten lassen. Langfristig weniger problematisch sind umgekehrt Benachteiligungen der klimabelastenden Fahrzeuge, beispielsweise durch Zufahrtsbeschränkungen in Kernzonen oder ein stark limitiertes Parkplatzangebot. Hauptpfeiler der flankierenden Elektromobilitätsstrategie sind somit: — Unterstützung beim Aufbau einer flächendeckenden Ladeinfrastruktur — Unterstützung bei der Normierung von Ladevorrichtungen — Abbau von technischen und anderen Handelshemmnissen — Vernetzung lokaler und regionale Aktivitäten (vgl. z.B. E-Mobilitätsstrategie Kanton GR) — Sicherstellen, dass durch Energieeffizienz und den Zubau erneuerbarer Energien die E-Mobilität auch über das Jahr 2030 hinaus mit erneuerbarem Strom gewährleistet ist. Die Auswirkungen auf den Stromverbrauch werden per 2030 auf zusätzliche rund 4.5 TWh oder 7.5% des aktuellen Verbrauchs geschätzt. Die Annahmen dazu werden in Kapitel 3.10.3 diskutiert. Es bleibt zu beachten, dass Elektrofahrzeuge in einer Lebenszyklusanalyse unter Berücksichtigung von grauer Energie und Umweltbelastung nicht in jedem Szenario besser abschneiden als effiziente Diesel- oder Benzin-Fahrzeuge (Frisknecht, 2012). Zur notwendigen Umbaurate der Personenwagenflotte vgl. Diskussion im Anschluss an die vorliegende Tabelle. → Massnahme bringt theoretisch und isoliert betrachtet eine Reduktion von 7.8 Mio. t CO₂eq (-73%) beim Strassenverkehr für das Jahr 2030 gegenüber 2013. Im Vergleich zum Baseline-Szenario ist dies eine Reduktion von 4.0 Mio.t CO₂eq (-58%). Es bleibt zu beachten, dass sich die Wirkung dieser Massnahme nur schwer von derer bei V2 trennen lässt. Die beiden Massnahmen unterstützen einander gegenseitig bei der Zielerreichung.
Beurteilung	Eine erweiterte Beurteilung der Massnahme erfolgt in Tabelle 69 Seite 150

Tabelle 30: Nationale Elektromobilitätsstrategie im Strassenverkehr (V4)

⁶⁶ <http://www.tagesanzeiger.ch/wirtschaft/norwegens-liebe-zum-elektroauto/story/25958528> [12.10.2015]

Hinweise zur Neuwagenrate

Damit 50% der PW-Fahrleistung im Jahr 2030 elektrisch erbracht werden kann, ist eine schnelle Umschichtung der Fahrzeugstruktur erforderlich. Es wird angenommen, dass die Elektro-Fahrzeuge durchschnittliche Fahrleistungen pro Jahr erbringen. Folglich sind 50% der Fahrzeuge bis 2030 elektrisch zu betreiben. Dazu ist eine minimale Neuwagenrate (in % des Vorjahres-Bestandes) erforderlich, die ausgehend von aktuell knapp über 7% ab 2018 bis 2025 (annahmegemäss) schrittweise auf 9.5% pro Jahr ansteigt. Zu beachten ist, dass die Ersatzrate bereits in 2011 und 2012 auf rund 8% und zwischen 1990 und 2000 bei rund 9% lag. Der Ausgangswert von 7%, welcher auch bei Massnahme V2 verwendet wird, ist somit konservativ gewählt. Eine schrittweise gesteigerte Rate von 9.5% bis 2025 scheint deshalb erreichbar zu sein, ohne volkswirtschaftlich oder allenfalls auch ökologisch fragliche «frühzeitige» Ausserbetriebssetzungen vorauszusetzen. Die notwendige Steigerung kann sich alleine aus der Marktdynamik ergeben oder punktuell auch durch Abwrackprämien für die ältesten und «schmutzigsten» Fahrzeuge unterstützt werden, wie sie in einigen Gemeinden und Städten bereits heute von regionalen Energieversorgern angeboten werden⁶⁷. Nicht zu unterschätzen ist auch ein möglicher «Tesla-Effekt», das heisst, dass sich die Konsumtrends zugunsten von Elektromobilen verschieben und keine zusätzlichen Anreize nötig sind. Wenn diese angenommene Neuwagenrate nicht erreicht werden kann, sind zur Zielerreichung andere Parameter wichtiger: Ein schnellerer Anstieg des Anteils Elektrofahrzeuge bei den Neuwagen, eine schnellere Absenkung der CO₂-Werte bei fossil betriebenen Neuwagen oder ein überdurchschnittlicher Anteil der Fahrleistung durch Elektromobile können die Wirkung einer tieferen Neuwagenrate kompensieren.

Falls beispielsweise Car-Sharing weiterhin deutlich an Bedeutung gewinnt und die Anbieter überdurchschnittlich auf Elektrofahrzeuge setzen, so kann das Ziel der 50% elektrisch gefahrenen Fahrzeugkilometer auch mit einem weniger schnellen Umbau des PW-Parks erreicht werden, da die Car-Sharing-Fahrzeuge überdurchschnittliche Fahrleistungen pro Jahr erbringen und die Flotte schneller erneuert wird (Mobility erreichte gemäss Firmenangaben 2014 bei den Neuwagen einen mittleren Ausstoss von 95g/km gegenüber 145g im CH-Durchschnitt⁶⁸).

⁶⁷ <https://co2tieferlegen.ch/de-CH/foerdergelder>

⁶⁸ Mobility.ch, Geschäftsbericht 2014

Massnahme V5	Grenzausgleich Treibstoffe
Sektor	Verkehr (1A3)
Art der Massnahme	Lenkungsabgabe/Steuer
Beschreibung	Wenn gemäss MKK2030 bis 2030 die Mineralölsteuer zur Strassenfinanzierung durch eine leistungsabhängige Verkehrsabgabe (LVPW, vgl. Massnahmen V1.1) ersetzt wird, bleibt eine Abgabe auf den fossilen Treibstoffen notwendig, um primär den Tanktourismus in beide Richtungen zu verhindern. Ausgestaltung die CO ₂ -Abgabe als rückvergütbare Lenkungsabgabe.
Ebene (Bund, Kanton oder Gemeinde/Stadt)	Bund
Gesetz / Grundlage	Revidiertes CO ₂ -Gesetz
Wirkung	Da die Höhe der Abgabe primär so bemessen wird, dass der absolute Zapfsäulenpreis mit dem umliegenden Ausland auf einem ähnlichen Niveau liegt, ist die Lenkungswirkung voraussichtlich relativ gering. Trotzdem ist deren Wirkung anstelle der heutigen, ebenfalls verbrauchsabhängigen Mineralölsteuer wichtig, um für die gesamte Reduktion der Fahrzeugkilometer und die Erhöhung des Anteils Elektromobilität die heutigen Anreize beizubehalten. → Dieser Massnahme wird keine separate Wirkung zugewiesen, da sie flankierend zu allen anderen Massnahmen wirkt.
Beurteilung	Eine erweiterte Beurteilung der Massnahme erfolgt in Tabelle 70 Seite 150

Tabelle 31: Grenzausgleich Treibstoffe (V5)

3.4.4 Weitere mögliche Massnahmen ohne Wirkungsabschätzung und ohne Aufnahme in den Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030

Hier sind Massnahmen aufgeführt, welche mit den in den MKK2030 aufgenommenen Massnahmen überlappend sind und eine alternative Option darstellen oder welche eine geringe Wirkung aufweisen und aufgrund dessen nicht genauer geprüft wurden und nicht in den Absenkpfad des MKK2030 aufgenommen.

Massnahme	Stichworte zur konkreten Ausgestaltung und möglicher Wirkung
LSVA-Erhöhung	Schrittweise Erhöhung LSVA, bis 5 Rp./tkm
LSVA für LNF (<3.5t)	Einführung einer LSVA für Transportfahrzeuge unter 3.5t
Energie Schweiz	Massnahmenpakete weiterführen bis 2030 Wirkungen können schwer von denen anderer Massnahmen unterschieden werden
Verkehrsarme Siedlungsstrukturen	Verdichtungsbonus gewährt höhere Anteile an Geschäftsräumen oder höhere Ausnutzungsziffer, falls die Überbauung selber wenige Verkehr generiert und ideal an ÖV angebunden ist. Auszonung von Flächen mit schlechter ÖV-Anbindung, Neunutzung von Industriebrachen.
Anpassung Normverbrauchsmessung	Anpassung der Normverbrauchsmessung unter Einbezug des Ausstattungsgrades, über EU-weite Anpassung
Anhebung PKW-Importsteuer	Importsteuer wird von 4% des Wertes schrittweise auf 50% angehoben, wobei verbrauchsintensive Fahrzeuge besonders stark belastet werden, vgl. Dänemark.
Verschrottungsprämie	Temporäre Verschrottungsprämie für ineffiziente Fahrzeuge, die vor einem bestimmten Jahr in Verkehr gebracht wurden.
Förderung Carsharing	Spezialangebote von Gemeinden und SBB bezgl. Parkplatzvergabe; Informationskampagnen; für Verkauf/Verschrottung PKW 5 Jahre Grundgebühr bei Carsharing
Treibstoffbezüge an Firmentankstellen	Treibstoffbezüge an Firmentankstellen zu vergünstigten Konditionen müssen als Einkommen deklariert werden.

Massnahme	Stichworte zur konkreten Ausgestaltung und möglicher Wirkung
Verbrauchsabhängige Geschäfts-fahrzeugbesteuerung	Geschäftsfahrzeuge, welche teilweise oder ganz der privaten Nutzung dienen, müssen als Einkommen deklariert werden.
Alpentransitbörse	Durchfahrtsrechte werden auktioniert, um Verlagerungsziel von maximal 650'000 Transitfahrten zu erreichen
Generelle Geschwindigkeitsreduktion	Reduktion der Maximalgeschwindigkeit; Zeitvorteil ÖV steigt
Stabilisierung Verkehrsflächen	Netto kein Neu- oder Ausbau von Verkehrsflächen

Tabelle 32: Verkehr, weitere Massnahmen ohne vertiefte Prüfung

3.4.5 Gesamtwirkung der Schlüsselmassnahmen im Bereich Verkehr

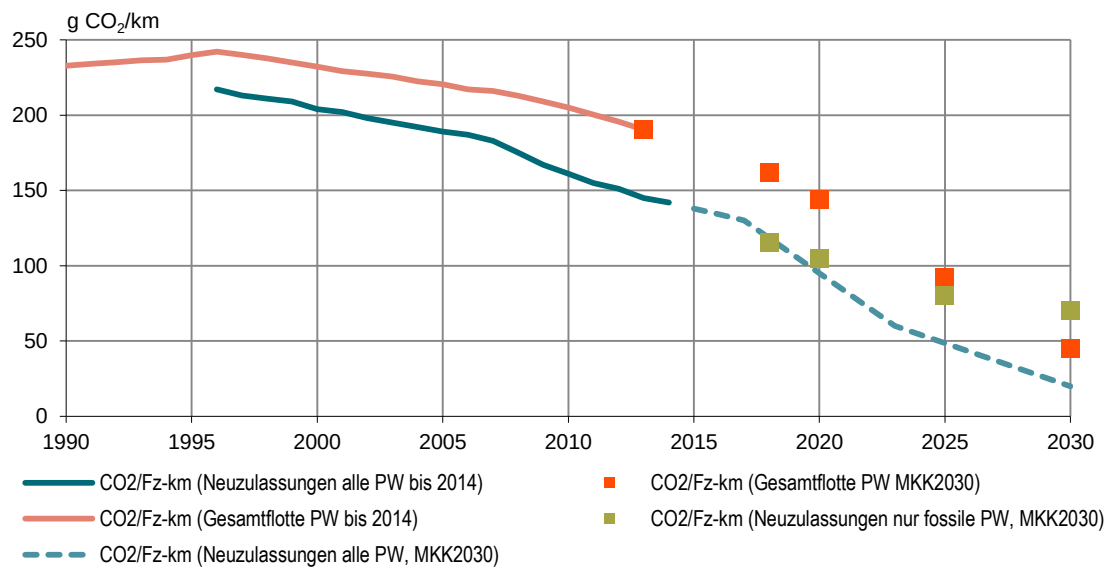
Absenkpfad und Auswirkungen der Massnahmen im Bereich Personenwagen

Untenstehende Tabelle zeigt den Absenkpfad und die Auswirkungen verschiedener Parameter in Bezug auf alle Schlüsselmassnahmen im Bereich Personenwagen (V1, V2 und V4).

	2013	2018	2020	2025	2030
Fahrzeugkilometer Personenwagen [Mrd. km]	54.9	52.5	49.8	47.0	44.2
Gesamte Fahrzeugflotte – alle [g CO ₂ /km]	190	162	144	92	45
Gesamte Fahrzeugflotte – Fossil [g CO ₂ /km]	190	164	152	115	90
Gesamte Fahrzeugflotte – Elektro [g CO ₂ /km]	0	0	0	0	0
Fahrzeugkilometer Elektro [%] ~= Anteil Elektrofz.	0%	1%	5%	20%	50%
Ersatz Fahrzeugpark pro Jahr [%]	7%	8%	8.5%	9.5%	9.5%
Neuwagenflotte Emissionsgrenzwert [g CO ₂ /km]	130	...	95	(50)	20
Neuwagenflotte fossil [g CO ₂ /km]	130	115	105	80	60-80
Neuwagen fossil best-practice [g CO ₂ /km]	80	75	70	60	50
Anteil Elektro an Neuwagenflotte [%]	~0%	6%	15%	45%	75%
Anteil Elektro an Gesamtflotte [%]	1%	2%	4%	20%	50%

Tabelle 33: Absenkpfad und Auswirkungen der Massnahmen im Bereich Personenwagen gemäss Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 (MKK2030)

Die in Tabelle 33 dargestellten Annahmen stellen einen möglichen Pfad unter anderen dar. Das grundsätzliche Ziel, die THG-Emissionen der Personenwagen von knapp 11 Mio. t CO₂eq im Jahr 2013 auf weniger als 2 Mio. t. zu senken, kann auch mit anderen Kombinationen der massgeblichen Parameter erreicht werden (vgl. z.B. Hinweise Seite 93).



econcept

Figur 34: Spezifischer CO₂-Ausstoss von neuen Personenwagen (PW) pro Fahrzeugkilometer; historisch und gemäss Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 (MKK2030).

Wirkung der Massnahmen auf verkehrsrelevante Faktoren

Die folgende Zusammenstellung zeigt welche Massnahmen auf welche verkehrsbestimmenden Faktoren wirken:

Faktor	V1 Mobility Pricing	V2 PW CO ₂ /km	V3 GV CO ₂ /km	V4 Elektro- Mobil.	V5 Grenzaus- gleich Treibstoffe	V6 Alternative Treibstoffe
Nachfrage Verkehrsleistung						
Personenkilometer	X				X	
Fahrzeugkilometer	X				X	
Besetzungsgrad	X				X	
Erbringung Verkehrsleistung						
CO ₂ -Ausstoss		X	X	X		X
Modalsplit (ÖV/MIV)	X				X	

Tabelle 34: Zusammenstellung des Wirkungsbereichs der Massnahmen auf die verkehrsbestimmenden Faktoren

Die Wirkung der beschriebenen Schlüsselmassnahmen V1 bis V6 entspricht nicht der Summe der erwähnten Einzelwirkungen. Massnahmen sind voneinander abhängig und beeinflussen einander. Als einfaches Beispiel dienen Massnahmen V2 (Emissionsvorschriften PW) und V4 (Elektromobilitätsstrategie). Während V4 durch Förderung und Subventionierung einen gewissen Anteil an Elektro-Fahrzeugen erreicht, so führen anspruchsvolle Zielwerte bei V2 automatisch auch zu einem erhöhten Anteil von Elektrofahrzeugen. Wie gross ist nun die kombinierte Wirkung der zwei Massnahmen?

Die folgende Zusammenstellung zeigt die Gesamtwirkung der Massnahmen im Bereich Verkehr anhand einer Kaskade und den Wirkungsanteilen (falls quantifizierbar). Als Ausgangswert dient die Wirkung des Baseline-Szenarios (bezeichnet als V0), welches vor allem durch Neuwagen Vorschriften für Personenwagen wirkt. Dazu wird folgende Annahme getroffen: Gemäss aktuellem Treibhausgasinventar (BAFU, 2015f) betragen die Emissionen der Kategorie «Tanktourismus und statistische Differenzen» (innerhalb des Strassenverkehrs) zwischen 2011 und 2013 rund 1.9 Mio. t CO₂eq. Gemäss BAFU, 2015e stammt dieser Wert zum grössten Teil aus der Verkehrsmodellierung und dem Vergleich zur Gesamtenergiestatistik des Bundes. Der Anteil des Tanktourismus ist klein und wird unter dem hier gezeigten Entwicklungspfad zunehmend an Bedeutung verlieren. Es wird angenommen, dass sich die Höhe der statistischen Differenz proportional zu den Emissionen im Strassenverkehr entwickelt und per 2030 noch ca. 0.6 Mio. t CO₂eq beträgt.

	Ausgangswert 2013 [Mio. t CO ₂ eq] aus Bereich	Wirkung [%] geg. 2013	Absolute Wirkung in Mio. t CO ₂ eq geg. 2013	Wirkung geg. Baseli- ne
V0 Baseline-Wirkung (Neuwagenvorschriften)	Personenwagen (10.7)	-36%	-3.8	-
V1.1. Leistungsabhän- gige Verkehrsabgabe Personenwagen (LVPW)	Personenwagen (10.7)	Zusätzlich: -19%	-2.0	-2.0 (-29%)
V2 Vorschriften Neu- wagen PW	Personenwagen (10.7)	Zusätzlich: -16%	Zusätzlich: -1.7	Zusätzlich: -1.7 (-23%)
V3 Vorschriften Neu- wagen GV ⁶⁹	Güterverkehr (2.6)	-28%	-0.7	-0.6 (-24%)
V4 Elektromobilität PW ⁷⁰	Personenwagen (10.7)	Zusätzlich: -11%	Zusätzlich: -1.2	Zusätzlich: -1.2 (-18%)
V4 Elektromobilität Busse und Motorräder	Busse und Motorräder (0.6)	-50%	-0.3	-0.2 (-40%)
V5 Grenzausgleich Treibstoff	Strassenverkehr (15.9)	Keine zusätzliche Wirkung	0.0	0%
Veränderung der stat. Differenzen (proportio- nal zu Emissionen)	Restlicher Verkehr (2.3)	-60%	-1.4	-0.7 (-54%)
Zwischentotal	Verkehr: Rest 2030: 5.1 (16.2-11.1)		-11.1	
V6 Alternative, erneu- erbare Treibstoffe	Verkehr > -10% der verbleibenden Emissio- nen nach anderen Mas- nahmen V1-V4	-10%	Zusätzlich: -0.5	-
TOTAL	Rest 2030: 4.6 (16.2-11.6)		-11.6	
Davon PW (ca.)	2030: 1.8 (10.7 – 8.9)		-8.9	
Davon GV (ca.)	2030: 1.7 (2.6-0.9)		-0.9	
Davon B&MR (ca.)	2030: 0.3 (0.6-0.3)		-0.3	
Davon stat. Diff (ca.)	2030: 0.6 (2.0-1.4)		-1.4	
Davon Rest	2030: 0.3 (0.3-0.0)		-0.0	

Tabelle 35: Kumulierte Wirkung aller Schlüsselmassnahmen im Sektor Verkehr

Durch die Kombination aller Massnahmen V1 bis V6⁷¹ können die Emissionen im Sektor Verkehr von 16.2 Mio. t CO₂eq in 2013 bis auf 4.6 Mio. t CO₂eq (-72%) in 2030 gesenkt werden. Im Vergleich zu 1990 ist dies eine Reduktion von 14.6 Mio. t CO₂eq auf 4.6 Mio. t CO₂eq (-69%).

Die Spalte "Absolute Wirkung" in Tabelle 35 zeigt jeweils die absolute Wirkung im Sektor Verkehr. Da die Massnahmen nacheinander, in Kaskade, angewendet werden,

⁶⁹ Elektromobilität im Güterverkehr ist in dieser Massnahme bereits berücksichtigt und ist nicht Teil von V4.

⁷⁰ Der CO₂-Ausstoss der durchschnittlichen, fossil-betriebenen Gesamtflotte beträgt in 2030 90 g CO₂/km. Da die mit Elektrofahrzeugen erbrachte Transportleistung (50%) mit einem Wert von 0 verrechnet wird, resultieren 45 g CO₂/km für die Gesamtflotte.

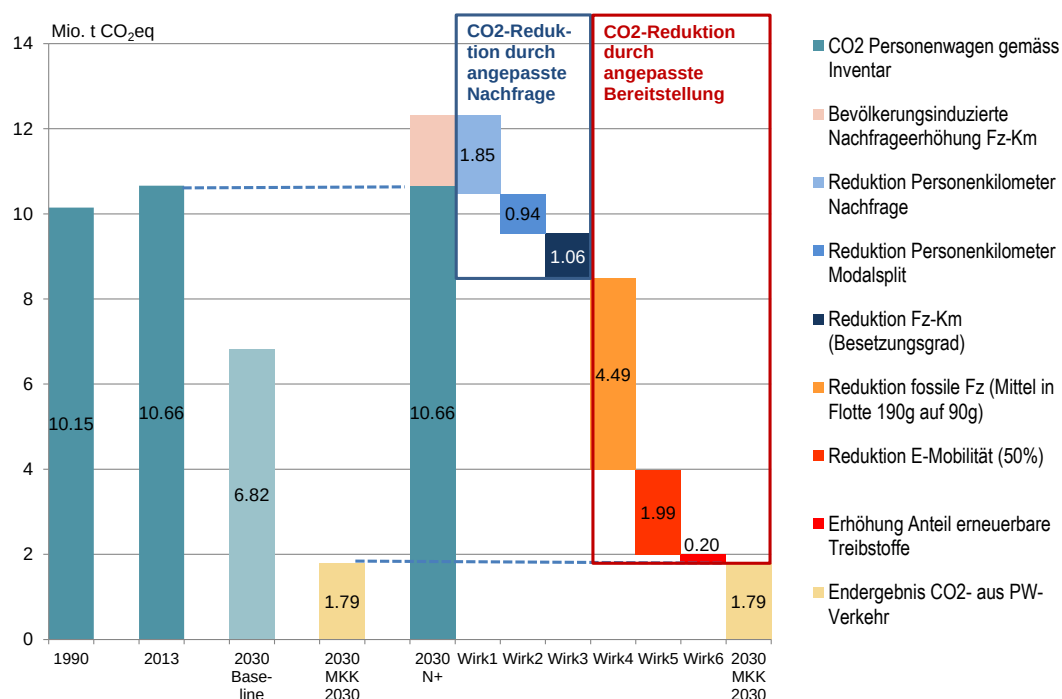
⁷¹ V6 ohne separat ausgewiesene Wirkung.

wird jeweils nur die zusätzliche Reduktion ausgewiesen. V4 (Elektromobilität) würde als isolierte Massnahme die Emissionen bei den Personenwagen um -7.8 Mio. t CO₂eq reduzieren (gegenüber 2013). Würde also V4 in der Kaskade vor V2 angewendet, so hätte V2 keine zusätzliche Wirkung.

Für die Erreichung dieses Ziels werden unter Kombination aller Massnahmen ca. zusätzliche 4.5 TWh (7.5% des heutigen Strombedarfs in der Schweiz, vgl. Kapitel 3.10.3) Strom aus erneuerbaren Quellen benötigt. Wenn Massnahme V4 alleine betrachtet wird, ohne Rückgang der nachgefragten Verkehrsleistung, wäre noch mehr Strom notwendig.

CO₂-Reduktion im Bereich Personenwagen auf Wirkungs- und Massnahmenebene

Die folgende Figur zeigt die CO₂-Reduktionsbeiträge auf der Wirkungsebene. Die Blöcke entsprechen teilweise auch einzelnen Massnahmen (z.B. erneuerbare Treibstoffe), oft wirken jedoch die Massnahmen auf verschiedene Parameter gleichzeitig (Importvorschriften senken den Ausstoss fossil betriebener Fahrzeuge und erhöhen den Anteil Elektromobile). Ausgangspunkt ist jeweils der Stand von 2013 zuzüglich der Nachfragerhöhung bei unbeeinflusster Entwicklung. Die Baseline-Entwicklung wird hier nicht berücksichtigt (im Gegensatz zu Tabelle 35) und deshalb beinhalten die Reduktionen auf Wirkungs- und Massnahmenebene jeweils auch einen Anteil aus dem Baseline-Szenario.



econcept

Figur 35: CO₂-Reduktionen durch den Merkmalskatalog Klimapolitik 2030 bei den Personenwagen auf der Wirkungsebene.

Wirk1: Wirkung 1, etc.

2030 N+: Nachfragezunahme aufgrund Bevölkerungswachstum

3.4.6 Rolle der Städte im Bereich Verkehr

Insbesondere beim Verkehr haben die Städte eine zentrale Rolle bei der Umsetzung von Massnahmen, da das Verkehrsaufkommen sich in der Stadt und den dazu gehörigen Agglomerationen akzentuiert. Obwohl verkehrspolitische Kompetenzen vor allem beim Bund liegen, sind die Städte bei der Ausgestaltung von vielen Massnahmen sehr wichtig.

- Bei der Einführung von einer leistungsabhängigen Verkehrsabgabe für Personenwagen (V1.1) kann den Städten eine zentrale Rolle zukommen. Alle bisherigen internationalen Beispiele wurden in Städten (z.B. Stockholm) für die Zufahrt in die Kernzonen umgesetzt. Die Einführung und Erhebung einer City-Maut, ist ein grosser erster Schritt in die Richtung einer flächendeckenden Verkehrsabgabe. Wenn das Konzept in den städtischen Ballungsräumen umgesetzt ist, ist bereits in grosser Teil des nationalen Verkehrsaufkommens erfasst. Zudem hängen viele städtische Verkehrsmassnahmen mit der Steuerung und Lenkung zusammen. Zum Beispiel haben das Angebot und die Bepreisung des Parkplatzangebotes einen wichtigen Einfluss auf die Verkehrsmittel-Wahl und das tatsächliche Verkehrsaufkommen.
- Beim Berufsverkehr und den damit verbundenen Spitzen beim Verkehrsaufkommen ist die städtische Verkehrsplanung wichtig für die Verkehrsmittelwahl (Modalsplit) und die Verlagerung zu ÖV und Langsamverkehr.
- Eine unterstützende Rolle kommt den Städten in diesem Zusammenhang auch der erhöhten Auslastung von Personenwagen (V1.3) und dem Verzicht auf ein eigenes Auto zugunsten von «shared mobility» zu. Die Verkehrsplanung der Städte und Partnerschaften mit ansässigen Unternehmen und der eignen Verwaltung können auf Massnahmen zur Verkehrsentslastungen und bessere Auslastungen von Fahrzeugen fokussiert werden. Häufig sind auch die Steuerung des Parkplatzangebotes und entsprechende Förderungen des ÖV oder anderen Ansätzen, wie zum Beispiel Home-office-Tage (V1.4), bei Unternehmen wichtig.
- Bei der Anschubförderung von Elektromobilität (V4) gibt es wiederum viele Massnahmen, welche mit der städtischen Verkehrsplanung und –steuerung zusammenhängen. Zudem können städtische Betriebe und Verwaltungen über ihre Fahrzeugflotten eine Vorbildfunktion einnehmen. Bereits seit einigen Jahren gibt es viele Energieversorgungsunternehmen, welche hohe Anteile von Erdgas- und Elektrofahrzeugen in ihren Flotten haben.
- Massnahme G9 aus dem Bereich Gebäude (siehe Kap. 3.5.3) sieht wettbewerbliche Ausschreibungen für Städte und Gemeinden sowie weitere Akteure vor. So können gute und zielführende Projekte durch Bundesgelder aus der CO₂-Abgabe gefördert werden. Analog zum Gebäudebereich können auch beim Verkehr wirksame Massnahmen umgesetzt werden.

3.5 Gebäude – Heizwärme und Warmwasser

3.5.1 Übersicht zur Zielsetzung sowie zu bisherigen und neuen Massnahmen

Potenzial und Zielsetzung

Die Treibhausgas-Emissionen aus der Wärmeerzeugung für Privathaushalte und Dienstleistungen/Gewerbe (THG-Inventar Bereiche 1A4b und 1A4a) werden im Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 bis zum Jahr 2030 auf 5.5 Mio. Tonnen CO₂ gesenkt (3.6 Privathaushalte, 1.9 Dienstleistung/Gewerbe). Gegenüber dem Jahr 1990 mit 17.1 Mio. Tonnen CO₂ entspricht dies einer Veränderung um -68%. Gegenüber 2013 mit 15.3 Mio. Tonnen CO₂ ohne Witterungskorrektur ist es ein Rückgang um -64%.

Diese Absenkung kann mit folgenden Veränderungen auf der Wirkungsebene erzielt werden, jeweils aufgeteilt auf die Ebene der Nachfrage und der Bereitstellung:

Ebene: Nachfrage nach Heizwärme und Warmwasser

- Der Flächenbedarf pro Person stagniert wie im Baseline-Szenario auf dem Wert der Jahre 2006-2013 von (58.6 m²/Person, vgl. Kapitel 2.5 und Figur 14). Bei einem Bevölkerungswachstum auf 9.54 Mio. Personen (+17% gegenüber 2013) steigt die Energiebezugsfläche der Privathaushalte bis 2030 dementsprechend auf 559 Mio. m².
- Ab 2020 werden die Sanierungsraten von Altbauten verdoppelt von jährlich 1.0% auf 2.0% der Fläche von 2000. Auch die Raten von Ersatzneubauten verdoppeln sich ab 2020 von 0.15% auf 0.3%.
- Neubauten werden ab 2020 zu 90% als Niedrigst-Energie-Bauten⁷² realisiert, bis 2019 gelten dieselben Werte wie in der Baseline (vgl. Kapitel 2.5).
- Der Wärmebedarf pro Person für Warmwasser wird ab 2020 bis 2030 kontinuierlich um total 15% gesenkt.
- Aufgrund dieser energetischen Verbesserungen liegt der Nutzenergiebedarf im Jahr 2030 bei rund 83% des Wertes Baseline-Szenario (vgl. Figur 36). Am meisten ins Gewicht fallen dabei die verdoppelten Sanierungsraten und die Einsparungen beim Warmwasser. Wie die Figur 36 deutlich macht, könnten bis 2030 auch wesentlich tiefere Werte erreicht werden, wenn die notwendigen Wirkungen bereits früher einsetzen.
- Der Nutzenergiebedarf im Bereich Dienstleistung und Gewerbe liegt in Anlehnung an den Wohnbereich bei 83% des Wertes Baseline-Szenario. Diese vereinfachende Annahme wird getroffen, weil es sich im Wesentlichen um Heizwärme handelt und die energetische Qualität des Dienstleistungs-Gebäudeparks von denselben Einflussgrössen Neubauqualität, Sanierungsrate und Sanierungstiefe abhängt.

⁷² Spez. Heizwärmebedarf (Nutzenergie) von 10 kWh/m² und Jahr, entspricht ungefähr der Anforderung von Minergie-P

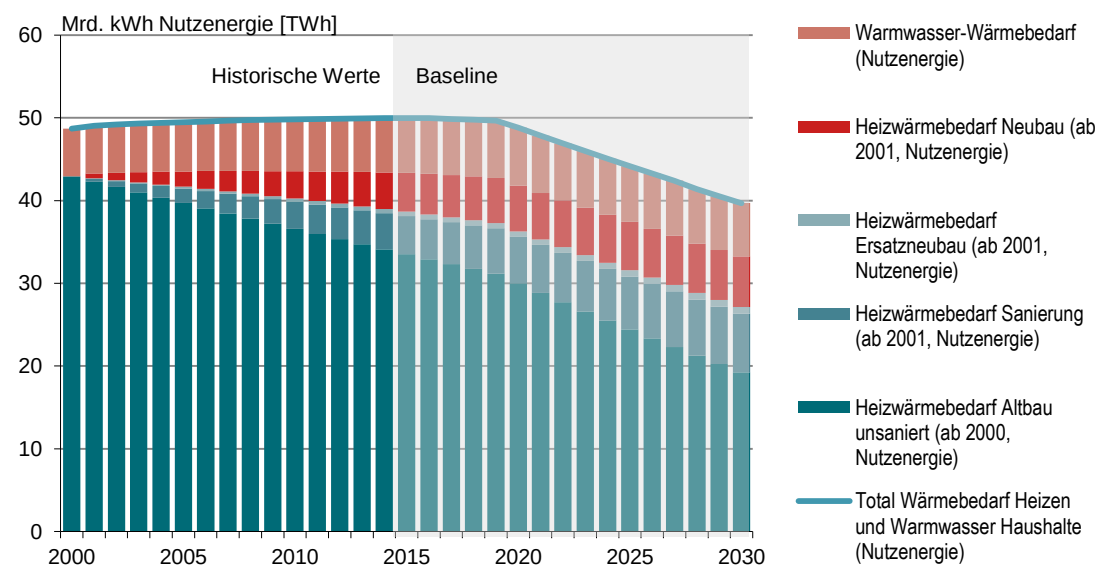
Ebene: Energiebereitstellung für Heizwärme und Warmwasser

- Die Ölheizungen weisen eine Erneuerungsrate von 6.7% p.a. auf. Dadurch werden innerhalb von 15 Jahren alle Ölheizungen einmal ersetzt. In 80% der Fälle findet der Ersatz mit einem CO₂-neutralen resp. CO₂-armen System (Biomasse, Wärmepumpen/Umweltwärme, Solarwärme, Fernwärme) statt.
- Die Gasheizungen weisen eine Erneuerungsrate von 5.0% p.a. auf. Dadurch werden innerhalb von 20 Jahren alle Gasheizungen einmal ersetzt. In 50% der Fälle findet der Ersatz mit einem CO₂-neutralen resp. CO₂-armen System (Biomasse, Wärmepumpen/Umweltwärme, Solarwärme, Fernwärme) statt.
- In Neubauten werden keine fossilen Heizsysteme verbaut.
- Der zusätzliche Strombedarf gegenüber dem heutigen Einsatz von Wärmepumpen von ca. 3.2 TWh/a für die Wärmepumpen⁷³ muss hierbei durch erneuerbare Quellen gedeckt werden. Die Emissionsabschätzungen in der vorliegenden Studie basieren auf der Annahme, dass der benötigte Strom zu 100% aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden kann (siehe Kap.3.10.3).

Weitere Annahmen: Gewerbe

- Die Reduktion der CO₂-Emissionen des Gewerbes fällt prozentual gleich aus wie im Bereich Industrie (1A2) angenommen wurde.

Mit diesen Veränderungen auf Wirkungsebenen wird für den Nutzenergiebedarf im Gebäudebereich für Haushalte folgender Absenkenpfad als machbar betrachtet (vgl. Figur 16 zur Entwicklung in der Baseline).



Figur 36: Entwicklung des Nutzenergiebedarfs für Heizwärme und Warmwasser privater Haushalte gemäss Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 (witterungskorrigierte Modellwerte)

⁷³ Annahme, dass 2/3 des Umstiegs von fossilen Energien zu Erneuerbaren auf Wärmepumpen fällt. Zudem wird eine Jahresarbeitszahl von 4 angenommen.

In nachfolgender Tabelle werden die mit den getroffenen Annahmen erreichbaren Absenkungen der CO₂-Emissionen im Gebäudebereich separat für die Sektoren Haushalte und Dienstleistung/Gewerbe und aufgegliedert in Nachfrage und Bereitstellung aufgezeigt. Sie zeigt die Entwicklung im Jahr 2030 im Szenario Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 (MKK2030) und vergleicht diese mit den Jahren 1990, 2013 und 2030 im Baseline-Szenario.

	Sektor		1990	2013	2030 (Baseline)	2030 (MKK2030)	Veränderung 2030 (MKK2030) ggü. 2013
Nachfrage	Nutzenergie (TWh)	HH		50	48	40	-21%
		DL		21	20	16	-22%
		Total		71	67	56	-21%
Bereitstellung	Anteil Heizöl an Endenergie ¹	HH		46%	15%	14.7%	-68%
		DL		49%	24%	16.6%	-66%
		Total		47%	18%	15.2%	-68%
	Anteil Erdgas an Endenergie ²	HH	n. modelliert	24%	27%	18.4%	-22%
		DL		32%	35%	23.9%	-26%
		Total		26%	29%	20.0%	-23%
	CO ₂ -Intensität Endenergie ³ (kgCO ₂ /MWh)	HH		169	94	75	-55%
		DL		195	134	91	-53%
		Total		176	106	80	-55%
Total	CO ₂ -Emissionen (Mio. t CO ₂)	HH	11.8	10.1	4.9	3.6	-65%
		DL	n. modelliert	4.7	2.9	1.7	-64%
		DL&G	5.3	4.9	3.2	1.9	-62%
		Total	17.1	15.0	8.1	5.5	-64%
	Veränderung ggü. 1990	HH	0%	-14%	-58%	-70%	
		DL&G	0%	-7%	-40%	-64%	
		Total	0%	-12%	-52%	-68%	

Tabelle 36: Zusammenstellung der erreichbaren Absenkung der CO₂-Emissionen aus technischer Sicht im Gebäudebereich (Privathaushalte, Dienstleistung und Gewerbe) unterteilt in Nachfrage und Bereitstellung. Werte 1990 und 2014 ohne Klimakorrektur. Die Entwicklung der Emissionen des Gewerbes in den Szenarien wird separat berechnet: Annahme, dass Entwicklung wie der Industrie (Energie) verläuft.

¹ Anteil Heizöl an Endenergie: Anteil des Heizöls am gesamten Endenergiebedarf im Gebäudebereich für Raumwärme und Warmwasser (exkl. Industrie)

² Anteil Erdgas an Endenergie: Anteil des Erdgas am gesamten Endenergiebedarf im Gebäudebereich für Raumwärme und Warmwasser (exkl. Industrie)

³ CO₂-Intensität Endenergie: Durchschnittliche CO₂-Intensität über alle eingesetzten Energieträger auf Ebene Endenergie. Relevant ist der Anteil der fossilen Energien am gesamten Endenergiebedarf im Gebäudebereich.

Plausibilisierung der Entwicklung der Heizungsstruktur

Der Anteil der Ölheizungen am gesamten Endenergieverbrauch reduziert sich von 42% im Jahr 2014 auf 15% im Jahr 2030 und der Anteil der Erdgasheizungen von 24% im 2014 auf 19% im 2030. Zum Vergleich: Im Szenario «Neue Energiepolitik NEP» der Schweizerischen Energieperspektiven 2050 beläuft sich der Anteil der Ölheizungen am gesamten Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser auf 19%, jener von

Erdgasheizungen auf 26% (Prognos, 2012). Die Absenkung ist im Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 somit rund ein Viertel ambitionierter als im NEP-Szenario.

Die Erneuerungsraten werden für Ölheizungen mit 6.7% p.a. und für Gasheizungen mit 5.0% p.a. angenommen. Bei den Erdgasheizungen entspricht dies in etwa den heutigen Erneuerungsraten (durchschnittliche technische Nutzungsdauer von 20 Jahren). Für die Ölheizungen ergibt dies einen Ersatz nach drei Viertel der bisher üblichen, technischen Nutzungsdauer. Die Entwertung bestehender Infrastruktur beschränkt sich somit auf ein geringes Mass.

Eine Herausforderung bildet die Amortisation der Gasnetze. Unter anderem aus diesem Grund wurde für die Gasheizungen ein gedämpfter Rückgang gegenüber Heizöl angenommen.

Übersicht zu den Massnahmen im Gebäudebereich

Nr.	Massnahme	Stichworte zur konkreten Ausgestaltung	Umsetzungsstand, Einführungszeitraum; Grundlage / Quelle	In MKK 2030?	Bemerkungen (Wirkungen)
Gebäude, bisherige Massnahmen					
	MuKE 2008	Wichtigste Elemente des Basismoduls der MuKE 2008 im Gebäudebereich sind: – Anforderungen und Nachweis winterlicher Wärmeschutz – Höchstanteil an nichterneuerbaren Energien – Gebäudeenergieausweis der Kantone	Umgesetzt des Basismoduls je nach Kanton zwischen 2008 und 2014	Ablösung durch MuKE 2014 und MuKE 2020	relevant, so lange MuKE 2014 nicht umgesetzt ist
	MuKE 2014	Wichtigste Elemente des Basismoduls der MuKE 2014 im Gebäudebereich sind: – Verschärfte Anforderungen an die Deckung des Wärmebedarfes von Neubauten (nahe bei Null) – Eigenstromerzeugung bei Neubauten – Erneuerbare Wärme beim Wärmeerzeugungsersatz (nur ein Teil) – Sanierungspflicht zentrale Elektroheizungen und zentrale Elektro-Wasserwärmer – GEAK Plus-Pflicht für Förderbeiträge	Umsetzung erfolgt in den kommenden Jahren	schnelle Umsetzung	
	CO ₂ -Abgabe auf Brennstoffen	Abgabe auf allen fossilen Brennstoffen (v.a. Heizöl, Erdgas). Von 2008 mit 12 CHF/t CO ₂ auf 84 CHF/t CO ₂ Ab 2016 angehoben, Abgabesatz bis zu 120 CHF/t möglich (ca. 30 Rappen pro Liter Heizöl), falls Zwischenziele nicht erreicht. Weitere Informationen unter Kap. 2.5.3.	CO ₂ -Gesetz	Ausbau	
	Befreiung von CO ₂ -Abgabe als Anreiz für freiwillige Zielvereinbarungen	Unternehmen bestimmter Wirtschaftszweige und CO ₂ -Emissionen höher als 100 t/a können von der		+	Die Wirkung dieser Massnahme wird

Nr.	Massnahme	Stichworte zur konkreten Ausgestaltung	Umsetzungsstand, Einführungszeitraum; Grundlage / Quelle	In MKK 2030?	Bemerkungen (Wirkungen)
	rungen (non-EHS)	CO ₂ -Abgabe befreit werden, sofern sie sich gegenüber dem Bund verpflichten, die Treibhausgas-Emissionen bis zum Jahr 2020 in einem bestimmten Umfang zu vermindern. Gemäss Anhang 7 der CO ₂ -Verordnung besteht im Bereich Dienstleistung für Betrieb mit folgenden Tätigkeiten die Möglichkeit zur Abgabenbefreiung: Bäder, Kunsteisbahnen und touristisch genutzte Hotels. Im Bereich Gewerbe sind diverse Sektoren abgabebefreiungsberechtigt.			in der Botschaft zum CO ₂ -Gesetz nicht separat ausgewiesen, sondern ist in der Wirkungsabschätzung zur CO ₂ -Abgabe enthalten.
	Gebäudeprogramm Bund	Mit der Teilzweckbindung der CO ₂ -Abgabe wird das Gebäudeprogramm des Bundes finanziert, welches Beiträge für energetische Gebäudehüllensanierungen spricht. Weitere Informationen unter Kap. 2.5.3.	CO ₂ -Gesetz	Ausbau	
	Gebäudeprogramme der Kantone	Mit der Teilzweckbindung der CO ₂ -Abgabe und kantonalen Beiträgen werden kantonale Gebäudeprogramme finanziert; Beiträge für den Einsatz erneuerbarer Energien, Abwärmenutzungen und Optimierungen der Gebäudetechnik. Weitere Informationen unter Kap. 2.5.3.	Kantonale Energiegesetze	Ausbau	
	EnergieSchweiz	EnergieSchweiz ist eine zentrale Plattform für Energieeffizienz und erneuerbare Energien und stellt auch im Gebäudebereich Informationen, Planungshilfen, etc. zur Verfügung.		Weiterführung	
	GEAK	Der Gebäudeenergieausweis der Kantone (GEAK) gibt Auskunft über den Energiebedarf von Gebäuden. Der GEAK Plus zeigt anhand konkreter Massnahmen, wie der Energieverbrauch und CO ₂ -Ausstoss gesenkt werden kann.		Weiterführung	
	SIA-Effizienzpfad Energie	Der SIA-Effizienzpfad Energie gibt einen Zielpfad für Gebäude vor, welchen die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft erreichen lässt. Er bezieht neben der Betriebsenergie auch die graue Energie im Bau sowie die standortabhängige Mobilität mit ein. Kann z.B. in Gestaltungsplänen vorgeschrieben werden.	.	Weiterführung	
	Räumliche Energieplanungen in Gemeinden und Städten	In einer räumlichen Energieplanung koordinieren Gemeinden und Städte die Wärme- und Kältenachfrage mit dem Angebot. Zudem werden die Fernwärmenetze mit dem Erdgasnetz koordiniert.	Kantonale Energiegesetze, kommunaler Energie(richt)plan	Ausbau	

Nr.	Massnahme	Stichworte zur konkreten Ausgestaltung	Umsetzungsstand, Einführungszeitraum; Grundlage / Quelle	In MKK 2030?	Bemerkungen (Wirkungen)
Gebäude, Ausbau bisheriger Massnahmen					
	MuKE 2020	Die MuKE 2020 wird als Nachfolge der MuKE 2014 angenommen und stellt eine Sammlung einer Vielzahl von Massnahmen dar. Die MuKE 2020 könnte beispielsweise die Massnahmen G3, G4, G5, G6 und G8 enthalten.	MuKE 2020, resp. kantonale Energiegesetze	JA	
G1	Erhöhung CO ₂ -Abgabe auf Brennstoffen	Im aktuellen CO ₂ -Gesetz ist eine Abgabenerhöhung bis 2020 auf max. 120 CHF/t vorgesehen. Die Abgabe soll ab 2021 weiterhin erhöht werden und bis 2030 auf 240 CHF/t verdoppelt werden.	CO ₂ -Gesetz	JA	
G2	CO ₂ -Abgabe Befreiung erst ab 120 CHF/t	Unternehmen können sich nur von dem Teil der CO ₂ -Abgabe befreien, welcher über 120 CHF/t liegt.	CO ₂ -Gesetz	JA	
G3	Verstärkung Gebäudeprogramm Bund	Durch die Erhöhung der CO ₂ -Abgabe auf Brennstoffen sollen die Mittel des Gebäudeprogrammes des Bundes von rund 200 Mio. CHF auf 400 Mio. CHF verdoppelt werden (vergl. Figur 27).	CO ₂ -Gesetz	JA	
G3	Verstärkung Gebäudeprogramme der Kantone	Durch die Erhöhung der CO ₂ -Abgabe auf Brennstoffen sowie der kantonalen Beiträge sollen die Mittel des kantonalen Gebäudeprogrammes von 120 – 160 Mio. CHF auf 240 – 320 Mio. CHF verdoppelt werden (vergl. Figur 27).	Kantonale Energiegesetze	JA	
G4	Verpflichtung von Gemeinden und Städten zur Erarbeitung von räumlichen Energieplanungen	Die Kantone verpflichten Gemeinden und Städte (bspw. mit mind. 7'000 Einwohnern) zur Erarbeitung einer räumlichen Energieplanung.	Umsetzung: kantonale Energiegesetze Umsetzungsstand: In den wenigsten Kantonen besteht für die Gemeinden und Städten eine Pflicht zur Erarbeitung einer Energieplanung.	JA	Unterstützung des Umstiegs von fossilen Energien auf erneuerbare Lösungen und Abwärmennutzungen.
Gebäude, neue Massnahmen mit Prüfung					
G5	Sanierungspflicht für Gebäude mit GEAK-Klasse F oder G	Bis 2030 müssen alle Gebäude mindestens die GEAK-Klasse E erreichen und/oder ein zeitlich abgestuftes Sanierungskonzept vorweisen. Die Klasse E entspricht Altbauten mit erheblicher Verbesserung der Wärmedämmung, inkl. neuer Wärmeschutzverglasung.	Einführungszeitraum: 2020 Umsetzung: kantonale Energiegesetze	JA	
G6	Pflicht für Heizungen mit erneuerbarer Energie	Beim Neubau oder beim Ersatz bestehender sind Heizungsanlagen mit erneuerbarer Energien einzusetzen, falls dies wirtschaftlich tragbar ist.	Einführungszeitraum: 2020 Umsetzung: kantonale Energiegesetze	JA	Kann in MuKE 2020 aufgenommen werden. Frühere Umsetzung ist jedoch für Zielerreichung

Nr.	Massnahme	Stichworte zur konkreten Ausgestaltung	Umsetzungsstand, Einführungszeitraum; Grundlage / Quelle	In MKK 2030?	Bemerkungen (Wirkungen)
					chung notwendig.
G7	Aufbau von Finanzierungsmöglichkeiten für die Finanzierung von energetischen Sanierung	Um genügend Finanzmittel für die energetischen Gebäudesanierungen sicher zu stellen, bedarf es neuer, resp. zusätzlicher Finanzierungsmöglichkeiten. Zu prüfen sind u.a. der Aufbau von Effizienzcontracting und Effizienzfonds.	Einführungszeitraum: 2020 Umsetzung: kantonale Energiegesetze	JA	Unterstützt die Umsetzung der Massnahmen G 5 und G6.
G8	Gebäudegebundener Erneuerungsfonds: Abgabe für energetisches Bausparen	Gebäudeeigentümer und Gebäudeeigentümerinnen werden zur Öffnung eines gebäudegebundenen Erneuerungsfonds verpflichtet. Die Der Abgabesatz ist abhängig von der GEAK-Klasse des Gebäudes.	Einführungszeitraum: 2020	JA	Langfristig gesicherte hohe Wirkung. Kurzfristig ggf. mittlere Wirkung, falls Gebäude saniert werden um einen hohen Abgabesatz zu vermeiden. Unterstützt die Umsetzung der Massnahmen G 5 und G6.
G9	Wettbewerbliche Ausschreibungen im CO ₂ -Bereich für Gemeinden und Städte sowie weitere Akteure	Schaffung einer wettbewerblichen Ausschreibung im CO ₂ -Bereich, worauf sich Gemeinden und Städte sowie weitere Akteure bewerben können. Es sind Massnahmen in allen Sektoren zulässig.	Einführungszeitraum 2018	JA	gering bis mittel
Gebäude, weitere Massnahmen ohne vertiefte Prüfung (vgl. Kap. 3.5.4)					

Tabelle 37: Übersicht zu den Massnahmen im Gebäudebereich

3.5.2 Wirkung eines Ausbaus bisheriger Massnahmen

Die Wirkung bestehender Massnahmen im Gebäudebereich wurde im Kapitel 2.5 diskutiert.

Für den Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 werden folgende Schlüsselmassnahmen weitergeführt bzw. ausgebaut:

- MuKE 2014: Rasche Umsetzung; MuKE 2020: Aufnahme neuer Massnahmen (siehe Kap. 3.5.3).
- CO₂-Abgabe Brennstoffe
- CO₂-Abgabe Befreiung erst ab 120 CHF/t

- Gebäudeprogramm des Bundes und der Kantone
- Räumliche Energieplanungen
- Wettbewerbliche Ausschreibungen im CO₂-Bereich für Gemeinden und Städte sowie weitere Akteure

Übersicht MuKE	Weiterführung und Ausbau der Mustervorschriften der Kantone (MuKE 2020)
Sektor	Gebäude (Wohngebäude und Dienstleistung/Gewerbe); Industrie – Energieeinsatz; Energieumwandlung
Art der Massnahme	Sammlung diverser Instrumente
Beschreibung	Kernelemente einer Ausweitung der MuKE sind die Massnahmen «Verstärkung Gebäudeprogramm der Kantone» (G3), «Sanierungspflicht für Gebäude mit GEAK-Klasse F oder G» (G5) und «Pflicht für Heizungen mit erneuerbarer Energie» (G6). Die Massnahmen einer ergänzten MuKE 2020 werden weiter unten vertieft diskutiert. Die Integration in die MuKE als bewährter Rahmen scheint zweckmässig.
Ebene (Bund, Kanton oder Gemeinde/Stadt)	Kantone
Gesetz / Grundlage	Umsetzung der MuKE 2020 in den kantonalen Energiegesetzen
Wirkung	Wird in den einzelnen Massnahmen beschrieben.

Tabelle 38: Weiterführung und Ausbau der Mustervorschriften der Kantone (MuKE 2020)

Massnahme G1	Erhöhung CO ₂ -Abgabe auf Brennstoffen
Sektor	Gebäude (Wohngebäude und Dienstleistung/Gewerbe); Industrie – Energieeinsatz; Energieumwandlung
Art der Massnahme	Abgabe mit Rückerstattung (und Teilzweckbindung)
Beschreibung	Die seit 2008 erhobene CO₂-Abgabe auf Brennstoffen wird weitergeführt und ausgebaut. Der maximale Abgabensatz wird bis 2030 ggü. dem aktuellen Maximalsatz auf 240 CHF/t verdoppelt. Die Abhängigkeit des Abgabensatzes von einem Zielpfad wird aufgehoben, was die Planungssicherheit erhöht. Der Fokus liegt auf der Wärmeerzeugung im Gebäudebereich und auf Brennstoffe für industrielle Prozesse. Bei letzterem wirkt die erhöhte Abgabe zusammen mit einer verstärkten Abgabebefreiung (IE2) und den EHS Massnahmen (IE1). Max. Abgabenhöhe*: 2018: 120 CHF/t CO₂-eq, ca. 30 CHF / 100 Liter Heizöl, maximale Abgabe gemäss CO₂-Gesetz 2021: 140 CHF/t CO₂-eq 2023: 160 CHF/t CO₂-eq 2025: 180 CHF/t CO₂-eq 2027: 200 CHF/t CO₂-eq, ca. 50 CHF / 100 Liter Heizöl 2029: 220 CHF/t CO₂-eq 2030: 240 CHF/t CO₂-eq Vgl. auch Bundesrat 2015, S. 17 – * Die maximale Abgabenhöhe könnte auch abhängig vom effektiven Rohölpreis so ausgestaltet werden, dass ein Mindestpreis nicht unterschritten wird, um die Planungssicherheit zu erhöhen.
Ebene (Bund, Kanton oder Gemeinde/Stadt)	Bund
Gesetz / Grundlage	CO ₂ -Gesetz
Wirkung	Die Erhöhung des Abgabesatzes von aktuell 60 CHF/t auf 240 CHF/t würde beispielsweise für Heizöl eine Zunahme um knapp 65% ggü. dem heutigen Verkaufspreis bedeuten (Basis aktueller Heizölpreis rund 70 CHF/100 l, Erhöhung des Abgabesatzes von aktuell ca. 15 CHF/100 l Heizöl auf ca. 60 CHF/100 l Heizöl). Die Massnahme wirkt subsidiär (ergänzend) zu anderen Massnahmen im Gebäudebereich. Es sind zwei Haupteffekte wirksam: 1. Für Entscheidungssituationen (Pinzel- vs. energetische Sanierung; Sanierungstiefe, Wahl Heizungssystem) liegen verlässliche Preissignale bezüglich der fossilen Energieträger vor. 2. Wenn die primären Massnahmen (Gebäudeprogramm, etc. zu wenig Wirkung zeigen, wird die Zielerreichung durch eine höhere CO₂-Abgabe sichergestellt. Weitere Überlegungen zur Wirkung – Wirkung hängt stark von der Preisentwicklung fossiler Energieträger ab. – Wirkung ist grundsätzlich wenig preiselastisch, weil Preissignale nur mittelfristig in Entscheidungen einfließen. Diese Wirkungsverzögerung kann durch eine frühzeitige Ankündigung der Abgabe verringert werden. Zudem wird ein starkes Orientierungssignal vermittelt, in welche Richtung sich die Klima- und Energiepolitik entwickeln wird. – Die Massnahme wirkt auf verschiedenen Ebenen: Sanierungsrate, Sanierungstiefe, Wahl Heizungssystem, energetische Neubauqualität – Wirkung ist durch Vermieter/Mieter-Dilemma eingeschränkt (Überwälzung der Heizkosten an Mieter) – Die Baseline-Entwicklung führt zu einer Reduktion um -53% gegenüber 1990 → Mit der vorgeschlagenen Anhebung der CO₂-Abgabe kann der angestrebte Absenkpfad im Gebäudebereich mit grosser Wahrscheinlichkeit nicht vollumfänglich realisiert werden: – Vgl. dazu die Ausführungen in Kapitel 2.5.3 und 3.1.2. Aufgrund der dort zitierten Arbeiten kann alleine mit der erhöhten CO₂-Abgaben der CO₂-Ausstoss im Gebäudebereich vermutlich um rund 60% gegenüber 1990 gesenkt werden (Baseline ca. 52% Reduktion). – Insbesondere die Sanierungsrate erhöht sich zu wenig und zu spät und der Umstieg auf CO₂-neutrale Heizsysteme ist zu wenig konsequent. – Für die angestrebte Gesamtwirkung des Massnahmenkatalogs Klimapolitik 2030 (Reduktion um 68% im Gebäudebereich gegenüber 1990) muss die erhöhte CO₂-Abgabe mit weiteren Massnahmen ergänzt werden.

Tabelle 39: Massnahme Erhöhung CO₂-Abgabe auf Brennstoffen

Massnahme G2	CO₂-Abgabe Befreiung erst ab 120 CHF/t
Sektor	Gebäude (Dienstleistung/Gewerbe), Industrie – Energie; Energieumwandlung
Art der Massnahme	Vorschrift zur Rückerstattung
Beschreibung	Bei einer gegenüber heute stark erhöhten CO₂-Abgabe (siehe Massnahme G1) ist es denkbar, ab 2021 einen Grundsockel einzuführen, von welchem sich Unternehmen nicht befreien lassen können. Der Grundsockel soll in Koordination mit der Erhöhung der CO₂-Abgabe erhöht werden und maximal 120 CHF pro Tonne CO₂ betragen. Der Betrag widerspiegelt die externen Kosten. Für die Befreiung wäre nur der zusätzliche Lenkungsanteil, welcher über den Grundsockel-Beitrag hinausgeht, relevant.
Ebene (Bund, Kanton oder Gemeinde/Stadt)	Bund
Gesetz / Grundlage	CO ₂ -Gesetz
Wirkung	hohe Wirkung Die Befreiung erst ab 120 CHF/t (Maximalansatz im 2030) würde beispielsweise den Heizölpreis für Unternehmen mit Abgabebefreiung um gut 40% erhöhen (Basis aktueller Heizölpreis rund 70 Fr/100l, Abgabebesatzes ohne Befreiung ca. 30 CHF/100l Heizöl, resp. 120 CHF/t). Die Gefahr besteht, dass energieintensive Branchen ihre Produktionsstandorte ins Ausland verlegen werden.

Tabelle 40: Massnahme CO₂-Abgabe Befreiung erst ab 120 CHF/t

Massnahme G3	Weiterführung und Ausbau des Gebäudeprogramms des Bundes und der Kantone
Sektor	Gebäude (Wohngebäude und Dienstleistung/Gewerbe); Industrie – Energieeinsatz; Energieumwandlung
Art der Massnahme	Subvention
Beschreibung	Mit der Teilzweckbindung der CO₂-Abgabe und kantonalen Beiträgen wird die Gebäudeprogramme des Bundes und der Kantone finanziert, welche Beiträge für energetische Gebäudehüllensanierungen und für den Einsatz erneuerbarer Energien, Abwärmenutzungen und Optimierungen der Gebäudetechnik sprechen. Durch die Erhöhung der CO₂-Abgabe auf Brennstoffen können die Mittel des Gebäudeprogrammes des Bundes von rund 200 Mio. CHF auf 400 Mio. CHF und die Mittel des kantonalen Gebäudeprogrammes von heute 120 – 160 Mio. CHF auf 320 Mio. CHF je verdoppelt werden, was gesamthaft eine Summe von 720 Mio. CHF ergibt (weitere Informationen unter Kap.2.5.3). Eine Hauptstossrichtung des Gebäudeprogramms muss in der Erhöhung der Sanierungsrate liegen. Ergänzend dazu muss die Ausgestaltung sicherstellen, dass die Sanierungstiefe eine maximale Verbesserung der Effizienz erlaubt. Aus ökonomischen Gründen ist die Sanierungstiefe eher beeinflussbar als die Sanierungsrate. Aufgrund dessen soll das Förderprogramm progressiv ausgestaltet werden. Subventionen sollen nicht für das Erreichen des gesetzlichen Standards gewährt werden. Anstelle dessen sollen progressiv steigende Beiträge im Ausmass des Übertreffens des gesetzlichen Standards gesprochen werden. Das Gebäudeprogramm kann punktuell durch städtische Mittel ergänzt werden, was bereits heute breit genutzt wird.
Ebene (Bund, Kanton oder Gemeinde/Stadt)	Bund Kantone Gemeinden (punktueller Ergänzungen)
Gesetz / Grundlage	CO ₂ -Gesetz Umsetzung der MuKE 2020 in den kantonalen Energiegesetzen
Wirkung	Hohe Wirkung

Tabelle 41: Massnahme Weiterführung und Ausbau des Gebäudeprogramms des Bundes und der Kantone

Massnahme G4	Verpflichtung von Gemeinden und Städten zur Erarbeitung von räumlichen Energieplanungen
Sektor	Gebäude (Wohngebäude und Dienstleistung/Gewerbe), Industrie – Energie, Energieumwandlung
Art der Massnahme	Planung, behördenverbindlich
Beschreibung	Inhalt und Ziel einer räumlichen Energieplanung Räumliche Energieplanungen ermöglichen einen erweiterten Blick, weg vom einzelnen Gebäude hin zu arealübergreifenden Lösungen. Ziel einer räumlichen Energieplanung ist die räumliche Koordination der Wärme(und Kälte-) nachfrage mit dem Wärmeangebot. Dadurch können ortsgebundene Abwärme und erneuerbare Energien an dafür geeigneten Orten genutzt und Doppelspurigkeiten bei leitungsgebundenen Energieträgern vermieden werden. Der Energieplan wird durch umsetzungsorientierte Massnahmenblätter ergänzt. Mit dem Energieplan und den Massnahmenblätter verfügt die Gemeinde/Stadt über ein fundiertes und transparentes Planungsinstrument, um ihre koordinativen und informativen Aufgaben sowie Aufgaben innerhalb des Bewilligungsprozesses effektiv wahrzunehmen. Der Energieplan ist behördenverbindlich. Aktueller Stand der Umsetzung In der MuKE 2014 sind die räumlichen Energieplanungen in Modul 10 enthalten. Derzeit sind jedoch nur in den wenigsten Kantonen die Gemeinden und Städte zur Erarbeitung einer Energieplanung verpflichtet. Innerhalb des Energiestadt-Prozesses ist die Erarbeitung einer Energieplanung eine mögliche Massnahme. Massnahme Die Kantone verpflichten ihre Gemeinden und Städte zur Erarbeitung von Energieplanungen. Beispiel (viele weitere Kantone und Städte kennen entsprechende Grundlagen, siehe auch Klimabündnis-Städte und Energiestadt): Im Kanton St. Gallen besteht eine derartige Pflicht. Art. 2b des kantonalen Energiegesetzes (EnG) ist wie folgt formuliert: <i>1 Die politische Gemeinde mit wenigstens 7'000 Einwohnerinnen und Einwohnern erstellt ein angemessenes Energiekonzept. Sie kann diese Aufgabe regional erfüllen.</i> <i>2 Sie hält insbesondere fest:</i> <i>a) den gegenwärtigen und künftigen Wärmebedarf;</i> <i>b) die vorhandenen und erschliessbaren Wärmequellen;</i> <i>c) die angestrebte Wärmeversorgung;</i> <i>d) die notwendigen Massnahmen.</i> <i>3 Sie berücksichtigt das kantonale Energiekonzept.</i>
Ebene (Bund, Kanton oder Gemeinde/Stadt)	Kantone (Verpflichtung) Gemeinden und Städte (Erarbeitung und Umsetzung)
Gesetz / Grundlage	Kantonales Energiegesetz (im Rahmen einer MuKE 2020)
Wirkung	– Verstärker Einsatz erneuerbarer Energien – Vermehrte Nutzung von Abwärme – Sicherung der Investitionen in Energienetze (exkl. Stromnetze) ➔ Unterstützt den Umstieg von fossilen Feuerungen auf CO₂-arme/-freie Lösungen.

Tabelle 42: Massnahme Räumliche Energieplanungen in Gemeinden und Städten

3.5.3 Wirkung neuer Massnahmen

Im Folgenden werden neue Schlüsselmassnahmen im Gebäudebereich mit einem wesentlichen Zielbeitrag beschrieben.

Massnahme G5	Sanierungspflicht für Gebäude mit GEAK-Klasse F oder G
Sektor	Gebäude (Wohngebäude, Dienstleistung/Gewerbe und Industrie – Energie)
Art der Massnahme	Vorschrift
Beschreibung	Bis 2030 sind alle Gebäude mit nur teilweiser oder inexistenter Wärmedämmung und/oder hohen spezifischen CO₂-Emissionen zu sanieren oder deren absehbare Sanierung mit einem Sanierungsplan nachzuweisen. Details zur Ausgestaltung messen sich am Ziel, die Sanierungsrate ab 2020 mindestens zu verdoppeln. Betroffen sind primär Gebäude mit Bewertung in Klassen F und G beim Gebäudeausweis der Kantone (GEAK) in der Bewertungskategorie «Effizienz Gebäudehülle» und/oder in der Bewertungskategorie «CO₂-Emissionen». Das Raster für die Bewertungskategorie «CO₂-Emissionen» ist neu zu erstellen, wobei die spezifischen CO₂-Emissionen bereits im aktuellen GEAK erhoben werden. Für Gebäude der Klassen F und G ist ein Gesamtsanierungskonzept zu erstellen, mit welchem die GEAK-Klasse B langfristig erreicht werden kann. Die Sanierung kann sowohl als Gesamtsanierung als auch etappiert vorgenommen werden. Bis 2030 sollte in der Regel mindestens die Klasse E erreicht werden. Die Klasse E entspricht in der Bewertungskategorien «Effizienz Gebäudehülle» einem Altbauten mit erheblicher Verbesserung der Wärmedämmung, inkl. neuer Wärmeschutzverglasung. Ebenso ist in der Bewertungskategorien «CO₂-Emissionen» das Niveau der Klasse E zu erreichen. Werden die Vorgaben nicht erreicht, ist beispielsweise eine Sonderabgabe zugunsten des Gebäudeprogrammes zu entrichten bis die Sanierung erfolgt ist. Ausnahmeregelungen sind z.B. für Gebäude unter Denkmalschutz zu prüfen steht (Bauwerke von kantonaler oder nationaler Bedeutung) oder wenn Gebäude kurz- oder mittelfristig abgebrochen werden). Zu prüfen ist eine Wirtschaftlichkeitsklausel, um Extremfälle abzufangen. Hinweise: – Ab 2030 können die Anforderungen gestaffelt verschärft werden, bis bspw. im 2040 alle Gebäude mindestens die Klasse D, bis 2050 Klasse C und bis 2060 Klasse B aufweisen. – Der Vollzug bedingt eine GEAK-Pflicht (für Gebäude, welche vor 2000 erbaut wurden). – Eine auf Sanierungen fokussierte Energieberatung unterstützt die Bauherrschaften. – Gemeinden und Städte können mit eigenen Immobilien Vorbildfunktion übernehmen. – Gemeinden und Städte können mit einer auf Sanierungen fokussierten Bauherrschaften gezielt unterstützen, insbesondere bezüglich langfristiger Sanierungskonzepte. <i>Beispiele</i> Im Kanton Genf besteht ein Sanierungspflicht für Gebäude mit einer Wärmeverbrauchskenzahl (Indice de dépense de chaleur) höher als 900 MJ/m²a (Kanton Genf, 2014).
Ebene (Bund, Kanton oder Gemeinde/Stadt)	Bund oder Kanton (kann im Rahmen einer MuKEN 2020 realisiert werden)
Gesetz / Grundlage	Energiegesetz Bund oder Kanton CO ₂ -Gesetz Bund
Wirkung	– Die Gebäude mit den höchsten CO₂-Emissionen und ungenügender Dämmung der Gebäudehülle werden saniert. – Durch die Verpflichtung umgeht die Massnahme das Mieter-Vermieter-Dilemma. – Die Wirkung ist davon abhängig, welcher Anteil des Energieverbrauchs des Gebäudeparks auf Gebäude der GEAK-Klasse F und G zurück zu führen sind. Hierbei ist der Anteil der Gebäude, welche unter Denkmalschutz stehen zu berücksichtigen. ➔ Bis 2030 würden dadurch eine wesentliche Zahl der Gebäude (bis auf die Gebäude mit Ausnahmeregelung) mindestens die Klasse E erreichen (Altbauten mit erheblicher Verbesserung der Wärmedämmung, inkl. neuer Wärmeschutzverglasung).

Tabelle 43: Massnahme Sanierungspflicht für Gebäude mit GEAK-Klasse F oder G

Massnahme G6	Pflicht für Heizungen mit erneuerbarer Energie
Sektor	Gebäude (Wohngebäude und Dienstleistung/Gewerbe)
Art der Massnahme	Vorschrift
Beschreibung	Beim Neubau oder beim Ersatz bestehender Heizungsanlagen sind nur Anlagen erlaubt, welche auf der Nutzung erneuerbarer Energien basieren. Ausnahmen können bewilligt werden, sofern keine entsprechende Anlage über ihre Nutzungsdauer betrachtet im Vergleich zu einer fossilen Heizung wirtschaftlich tragbar ist (z.B. aufgrund lokal beschränkter Verfügbarkeiten erneuerbarer Energien). Wird eine Ausnahme geltend gemacht, ist analog der MuKEN 2014 Teil F «Erneuerbare Wärme beim Wärmeerzeugerersatz» eine Standardlösung fachgerecht auszuführen. Die Massnahme kann auf verschiedene Arten verschärft/erweitert werden: – Pflicht nicht <u>bei</u> einem Heizungsersatz zum Umstieg auf erneuerbare Energien, sondern Pflicht <u>zum</u> Umstieg auf erneuerbare Energien. Innerhalb von einer Frist von beispielsweise 15 Jahren müssten alle fossilen Heizungen durch erneuerbare Heizungen ersetzt werden. – Für alte Heizungen kann u.U. eine Ausserbetriebnahme-Prämie eingeführt werden. – Die erneuerbaren Lösungen müssen im Vergleich zu einer fossilen Heizung «wirtschaftlich tragbar» sein, wobei die Definition lautet, dass die Lebenszykluskosten der erneuerbaren Lösungen beispielsweise 30% höher als jene der fossilen Heizungen liegen dürfen. – Ab einem gewissen Zeitpunkt, bspw. ab 2030 können Ausserbetriebssetzungsbeiträge für verbleibende fossile Feuerungen gesprochen werden. Alternativ hierzu kann eine Nutzungsdauerbeschränkung eingeführt werden. Dadurch kann gewährleistet werden, dass auch Anlagen, deren Ersatz als nicht wirtschaftlich tragbar beurteilt wird und welche die Grenzwerte der Luftreinhalteverordnung immer noch erfüllen, aus dem Verkehr genommen werden. Hinweise: – Bestehende kantonale Gesetze zur Anschlussverpflichtung an Fernwärmenetze mit erneuerbaren Energie erübrigen sich durch diese Massnahme teilweise. – Vollzug: Der Ersatz eines Wärmeerzeugers ist bewilligungs- oder meldepflichtig zu machen. – Gemeinden und Städte können mit eigenen Immobilien Vorbildfunktion übernehmen. – Gemeinden und Städte können Bauherrschaften gezielt unterstützen, insbesondere bezüglich langfristiger Sanierungskonzepte und erneuerbarer Heizsysteme.. <i>Beispiele</i> Der Kanton Aargau hat bereits eine ähnliche Regelung im Energiegesetz: Bestehende Heizungsanlagen sind jedoch nicht davon betroffen. EnergieG Kanton Aargau Art. 7 Abs. 1: «Neue Heizungsanlagen mit fossilen Brennstoffen sind zulässig, wenn der Nachweis erbracht wird, dass keine energieeffizientere Heizungsanlage mit geringerem CO₂-Ausstoss zur Verfügung steht, die für die geplante Anwendung genügt und wirtschaftlich tragbar ist. Bestehende Heizungsanlagen dürfen durch eine gleichartige Heizungsanlage ersetzt werden» Die Kantone Basel-Land und Basel-Stadt vollziehen seit mehreren Jahren die Pflicht, bei einem Ersatz der Wassererwärmung einen Anteil mit erneuerbaren Energien zu decken (vergl. MuKEN 2014). Niklaus Haller reichte im Kanton Zürich 2015 die Einzelinitiative «Initiative für klimafreundliche Gebäude» ein. Diese fordert CO₂-Grenzwerte pro m² Energiebezugsfläche, die im Zeitverlauf stark sinken und nach 18 Jahren bei Null sind. Die Formulierung ist technologieneutral und wird beim Heizungsersatz eine energetische Sanierung und/oder ein nicht fossiles Heizungssystem erfordern. Die Absenkpfade unterscheiden sich für bestehende Gebäude und Neubauten. In Dänemark gilt seit 2013 ein Verbot von Installationen fossiler Heizungen in neuen Gebäuden. Ab 2016 gilt das Verbot auch für bestehende Bauten. Ausnahmen werden gestattet, wenn die Alternativen nicht wirtschaftlich sind (ÖBV 2013).
Ebene (Bund, Kanton oder Gemeinde/Stadt)	Bund oder Kanton (kann im Rahmen einer MuKEN 2020 realisiert werden)
Gesetz / Grundlage	Energiegesetz Bund oder Kanton CO ₂ -Gesetz Bund
Wirkung	Die Wirkung wird als mittel angenommen. Sie ist insbesondere von der Wirtschaftlichkeit fossiler und erneuerbarer Heizungssysteme abhängig. Verstärkt wird die Wirkung der Massnahme G2 durch die Massnahme G1, welche zu vermehrten Gebäudehüllensanierungen führt. Gebäudehüllensanierungen lösen in vielen Fällen einen gleichzeitigen Heizungsersatz aus, wobei die Massnahme G2 zum Tragen kommt.

Tabelle 44: Massnahme Pflicht zur Verwendung von Heizungen basierend auf erneuerbaren Energien

Massnahme G7	Aufbau von Finanzierungsmöglichkeiten für die Finanzierung von energetischen Sanierung (ergänzende Massnahme zu G5 und G6)
Sektor	Gebäude (Wohngebäude und Dienstleistung/Gewerbe)
Art der Massnahme	Schaffung von Finanzprodukten
Beschreibung	Die angestrebte Erhöhung der Sanierungsrate der Gebäudehülle und der Ersatz fossiler Heizungen bedürfen grosser finanzieller Mittel. Für Gebäudeeigentümer und Gebäudeeigentümerinnen sind neue, resp. zusätzliche Finanzierungsmöglichkeiten bereit zu stellen. Dies ist insbesondere für die Massnahmen G5 und G6 wichtig, welche die Eigentümer und Eigentümerinnen zu Investitionen verpflichten. Zu prüfende Finanzierungsmöglichkeiten: – Effizienzcontracting – Effizienzkredite – Effizienzfonds: Um die Ausfallsrisiken einzelner Effizienzcontracting-Verträge und Effizienzkredite zu verteilen, können diese zu Effizienzfonds gebündelt werden. Durch solche Fonds können auch weitere Gelder für energetische Sanierungen mobilisiert werden. Wichtigste Barriere für das Effizienzcontracting stellen die Eigentumsrechte an den betroffenen Gebäudehüllenteilen dar. Hierzu sind Lösungen zu entwickeln.
Ebene (Bund, Kanton oder Gemeinde/Stadt)	Bund
Gesetz / Grundlage	Energiegesetz
Wirkung	Neue Finanzierungsmöglichkeiten unterstützen insbesondere die Umsetzung der Massnahmen G5 und G6.

Tabelle 45: Massnahme Aufbau von Finanzierungsmöglichkeiten für die Finanzierung von energetischen Sanierung

Massnahme G8	Gebäudegebundener Erneuerungsfonds: Abgabe für energetisches Bausparen (ergänzende Massnahme zu G5 und G6)
Sektor	Gebäude (Wohngebäude und Dienstleistung/Gewerbe)
Art der Massnahme	Vorschrift
Beschreibung	Gebäudeeigentümer und Gebäudeeigentümerinnen werden zur Äuffnung eines gebäudegebundenen Erneuerungsfonds verpflichtet. Die Gelder im Fonds können für energetische Gebäudesanierungen wieder gelöst werden. Der Abgabesatz kann abhängig von der GEAK-Klasse des Gebäudes ausgestaltet werden. Für ein Gebäude der Klasse G gilt beispielsweise ein Abgabesatz von 20 CHF/m ² , für ein Gebäude der Klasse D einer von 5 CHF/m ² (vgl. ebp, 2013)
Ebene (Bund, Kanton oder Gemeinde/Stadt)	Bund
Gesetz / Grundlage	CO ₂ -Gesetz Energiegesetz
Wirkung und weitere Aspekte	— Die Massnahme unterstützt die Umsetzung der Massnahmen G 5 und G6 und erhöht dadurch auch deren Akzeptanz. — Langfristig erlaubt die Massnahme die Erzielung einer hohen Wirkung, da die geäuffneten Gelder zweckgebunden nur für energetische Sanierungen verwendet werden können. Kurzfristig ist die Wirkung geringer, weil der Fondsaufbau Zeit braucht. — Aus volkswirtschaftlicher Sicht kann es nachteilig sein, in einer (weiteren) Form von Zwangsparen umfangreiche Finanzmittel zweckgebunden dem Wirtschaftskreislauf (temporär) zu entziehen. Dieser Effekt kann aufgewogen werden, indem die «ungerichtete» Sparquote zugunsten zukünftigen Konsums in Richtung Investitionen umgelenkt werden und in Zusammenhang mit der Massnahme G5 (Sanierungspflicht) auch zu früherer Verwendung der Finanzmittel führen kann. — Aus ordnungspolitischer Sicht ist die Massnahme als markanter Eingriff in die Handlungsfreiheit zu betrachten, die eines sorgfältigen Nachweises des öffentlichen Interesses bedarf und mit anderen Massnahmen mit ähnlicher Zielsetzung (z.B. G7) abzuwägen ist.

Tabelle 46: Massnahme Gebäudegebundener Erneuerungsfonds

Massnahme G9	Wettbewerbliche Ausschreibungen im CO₂-Bereich für Gemeinden/Städte und weitere Akteure (ergänzende Massnahme)
Sektor	Alle Sektoren (Gebäude; Verkehr; Industrie; Landwirtschaft; Energieumwandlung; etc.)
Art der Massnahme	Förderung
Beschreibung	Analog zu den Wettbewerblichen Ausschreibungen im Elektrizitätsbereich soll eine Wettbewerbliche Ausschreibung im CO ₂ -Bereich eingerichtet werden. Gemeinden und Städte sowie Organisationen und private Akteure können sich mit der Eingabe von Projekten und Programmen bewerben. Es sind Massnahmen in allen Sektoren zulässig. Die Massnahme profitiert von der Kenntnis der lokalen Akteure. Die Gelder stammen beispielsweise aus der CO ₂ -Abgabe.
Ebene (Bund, Kanton oder Gemeinde/Stadt)	Bund
Gesetz / Grundlage	CO ₂ -Gesetz
Wirkung	Durch die Nutzung der Kenntnisse der Akteure auf lokaler Ebene und der wirkungsorientierten Ausgestaltung des Instrumentes können die Fördermittel effizient eingesetzt werden. Die Wirkung wird mit gering bis mittel eingeschätzt.

Tabelle 47: Massnahme Wettbewerbliche Ausschreibungen im CO₂-Bereich

3.5.4 Weitere mögliche Massnahmen ohne Wirkungsabschätzung und ohne Aufnahme in den Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030

Hier sind Massnahmen aufgeführt, welche mit den in den MKK2030 aufgenommenen Massnahmen überlappend sind, eine alternative Option darstellen, eine geringe Wirkung aufweisen oder aus anderen Gründen nicht genauer geprüft wurden und nicht in den Absenkpfad des MKK2030 aufgenommen wurden.

Massnahme	Erläuterungen
Steuerlicher Pauschalabzug für Unterhalt nur für Gebäude unter Einhaltung eines energetischen Mindeststandards	— In der Schweiz kann der Unterhalt von Gebäuden im Privatvermögen vom steuerbaren Einkommen abgezogen werden. Es kann ein Pauschalbetrag (10 – 20% des Brutto-Mietertrags oder -Mietwerts) oder die effektiven Kosten abgezogen werden. Neu wären mit der Massnahme die effektiven Kosten nachzuweisen, wenn nicht ein minimaler energetischer Standard (GEAK) erreicht wird (vgl. Studie Interface 2015). — Alternativ oder ergänzend könnte für die Abzugs-Berechtigung ein energetischer Mindeststandard des Gebäudes verlangt werden. — Wenn ergänzend die Investitionskosten auf mehrere Steuerperioden verteilt werden können kann ein Hemmnis von Gesamtsanierungen gegenüber etappierten Teilsanierungen vermindert werden. Mit der Massnahme können die Sanierungsrate und die Tiefe energetischer Sanierungen erhöht werden.. Grundlage Bund: Liegenschaftskostenverordnung 642.116 Art. 1 und 2
Vorrang von erneuerbaren Energien gegenüber Wärmeverbünden mit fossiler Energie	Hauseigentümer/innen sollen nicht verpflichtet werden können, sich neu an einen Wärmeverbund anzuschliessen, der ganz oder überwiegend mit fossiler Energie betrieben wird, sofern sie ihr Gebäude mit erneuerbaren Energien heizen.
Ermöglichung der Umstellung auf erneuerbare Energien in Wärmeverbünden	Es soll möglich sein, bestehende Wärmeverbünde zu verlassen, die ganz oder teilweise mit fossiler Energie beheizt werden, sofern dabei eine Umstellung auf erneuerbare Energien erfolgt und im Wärmeverbund nicht ohnehin eine vollständige Umstellung auf erneuerbare Energien innerhalb der nächsten fünf Jahre geplant ist.
Pilotprojekte für Fernwärmeversorgung mit	Pilotprojekte für Fernwärmenetze, die ganz oder überwiegend auf der Nutzung erneuerbarer Energien basieren werden unterstützt.

Massnahme	Erläuterungen
erneuerbaren Energien	
Ausnützungsbonus für Neubauten mit saisonaler solarer Wärmespeicherung	Die saisonale Wärmespeicherung der Solarenergie ist eine äusserst effiziente Form der Wärmebereitstellung. Die Lösung ist erneuerbar und verursacht kaum zusätzlichen Strombedarf. Ein grosser Nachteil entsprechender Systeme ist, dass sie, weil sie aus Effizienzgründen innerhalb der Gebäudehülle platziert werden müssen, das für Wohnzwecke nutzbare Gebäudevolumen wesentlich reduzieren. Ein Anreizsystem, dass für entsprechende Gebäude einen Ausnützungsbonus gewährt, um dies zu kompensieren, kann deshalb eine grosse Wirkung haben.
Gewährung einer zusätzlichen Geschossfläche bei umfassenden energetischen Gesamtsanierungen	Die Nutzung zusätzlicher Flächen kann einen entscheidenden Anreiz darstellen, um eine energetische Gebäudesanierung durchzuführen. Es wird deshalb vorgeschlagen, dass Kantone und Gemeinden die Gewährung zusätzlicher Geschossflächen prüfen für Gesamtsanierungen, welche die CO ₂ -Emissionen um mehr als 50% senken. Die Anwendbarkeit einer solchen Regelung bedarf einer Prüfung der lokalen Gegebenheiten. Um dennoch die Gemeinden und Kantone unter Druck zu setzen, die Einführung der Regelung zu prüfen, wird vorgeschlagen, dass eine Übergangszeit definiert von beispielsweise 6 Jahren, ab der die entsprechende Regelung gilt, wenn Gemeinden und Kantone bis dann nicht die Anwendbarkeit dieser Regelung auf ihrem Gebiet geprüft und entsprechende Regelungen für geeignete Gebiete eingeführt haben.
Zonen definieren, in denen bestimmte höhere Energiestandards gelten	Gemeinden definieren Zonen, in denen Minergie-P-Standard oder Minergie-A-Standard gilt, mit erneuerbaren Energien als Heizungssystem
Unterstützung Energieberatung / Pflicht Energieberatung und energetische Erneuerungsstrategie bei Subventionen	Pflicht zur Energieberatung und zur Erstellung einer energetische Erneuerungsstrategie über die nächsten 10 Jahre als Voraussetzung für energetische Subventionen, verknüpft mit Subventionierung diese Beratungen.
Pflicht zur Erstellung eines GEAK und darauf basierender Erneuerungsstrategie	Für Gebäude mit Baujahr vor 1990 wird die Erstellung eines GEAK und einer darauf basierenden Erneuerungsstrategie für obligatorisch erklärt.
Pflicht zur Bekanntmachung der GEAK Klasse bei Vermietung und Verkauf	Bei Vermietung und Verkauf eines Gebäudes wird die Angabe der Energieeffizienzklasse in Inseraten sowie vor Vertragsabschluss für obligatorisch erklärt.
Fehlanreize Steuersystem abschaffen	Abschaffung Steuerabzüge zugunsten von leistungsorientierten Beiträgen an energetisch weitgehende Massnahmen
Pflicht zur Überprüfung der Anlagensteuerung	Pflicht zur Überprüfung der Anlagensteuerung bei Anlagen > 100 kW: – regelmässige Überprüfung – Abnahmepflicht nach 1 Jahr

Tabelle 48: Weitere mögliche Massnahmen im Gebäudebereich ohne Wirkungsabschätzung und ohne Aufnahme in den Absenkpfad des MKK2030

3.5.5 Gesamtwirkung der Schlüsselmassnahmen Gebäudebereich

Absenkpfad und Auswirkungen der Massnahmen im Gebäudebereich

Durch die Kombination aller Massnahmen G1 – G9 können die Emissionen im Gebäudebereich von 15.3 Mio. t CO₂ im 2013 bis auf 5.5 Mio. t CO₂ (-9.8 Mio. t CO₂ oder -64%) im 2030 gesenkt werden. Im Vergleich zu 1990 ist dies eine Reduktion von 17.1 Mio. t CO₂ auf 5.5 Mio. t CO₂ (-11.6 Mio. t CO₂ oder -68%). Vergleiche hierzu Tabelle 36 auf S. 103.

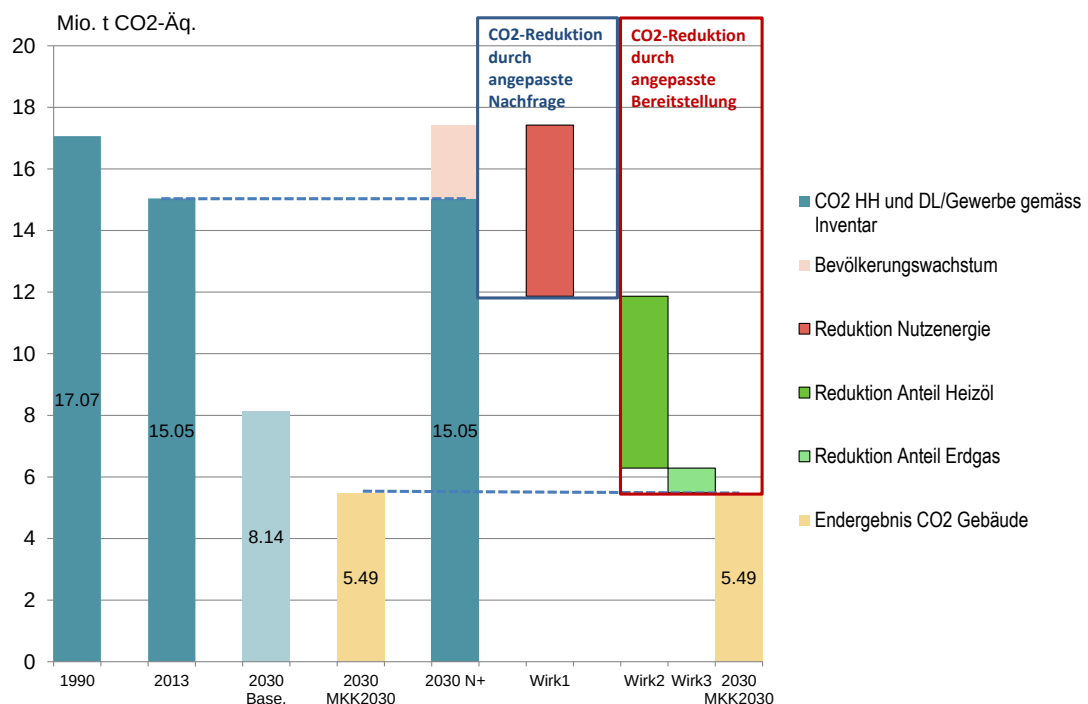
CO₂-Reduktion im Gebäudebereich auf Wirkungs- und Massnahmenebene

Die folgende Zusammenstellung zeigt welche Massnahmen auf welche energieverbrauchsbestimmenden Faktoren wirken sowie wie die Gesamtwirkung aufgegliedert in Nachfrage und Bereitstellung zustande kommt (letzte Spalte). Hierbei wird eine kaskadenartige Wirkung angenommen, wobei rechnerisch zuerst die Nachfrage reduziert und erst anschliessend die Bereitstellung angepasst wird. Würde die Wirkungskette umgekehrt, käme der Wirkung der Bereitstellung noch weitere Bedeutung zu.

Faktor	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	Reduktion (Mio. t CO ₂) ggü 2013
Nachfrage										ca. - 3.5
EKZ/m ² Neubau	X	X	X						X	
EBF (m ²)	X	X							X	
Sanierungsrate	X	X	X		X		X	X	X	
Sanierungstiefe	X	X	X		X		X	X	X	
Bereitstellung										ca. - 6.3
Wechsel Heizöl zu Erneuerbaren	X	X	X	X	X	X	X	X	X	ca. - 5.5
Wechsel Erdgas zu Erneuerbaren	X	X	X	X	X	X	X	X	X	ca. - 0.8
Total										ca. - 9.8
Total ggü. 1990										- 11.6

Tabelle 49: Zusammenstellung des Wirkungsbereichs der Massnahmen auf die energieverbrauchsbestimmenden Faktoren und Beitrag der einzelnen Faktoren auf die Gesamtwirkung.

Die folgende Figur zeigt die CO₂-Reduktionsbeiträge auf der Wirkungsebene. Ausgangspunkt ist jeweils der Stand von 2013 zuzüglich der Nachfragerhöhung bei unbeeinflusster Entwicklung, d.h. die Nachfrageerhöhung durch die wachsende Energiebezugsfläche (2030 N+).



econcept

Figur 37: CO₂-Reduktionen durch den Merkmalskatalog Klimapolitik 2030 im Gebäudebereich auf der Wirkungsebene.

Wirk1: Wirkung 1, etc.

2030 N+: Nachfragezunahme aufgrund Bevölkerungswachstum

3.5.6 Rolle der Städte im Gebäudebereich

Im Gebäudebereich haben die Städte eine wichtige Rolle bei der Umsetzung der Massnahmen. Dies in der Rolle als Eigentümerin von Immobilien, Bearbeiterin von Baugesuchen und Koordinatorin und Beraterin der städtischen Energieversorgung. Viele Städte nehmen zudem Vorreiter-Rollen ein, indem sie über die gesetzlichen Anforderungen hinaus energie- und klimapolitische Anstrengungen unternehmen. Die Klimabündnis-Städte und Energiestädte bieten viele Grundlagenarbeiten und Praxis-Beispiele.

- Das Gebäudeprogramm (G3) kann punktuell durch städtische Mittel ergänzt werden.
- Die räumliche Energieplanung (G4) ist das ideale Instrument, spezifisch auf die lokale Situation erneuerbare Wärme- und Kälteversorgungs-lösungen zu erarbeiten und umzusetzen. Hierbei ist die Stadt das zentrale Organ. Mit einer guten Energieplanung kann die Stadt optimale arealübergreifende Lösungen anstossen, welche aus der Perspektive der einzelnen Akteure nicht oder kaum sichtbar sind. Als Instrumente zur Umsetzung kann sie grundeigentümerverbindliche Instrumente, wie z.B. die Gestaltungsplanpflicht, einsetzen und als Beraterin von Eigentümerschaften aktiv sein. Zusätzliche Möglichkeiten zur Einflussnahme hat sie, wenn sie über ein eigenes Werk verfügt. Der Energieplan und die Umsetzung von Wärmeverbunden mit erneuerbaren

Energien oder Abwärme bilden eine wichtige Voraussetzung zur Umsetzung der Massnahmen G5 und G6 (siehe nachfolgender Spiegelstrich).

- In der Umsetzung der Sanierungspflicht für Gebäude (G5) und in der Umsetzung der Pflicht zur Verwendung von Heizungen, die erneuerbare Energien nutzen (G6) können Städte als Eigentümerinnen eigener Immobilien eine Vorbildfunktion übernehmen und aufzeigen, wie die Vorgaben erreicht werden können.
- Bei der Abgabe städtischer Grundstücke (Verkauf oder Baurecht) können klimaverträglich Lösungen durchgesetzt werden.
- Nach Möglichkeit können sich Städte beim Aufbau von Finanzierungsmöglichkeiten für die Finanzierung von energetischen Sanierung (G7) konzeptionell einbringen.
- Die Massnahme G9 sieht wettbewerbliche Ausschreibungen für Städte und Gemeinden sowie weitere Akteure vor. So können gute und zielführende Projekte durch Bundesgelder aus der CO₂-Abgabe gefördert werden.
- Den Städten kommt bei der Bauherrenberatung eine zentrale Rolle zu. Ergänzend zu den Angeboten Privater kann die öffentliche Beratung als Türöffner wirken, den Blick auf übergeordnete Zielsetzungen lenken und im Zusammenhang mit Vollzugaufgaben (zum Beispiel im Baubewilligungsverfahren) auf energie- und klimarelevante Aspekte und Fördermöglichkeiten hinweisen.
- Öffentlichkeitsarbeit: Für die Information und Sensibilisierung von Eigentümerschaften und den Benutzern und Benutzerinnen der Gebäude zu klimarelevanten Themen können die Städte/Gemeinden einen entscheidenden Vorteil ausspielen: Die Vertrautheit mit den lokalen Gegebenheiten. In Ergänzung zur (notwendigen) Grundlagenarbeit durch Bund und Kantone sind so massgeschneiderte, inhaltlich und zeitlich optimierte und mit lokalen Beispielen veranschaulichte Aktivitäten möglich. Die Städte brauchen dazu einen Auftrag und die entsprechenden Mittel.

3.6 Industrielle Prozesse und Lösungsmittel (ohne Energieeinsatz)

3.6.1 Übersicht zur Zielsetzung sowie zu bisherigen und neuen Massnahmen

Potential und Zielsetzung

Die Treibhausgas-Emissionen aus dem Sektor Industrielle Prozesse und Lösungsmittel (THG-Inventar Bereich 2) werden im Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 bis zum Jahr 2030 auf 2.1 Mio. Tonnen CO₂eq gesenkt. Gegenüber dem Jahr 2013 entspricht dies einer Reduktion um 2.0 Mio. t CO₂eq (-49%).

Ein Teil der in diesem Bereich erfassten Emissionen werden durch das Emissionshandelssystem (EHS) abgedeckt. Da Massnahmen im Zusammenhang mit dem EHS ausschliesslich in Kapitel 3.3 behandelt werden, werden hier nur davon nicht betroffene Akti-

vitäten und von EHS-Unternehmen zusätzlich geleistete bzw. geforderte Massnahmen berücksichtigt.

Die geogenen CO₂-Emissionen aus der Zementindustrie sind vom aktuellen Emissionshandelssystem (EHS) erfasst. Für die Periode 2008 bis 2012 war dies noch nicht der Fall. Es gab allerdings vor 2013 ein Zielvereinbarungsprogramm für die Zementindustrie in Bezug auf die geogenen CO₂-Emissionen..

Die wichtigsten Aktivitäten im vorliegenden Bereich sind die Zementherstellung (nur geogene Emissionen) und der Verbrauch von Fluorkohlenwasserstoffen (F-Gase). Diese verursachen jeweils 50% (Zement) und 35% (F-Gase) der THG-Emissionen in diesem Bereich. Für die bisherige Entwicklung dieser Emissionen sei auf das Kapitel 2.6 (Baseline) verwiesen.

Zement

In der Zementproduktion kann Klinker teilweise durch andere Zementhauptbestandteile ersetzt werden (Achternbosch et al., 2011; Berger und Hoenig, 2010). Da die geogenen CO₂-Emissionen bei der Herstellung des Klinkers entstehen, können damit die entsprechenden CO₂-Emissionen reduziert werden.

Weitere Reduktionen könnten sich ergeben, wenn es gelingt, den klassischen Portlandzement durch sogenannte «Low-CO₂-Zemente» zu ersetzen. Damit sind Zemente gemeint, die entweder einen tiefen Klinkeranteil haben oder statt aus normalem Klinker aus anderen mineralischen Bindemitteln bestehen. Diese Bindemittel können potenziell mit wesentlich weniger CO₂-Emissionen hergestellt werden. Siehe auch Beispiele in Kapitel 3.3.1. Weiter ist denkbar, dass vermehrt Bindemittel eingesetzt werden, bei deren Anwendung CO₂ aus der Luft gebunden wird, was die CO₂-Bilanz ebenfalls verbessert. Bei Kalkmörtel, der sich jedoch nur für bestimmte Anwendungen eignet, ist dies beispielsweise der Fall.

Die geogenen CO₂-Emissionen aus der Zementproduktion werden schliesslich auch vermindert, wenn die Zementproduktion insgesamt sinkt, beispielsweise wenn in der Bauindustrie generell weniger Zement und stattdessen alternative Materialien verwendet werden wie zB. Holz. Siehe Massnahme IE3 «Alternatives Bauen mit weniger Zement» (Kapitel 3.3.3). Das Einfangen und Speichern von CO₂ (CCS – Carbon Capture Storage) wird aufgrund der mangelnden Reife der Verfahren hier nicht näher untersucht (siehe 3.6.4)

F-Gase

Zur Reduktion der Emissionen aus F-Gasen existiert eine Reihe von Handlungsmöglichkeiten. Im Vordergrund steht dabei eine Vermeidung des Gebrauchs von F-Gasen mit hohem Treibhauspotenzial (Europäische Kommission, 2011). Daneben kommt auch der Vermeidung von Lecks sowie der Wiederverwertung und fachgerechten Entsorgung eine hohe Bedeutung zu. Es gibt verschiedene natürliche Kältemittel, welche F-Gase ersetzen können, darunter CO₂, Ammoniak, sowie Kohlenwasserstoffe mit deutlich geringerem

Treibhauspotenzial. In manchen Anwendungen bleibt deren Einsatz eine Herausforderung, unter anderem auch aus sicherheitstechnischen Gründen. Es wird davon ausgegangen, dass das technische Reduktionspotenzial trotzdem nahe bei 100% liegt. Eine andere Frage ist, bis zu welchem Grad eine Reduktion dieser Emissionen aus Kostensicht verhältnismässig ist. Die Europäische Kommission hat in ihrem Vorschlag für die neue F-Gas-Verordnung ein Reduktionspotenzial der F-Gas-Emissionen von 72 - 73% bis 2030 gegenüber 1990 als Teil eines kosteneffizienten Szenarios betrachtet, um die EU-Treibhausgas-Emissionsreduktionsziele zu erreichen (Europäische Kommission, 2012 und 2011b). In Bezug auf die Fluorkohlenwasserstoffe wurde in dieser Verordnung eine Reduktion der Emissionsmengen von 2008 - 2011 bis 2030 um 79% beschlossen (Verordnung 517/2014 über fluoriierte Treibhausgase). Es wird hier davon ausgegangen, dass dementsprechend in der Schweiz in Bezug auf die F-Gase ein wirtschaftlich vertretbares Reduktionspotenzial von 80% gegenüber den heutigen Treibhausgas-Emissionen besteht.

Diese diskutierten Absenkungen können mit folgenden Veränderungen erzielt werden:

- Die Zementindustrie setzt vermehrt auf neuartige Technologien, welche den konventionellen Portland-Zement für gewisse Breitenanwendungen ersetzen können. (Potential 10-15% Reduktion der geogenen Emissionen)
- Die Baubranche setzt auf alternative Bauweisen und senkt den Zementverbrauch und die geogenen Emissionen um ca. 15%
- Die Verwendung von fluorierten Gasen wird stark gesenkt und halogenfreie Kältemittel werden als Ersatz eingesetzt.

Übersicht zu den Massnahmen im Bereich Industrielle Prozesse und Lösungsmittel

Nr.	Massnahme	Stichworte zur konkreten Ausgestaltung	Umsetzungsstand, Einführungszeitraum	In MKK 2030?	Bemerkungen
Industrielle Prozesse und Lösungsmittel, bisherige Massnahmen					
	Verschärfungen der Chemikalien-Risikoverordnung ChemRRV	Die Verwendung von fluorierten Kohlenwasserstoffen wird durch Verbote zunehmend eingeschränkt.			
Industrielle Prozesse und Lösungsmittel, Ausbau bisheriger Massnahmen					
IP1	Weitere Verschärfung der Verwendungsverbote in der Chemikalien-Risikoverordnung ChemRRV	Kontinuierliche Verschärfung der Verwendungsverbote mit Entwicklung des Stands der Technik			Es wird geschätzt, dass damit eine Stabilisierung der F-Gas-Emissionen erreicht wird.
Industrielle Prozesse und Lösungsmittel, neue Massnahmen mit Prüfung					
IP2	Treibhausgasabgabe auf F-Gase	Der Verbrauch fluorierter Gase wird vermindert, indem eine Treibhausgasabgabe auf Stoffe, Zubereitungen oder Produkte eingeführt wird, die aus F-Gasen bestehen oder solche enthalten			0.1 Mio t CO ₂ eq

IP3	Phase-down mit Quotenregelung für fluoridierte Kohlenwasserstoffe wie in EU	Hersteller und Importeure von Stoffen, Zubereitungen oder Produkten mit fluoridierten Kohlenwasserstoffen erhalten für das Inverkehrbringen der jeweiligen fluoridierten Kohlenwasserstoffe jährlich abnehmende Quoten zugeteilt			Reduktion der F-Gas-Emissionen um 80% gegenüber 2010.
IP4	Förderung für Kälteanlagen mit halogenfreien Kältemitteln	Förderung der Neuanschaffung von energieeffizienten Kälteanlagen mit halogenfreien Kältemitteln, des Ersatzes von Bestandanlagen und der entsprechenden Beratung			
IP5	Alternatives Bauen mit weniger Zement	Programm zur Förderung innovativer Bauten und neuer Verfahren zur Reduktion des Zementeinsatzes			Siehe IE3 in Kapitel 3.3 Reduktion: 10-15% der geogenen Zementemissionen
IP6	Low-CO ₂ -Cement	Ersatz des klassischen Portlandzement durch sogenannte «Low-CO ₂ -Zemente».			Keine eigentliche Massnahme. Wird jedoch durch die Forderungen aus dem EHS (siehe IE1 in Kapitel 3.3.2) unterstützt.
Industrielle Prozesse und Lösungsmittel, weitere Massnahmen ohne vertiefte Prüfung (siehe Kap. 3.6.4)					

Tabelle 50: Übersicht zu den Massnahmen im Bereich Industrielle Prozesse und Lösungsmittel

3.6.2 Wirkung eines Ausbaus bisheriger Massnahmen

Keine zusätzlichen Informationen im Vergleich zur Tabelle oben (IP1).

3.6.3 Wirkung neuer Massnahmen

Massnahme IP2	Treibhausabgabe auf F-Gase
Sektor	Industrielle Prozesse und Lösungsmittel (2)
Art der Massnahme	Steuer
Beschreibung	Der Verbrauch fluorierter Gase wird vermindert, indem eine Treibhausgasabgabe auf Stoffe, Zubereitungen oder Produkte eingeführt wird, die aus F-Gasen bestehen oder solche enthalten
Ebene (Bund, Kanton oder Gemeinde/Stadt)	Bund
Gesetz / Grundlage	Neue gesetzliche Grundlage
Wirkung	Der Verbrauch fluorierter Gase wird vermindert, indem eine Treibhausgasabgabe auf Stoffe, Zubereitungen oder Produkte eingeführt wird, die aus F-Gasen bestehen oder solche enthalten. In einigen Ländern wie Dänemark, Slowenien und Schweden, haben solche Massnahmen bereits wichtige Beiträge zur Reduktionen der Emissionen beigetragen. In der Botschaft des Bundesrates zum CO₂-Gesetz wurde die Wirkung eines Abgabe auf synthetische Stoffe bis 2020 auf einen Reduktionseffekt in der Höhe von 0,1 Millionen Tonnen CO₂eq geschätzt. → Massnahme bringt netto eine Reduktion von 0.1 Mio. t CO₂eq für das Jahr 2030 gegenüber 2013 (-2% für den Bereich Industrielle Prozesse und Lösungsmittel)

Tabelle 51: Treibhausabgabe auf F-Gase (IP2)

Massnahme IP3	Phase-down mit Quotenregelung für fluoridierte Kohlenwasserstoffe wie in EU
Sektor	Industrielle Prozesse und Lösungsmittel (2)
Art der Massnahme	Vorschrift
Beschreibung	Hersteller und Importeure von Stoffen, Zubereitungen oder Produkten mit fluoridierten Kohlenwasserstoffen erhalten dabei jährlich abnehmende Quoten zugeteilt für das Inverkehrbringen der jeweiligen fluoridierten Kohlenwasserstoffe
Ebene (Bund, Kanton oder Gemeinde/Stadt)	Bund
Gesetz / Grundlage	Neue gesetzliche Grundlage notwendig
Wirkung	Die Schweiz hat zwar die Regelungen bezüglich F-Gasen laufend verschärft; die wichtigste kürzlich beschlossene Massnahme der EU wurde jedoch bisher nicht übernommen: Ein Phase-down mit Quotenregelung für fluoridierte Kohlenwasserstoffe (Verordnung 517/2014). Bisher ist der F-Gas-Einsatz produktbezogen geregelt. Mit der neuen Regelung wird sichergestellt, dass selbst wenn die produktbezogenen Regelungen nicht streng genug sind bzw. für den Fall, dass manche Anwendungen zunehmen statt abnehmen, da nicht genügend erfasst, die Emissionen abnehmen. Hersteller und Importeure von Stoffen, Zubereitungen oder Produkten mit fluoridierten Kohlenwasserstoffen erhalten dabei jährlich abnehmende Quoten zugeteilt für das Inverkehrbringen der jeweiligen fluoridierten Kohlenwasserstoffe. Durch die Reduktion der am Markt verfügbaren Mengen wird eine künstliche Verknappung erzeugt, die – je nach Nachfrage – zu einer erheblichen Preiserhöhung für die entsprechenden Stoffe führen kann. Bis im Jahr 2030 wird in der EU dadurch eine Abnahme der Verwendung aus fluoridierten Kohlenwasserstoffen um 79% gegenüber dem Stand der Jahre 2008-11 sichergestellt.⁷⁴ Es kann davon ausgegangen werden, dass dementsprechend die Emissionen im gleichen Umfang abnehmen. Die durchschnittlichen Emissionen durch F-Gase lagen von 2008-2011 bei 1.56 Mio. t CO₂eq. Die vorgeschlagene Massnahme kann die Emissionen als bis 2030 um 80% reduzieren und auf ein Niveau von 0.31 Mio. t CO₂eq. → Die Reduktion dieser Massnahme wird sinnvollerweise nicht auf 1990 bezogen. Denn damals waren die Emissionen aus F-Gasen nur 0.25 Mio. t CO₂eq. Das bis 2030 erreichbare Niveau liegt also noch etwas über dem Wert von 1990. → Bezogen auf das Jahr 2013 und die Baseline per 2030 (1.8 Mio. t CO₂eq aus F-Gasen) bringt die Massnahme eine Reduktion von -1.5 Mio. t CO₂eq (-83% bei den F-Gasen und -37% beim ganzen Bereich).

Tabelle 52: Phase-down mit Quotenregelung für fluoridierte Kohlenwasserstoffe wie in EU (IP3)

⁷⁴ KOM(2012)643 Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on fluorinated greenhouse gases

Massnahme IP4	Förderung für Kälteanlagen mit halogenfreien Kältemitteln (ergänzende Massnahme)
Sektor	Industrielle Prozesse und Lösungsmittel (2)
Art der Massnahme	Förderung / Subvention
Beschreibung	Förderung der Neuanschaffung von energieeffizienten Kälteanlagen mit halogenfreien Kältemitteln, des Ersatzes von Bestandanlagen und der entsprechenden Beratung
Ebene (Bund, Kanton oder Gemeinde/Stadt)	Bund
Gesetz / Grundlage	Neue gesetzliche Grundlage notwendig
Wirkung	Verschiedene Elektrizitätsversorger wie z.B. die EKZ bieten heute bereits Unterstützungsbeiträge für energieeffiziente Kälteanlagen an. In Deutschland gibt es zudem eine Förderung für energieeffiziente Kälteanlagen mit halogenfreien Kältemitteln. Diese Förderung besteht seit 2008 und wird vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) vergeben. Damit werden die Anschaffung entsprechender Kälteanlagen, Massnahmen zur Energieeffizienzverbesserung an Bestandanlagen, und Beratungsmaßnahmen unterstützt. Eine zusätzliche Bonusförderung ist möglich, wenn die Abwärme der Anlage genutzt wird. Förderfähig sind folgende gewerblich verwendete Anlagen (Becken et al. 2015): — Kompressions-Kälteanlagen mit einer elektrischen Antriebsleistung der oder des Verdichter(s) von 5 bis 150 kW — Kompressions-Klimaanlagen mit einer elektrischen Antriebsleistung der oder des Verdichter(s) von 10 bis 150 kW — Sorptionskälte- und -klimaanlagen mit einer Kälteleistung von 5 bis 500 kW Die erwartete Wirkung dieser Massnahme wird hier nicht separat ausgewiesen, da sie die Zielerreichung der Quotenregelung (siehe obenstehende Massnahme) unterstützt (flankierende Massnahme) und am besten mit dieser zusammen betrachtet wird. → Massnahme bringt keine zusätzliche Wirkung (ergänzend für IP2)

Tabelle 53: Förderung für Kälteanlagen mit halogenfreien Kältemitteln (IP5)

Massnahme IP5 entspricht inhaltlich Massnahme IE3 aus dem Kapitel 3.3.3 und wird hier nicht separat beschrieben. Die Wirkung wird als additional zu IE3 betrachtet (geogener Anteil bei IP5 gegenüber energetisch bedingte Reduktion bei IE3).

Massnahme IP6	Low-CO₂-Zemente
Sektor	Industrielle Prozesse und Lösungsmittel (2)
Art der Massnahme	keine
Beschreibung	Durch die erhöhten Zielsetzungen im Emissionshandelssystem (EHS); siehe Massnahme IE1 in Kapitel 3.3.2 werden die Zementproduzenten dazu veranlasst alternative Bindemittel und neue Ansätze zum Ersatz des klassischen Portlandzements zu verfolgen; Normen bezüglich Zement-Rezepturen werden angepasst.
Ebene (Bund, Kanton oder Gemeinde/Stadt)	Bund
Gesetz / Grundlage	CO ₂ -Gesetz
Wirkung	Weitere Reduktionen könnten sich ergeben, wenn es gelingt, den klassischen Portlandzement durch sogenannte «Low-CO₂-Zemente» zu ersetzen (Achternbosch et al., 2011). Damit sind Zemente gemeint, die entweder einen tiefen Klinkeranteil haben oder statt aus normalem Klinker aus anderen mineralischen Bindemitteln bestehen. Solche anderen mineralischen Bindemittel haben das Potenzial, dass bei deren Herstellung wesentlich weniger CO₂-Emissionen anfallen. Es wurden in diesem Zusammenhang beispielsweise Belit-Zemente, Calciumaluminatzemente, Sulfoaluminatzemente, Geopolymere, magnesiumhaltige Binder sowie hochreaktive calciumsilikathaltige Bindemittel mit einem signifikant geringeren Calciumgehalt untersucht. Bisher ist es jedoch damit nicht gelungen, einen weitgehenden Ersatz für Portlandzement zu ermöglichen. Wenn man aber berücksichtigt, dass nur wenige Bauten (Brücken, Hochhäuser, etc.) sehr hohe Anforderungen an den Zement stellen, so sollte es möglich sein neue Produkte mit weniger oder gar keinem Klinkeranteil für breite Anwendungen zu nutzen. Für das Brennen von Kalk, bzw. der Produktion des Zementklinkers, sind sehr hohe Investitionen notwendig. Da dies bei alternativen Ansätzen nicht so ist, könnten neue Produkte zu neuen Akteuren in der Zementbranche führen. Die bestehenden Regeln und Normen behindern dies vermutlich teilweise. Um eine Markttöffnung zu ermöglichen, müssen vermutlich bestehende Normen angepasst oder sogar Vorgaben für die Verwendung von Zusatz- und Ersatzstoffen gemacht werden. Das Potenzial für Low-CO₂-Zemente hängt ab von der technologischen Entwicklung, der in der Zementbranche entstehenden Dynamik und der Reaktion der Baubranche im Bereich Normen und Prozesse. Für den Zeithorizont 2030 wird für den MKK2030 durch den vermehrten Einsatz von sogenannten Low-CO₂-Zementen eine Reduktion von rund 10% der geogenen Zementemissionen angenommen (wobei das technische Potenzial höher läge). Die geogenen Zementemissionen betrugen in 2013 rund 2 Mio. t CO₂eq. Da bisher entwickelte Produkte aus dem Ausland stammen, wird angenommen, dass die Reduktion durch Importe zu Stande kommt bzw. nicht durch inländische Firmen im EHS System erbracht wird. Somit wird die Reduktion als additional zum Effekt der Massnahme IE1. → Massnahme bringt netto eine Reduktion von -0.2 Mio. t CO₂eq für das Jahr 2030 gegenüber 2013 (-5%)

Tabelle 54: Low-CO₂-Zement (IP6)

3.6.4 Weitere mögliche Massnahmen ohne Wirkungsabschätzung und ohne Aufnahme in den Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030

Nr.	Massnahme	Stichworte zur konkreten Ausgestaltung	Umsetzungsstand, Einführungszeitraum	In MKK 2030?	Bemerkungen
Industrielle Prozesse und Lösungsmittel, weitere Massnahmen ohne vertiefte Prüfung					
	CCS – Carbon Capture and Storage	Eine weitere Möglichkeit zur Reduktion der CO ₂ -Emissionen aus der Zementindustrie ist das Einfangen und die Speicherung der CO ₂ -Emissionen aus der Zementindustrie (Achternbosch et al., 2011). Der CO ₂ -Anteil in der Abluft von Zementwerken beträgt zwischen 14 und 33 Prozent, und diese ist damit potenziell geeignet für entsprechendes «Carbon Capture and Storage» (CCS). Die Internationale Energieagentur geht davon aus, dass in den Industrieländern im Jahr 2050 50% der Zementanlagen mit CCS ausgestattet sein könnten. Bisher gibt es allerdings noch wenig Erfahrung mit der Speicherung von CO ₂ aus einem entsprechenden Prozess.		Nein	Technologie ist in 2030 noch nicht praxistauglich

Tabelle 55: Weitere mögliche Massnahmen ohne Wirkungsabschätzung und ohne Aufnahme in den Absenkpfad des MKK2030

3.6.5 Gesamtwirkung der Schlüsselmassnahmen Bereich Industrielle Prozesse und Lösungsmittel

	Absolute Wirkung in Mio. t CO ₂ eq geg. 2013	Wirkung [%] geg. 2013
IP1 Verschärfung ChemRRV	0.0	-
IP2 Treibhausabgabe auf F-Gase	-0.1	-3%
IP3 Quoten für F-Gase	-1.5	-37%
IP4 Förderung halogenfreie Kältemittel	0.0	-
IP5 Alternatives Bauen mit weniger Zement	-0.2	-5%
IP6 Low-CO ₂ -Zemente	-0.2	-5%
Total	-2.0	-49%
Verbleibende Emissionen per 2030	2.1 (=4.1 – 2.0)	

Tabelle 56: Kumulierte Wirkung aller Schlüssel-Massnahmen im Sektor Industrielle Prozesse und Lösungsmittel.

Die Emissionen im Bereich Industrielle Prozesse und Lösungsmittel betrug 2013 4.1 Mio. t CO₂eq. Die Massnahmen IP1 bis IP6 erreichen zusammen bis 2030 ein Niveau von 2.1 Mio. t CO₂eq. Dies bedeutet eine Reduktion um 2.0 Mio. t CO₂eq (-49%) gegenüber 2013 (-1.4 Mio. t CO₂eq resp. -40% ggü. 1990).

3.7 Landwirtschaft

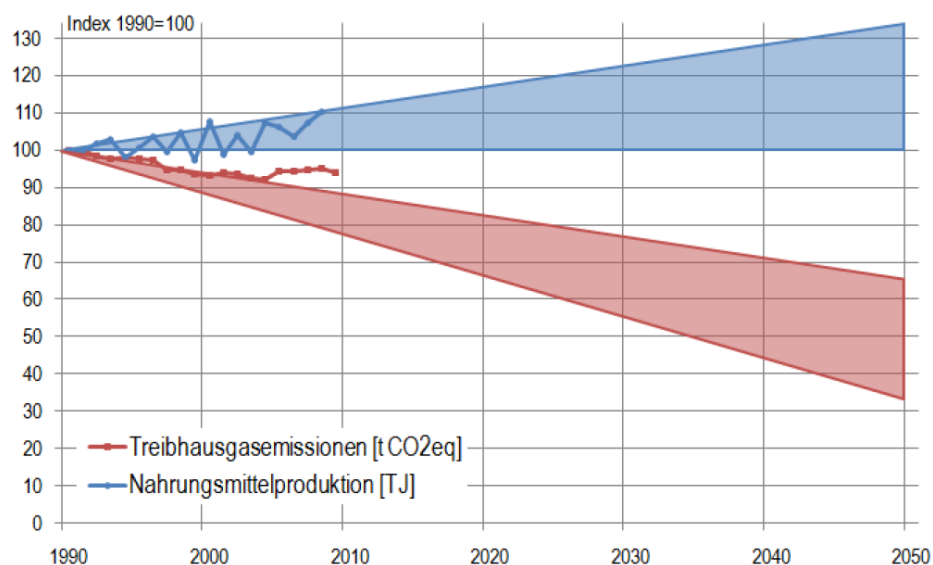
Der Bereich Landwirtschaft (THG-Inventar Bereich 3) trägt in den Jahren 2011 bis 2013 im Durchschnitt 6.01 Mio. Tonnen CO₂eq (11.7%) zu den schweizerischen Treibhausgas-Emissionen bei. Nicht eingeschlossen sind dabei der Energieeinsatz für landwirtschaftliche Motorfahrzeuge, Wärmeproduktion und Brennstoffe für die Trocknung (Gras, Getreide), die im Bereich "Andere Land-/Forstwirtschaft" enthalten sind (1A4c).

Von den Emissionen der Landwirtschaft im Bereich 3 entfallen mehr als die Hälfte auf die Nutztierhaltung (3A), wobei die Rindviehhaltung (3A1) aufgrund der Methanemissionen aus der Verdauung dominiert. Bei den einzelnen Treibhausgasen spielt CO₂ eine unbedeutende Rolle. Die Emissionen teilen sich zu zwei Dritteln auf Methan (CH₄) und einem Drittel auf Lachgas (N₂O) auf (vgl. Tabelle 10: Zusammensetzung der THG-Emissionen im Bereich Landwirtschaft (Mittelwerte 2011-2013) Tabelle 10).

Im Baseline Szenario wird angelehnt an BAFU (2015c, mittleres Szenario) eine Reduktion der Emissionen bis 2020 durch die Massnahmen der Agrarpolitik 2014-17 unterstellt. Diese beruht vorwiegend auf einem Rückgang der Rindviehbestände. Die Reduktion wird bei jährlich 30'000 t CO₂-Äq für die Jahre 2014 - 2020 oder kumuliert 0.21 Mio. t angenommen. Nach 2020 werden die Werte konstant weitergeführt, was für 2030 einer Reduktion um 14% gegenüber 1990 entspricht.

Potential und Zielsetzung

Die Klimastrategie Landwirtschaft (BLW 2011, S. 18) geht von einem Zielkorridor für die Entwicklung der THG aus der Landwirtschaft aus, der für das Jahr 2030 gegenüber 1990 eine Reduktion um 25% bis 45% vorsieht. Mit welchen Massnahmen diese Ziele erreicht werden können, wird nicht präzisiert. Vielmehr wird als eine Aufgabe der Klimastrategie die Identifikation von Massnahmen und die Klärung von offenen Forschungsfragen und damit der Machbarkeit der angestrebten Absenkung gesehen.



Figur 38: Zielpfade der Klimastrategie Landwirtschaft bezüglich Nahrungsmittelproduktion (blauer Bereich), Treibhausgas-Emissionen (roter Bereich) und bisherige Entwicklung (Quelle: BLW 2011, S. 18)
Die Werte der Treibhausgas-Emissionen der Landwirtschaft für die Jahre 2010 bis 2013 liegen bei 89% bis 91% von 1990 und somit oberhalb des Zielkorridors.

Eine Potenzialanalyse der Plattform Agrocleantech (2012, S. 105) geht von Einsparungsmöglichkeiten von rund 1.2 Mio. t CO₂eq aus, wobei je rund die Hälfte auf energiebezogene (Bereich 1 im THG-Inventar, v.a. 1A4c) bzw. auf nicht energiebezogene Massnahmen im hier diskutierten Bereich 3 entfallen sollen. Die wichtigsten Positionen des gesamten Potenzials im nicht energiebezogenen Bereich von 0.57 Mio. t CO₂eq (-10% gegenüber 2013) sind folgende Reduktionen:

- 0.09 Mio. t CO₂eq Einsatz von Tanninen in der Fütterung von Wiederkäuern⁷⁵
- 0.24 Mio. t CO₂eq Biogasanlagen (Reduktion aus Hofdüngerlagerung)
- 0.22 Mio. t CO₂eq Direktsaat (erhöhter Kohlenstoffgehalt im Boden)

Gemäss Peter et al. (2009) könnte eine Abgabe von 50 Franken je Tonne CO₂eq eine Emissionsreduktion von 5% bis 13% bis 2020 bewirken, wobei der Effekt durch die Reduktion der Tierbestände zu Stande kommt. Damit das auf 6-8% geschätzte technische Reduktionspotential realisiert würde, müssten sehr hohe Fördersätze von 1'500 bis 2'000 CHF/t CO₂eq angewendet werden.

Agroscope (2015) kommt in einer umfassenden Analyse möglicher Massnahmen für vier Modellbetriebe zu folgenden Schlüssen:

- Futteradditive (z.B. Tannine) in der Rindviehhaltung sind noch nicht praxisreif (wurden deshalb nicht vertieft untersucht).
- Die Erhöhung der Anzahl Laktationen bei Milchkühen um eine Laktation kann bis zu 3.6% der Emissionen einsparen und auch ökonomisch interessant sein.

⁷⁵ Annahmen: Tannine führen zu einer Reduktion von 16% bei den Kühen; Realisierung bei rund 7000 Betrieben mit je 30 Kühen, d.h. rund einem Drittel des Gesamtbestandes; Agrocleantech (2012, S. 95);

- Zu beachten ist, dass eine Erhöhung der Stickstoffeffizienz vor allem eine Reduktion der Ammoniakemissionen bewirkt. Dies trägt zur Luftqualität bei und reduziert die Eutrophierung, vermindert jedoch die THG Emissionen nicht (beziehungsweise kann sie teilweise erhöhen).
- Durch eine stärker nach Mastphasen differenzierte Fütterung in der Schweinehaltung kann der Stickstoffeintrag in das Gesamtsystem vermindert werden und durch tiefere Lachgasemissionen auch eine Klimawirkung erzielt werden.

Das tiefe Szenario der Emissionsperspektiven des BAFU (2015c, S. 13) geht von einer Absenkung der landwirtschaftlichen Emissionen auf 4.6 Mio. t CO₂eq aus, was gegenüber 2013 einer Reduktion um 23% (-31% gegenüber 1990) entspräche.

Eine wirksame Reduktion für die schweizerische THG-Bilanz könnte durch eine generelle Reduktion der Tierbestände von Wiederkäuern erreicht werden. Die in der Baseline angenommene Absenkung geht auf diesen Wirkungsmechanismus zurück, indem unter anderem Fehlanreize (tierbezogene Direktzahlungen) in der Agrarpolitik 2014-2017 aufgehoben werden. Eine weitere Bestandes-Reduktion würde bei unverändertem Konsumverhalten zu erhöhten Importen und einer Verlagerung der Emissionen ins Ausland führen. Auch bei stagnierenden Tierbeständen ab 2020 (wie in der Baseline angenommen) müsste für eine Stabilisierung der Emissionen aus globaler Sicht der schweizerische Konsum pro Kopf von Wiederkäuerprodukten bis 2030 gegenüber 2013 um 15% sinken, um das entsprechende Bevölkerungswachstum zu kompensieren.

Zusammenfassend wird aufgrund der geschilderten Potenziale für den Massnahmenkatalogs Klimapolitik 2030 angenommen, dass bis 2030 eine Reduktion der Treibhausgas-Emissionen im Bereich Landwirtschaft (ohne Energieeinsatz) um 0.9 Mio. Tonnen CO₂eq (-15%) gegenüber 2013 bzw. 1.6 Mio. Tonnen gegenüber 1990 (-24%) erreicht werden kann. Im Vergleich zur Klimastrategie Landwirtschaft des Bundes mit einem Zielkorridor von -25% bis -45% gegenüber 1990 ist dies eine zurückhaltende Zielsetzung, gemessen an der technischen Reife der vorgeschlagenen Massnahmen teilweise ambitioniert.

Diese Reduktion kann mit Anpassungen in folgenden 3 Bereichen erreicht werden:

- Reduktionen der Methanemissionen Rindviehhaltung (THG-Bereich 3A1) um total 15% oder 0.45 Mio. Tonnen CO₂eq bis 2030 gegenüber 2013:
 - 5% durch Erhöhung der Nutzungsdauer der Milchkühe um rund 1.5 Laktationen (Linear ab 2020)
 - 5% durch erste Erfolge beim Einsatz von Additiven in der Fütterung (z.B. Tannine)
 - 5% durch Reduktion der Rindviehbestände im Rahmen der Fortsetzung und Verstärkung von Ökologisierungsmassnahmen aus der Agrarpolitik 2014-17.
- Reduktionen der Emissionen aus der Hofdüngerbewirtschaftung (3B) bis 2030 um 10% oder 0.11 Mio. Tonnen CO₂eq (linear ab 2017) gegenüber 2013.

- Reduktionen der Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden (3D) bis 2030 um 20% oder 0.31 Mio. Tonnen (linear ab 2017) gegenüber 2013, primär durch Optimierungen im Stickstoffkreislauf (N-Effizienz).

Es ist zu beachten, dass für die diskutierten Verfahren teilweise noch ein erheblicher Forschungs- bzw. Entwicklungsbedarf besteht, um eine breite Praxisreife zu erreichen.

Mit der für den Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 vorgeschlagenen Reduktion der Rindviehbestände um 5% bis 2030 müsste (bei gleicher Produktivität) aufgrund der um 17% höheren Wohnbevölkerung der Konsum entsprechender Produkte um 19% zurückgehen, falls keine Verlagerung der Produktion ins Ausland stattfinden soll.

Bisherige und neue Massnahmen

Nr.	Massnahme	Stichworte zur konkreten Ausgestaltung	Umsetzungsstand, Einführungszeitraum	In MKK2030 ?	Bemerkungen
Landwirtschaft, bisherige Massnahmen					
	Ökologischer Leistungsnachweis (ÖLN)	Die Grundanforderungen für die Direktzahlungsberechtigungen beeinflussen die Intensität (z.B. Tierbesatz und Düngemiteleinsatz) und Produktionstechnik; der ÖLN stellt eine minimale Ressourceneffizienz und damit auch indirekt eine klimaschonendere Produktion sicher.		JA	
Landwirtschaft, Ausbau bisheriger Massnahmen					
L1	Produktionssystembeiträge	– Mit dieser Direktzahlungsart werden aktuell Produktionssysteme wie der Biolandbau oder besonders tierfreundliche Haltungssystem gefördert. – Eine Ergänzung für besonders klimaschonende Produktionssysteme kann deren Verbreitung beschleunigen.		JA	
L2	Ressourceneffizienzbeiträge	– Mit dieser Direktzahlungsart werden aktuell einzelnen Verfahren wie der Einsatz von Schleppschlauchgeräten bei der Gülleausbringung gefördert. – Eine Ergänzung für besonders klimaschonende Produktionsverfahren kann deren Verbreitung beschleunigen (Beispiele: Fütterungszusätze für Wiederkäuer; Anreize für längere Nutzungsdauer der Kühe).		JA	
Landwirtschaft, neue Massnahmen mit Prüfung					
Keine neue Massnahmen mit Prüfung					
Landwirtschaft, weitere Massnahmen ohne vertiefte Prüfung					
	CO ₂ -Abgabe auf Methan				
	Forschung Produktionstechnik	Verschiedene im Experiment identifizierte Potenziale für klimaschonende Produktionsverfahren müssen zur Praxisreife gebracht werden.			

Tabelle 57: Übersicht zu den Massnahmen im Bereich Landwirtschaft

3.8 Abfall

Potential und Zielsetzung

Die Treibhausgas-Emissionen aus dem Bereich Abfall (THG-Inventar Bereich 5) bleiben im Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 bis zum Jahr 2030 konstant auf 1.1 Mio. Tonnen CO₂eq, was dem Wert von 2013 entspricht. Die möglichen Reduktionsmassnahmen werden durch die Zunahmen gemäss Baseline-Szenario kompensiert.

Die Emissionen in 2013 (BAFU, 2015e) waren auf die folgenden Unterbereiche verteilt: 5A Deponie (18%), 5B Industrielle Kompostierung / Vergärung (47%), 5C Übrige Verbrennung, ohne energetische Nutzung (4%), 5D Abwasserreinigung (31%).

Gemäss dem Baseline-Szenario (siehe Kapitel 3), welches sich an den absehbaren Massnahmen und Weiterführung der aktuellen Politik orientiert, erreichen die Emissionen bis 2030 einen Wert von 1.1 Mio. Tonnen CO₂eq (+7% ggü 2013).

Bisherige Massnahmen

Bei den aktuellen Emissionen im Bereich Abfall haben die Deponien eine abnehmende Bedeutung. Seit 1990 sind die entsprechenden Methan-Emissionen um ca. 80% zurückgegangen. Aufgrund des Deponieverbots und der zunehmenden Sanierung von Altlasten, kann davon ausgegangen werden, dass die Emissionen fast bis auf null zurückgehe werden ohne weitere Massnahmen. Die Kategorie «Verbrennung ohne energetische Nutzung» wird auf Grund des kleinen Anteils nicht weiter berücksichtigt.

Die folgenden Massnahmen konzentrieren sich auf die Teilbereiche Kompostierung/Vergärung und Abwasserreinigung. Bei beiden Teilbereichen braucht es Massnahmen für die Verminderung von Methan-Verlusten aus der Biogas- und Stromproduktion sowie aus dem Abwasser.

Wirkung neuer Massnahmen

Massnahme A1	Verringerung des Methanschlupf und andere Verluste bei Vergärungsanlagen
Sektor	Abfall (5) – Kompostierung/Vergärung
Art der Massnahme	Bauliche Massnahme
Beschreibung	Verringerung des Methanschlupf durch bauliche Auffangvorrichtungen und anschliessende Verwertung durch Stromerzeugung oder Biogasaufbereitung; Formulierung entsprechender Bedingungen in der Einspeisevergütung (KEV)
Ebene (Bund, Kanton oder Gemeinde/Stadt)	Bund
Gesetz / Grundlage	Ergänzung KEV (Energieverordnung)
Wirkung	In 2012 sind rund 0.5 Mio. t CO₂eq an Emissionen durch offene Kompostierungen und industrielle sowie landwirtschaftliche Vergärungsanlagen entstanden. Rund 70% (0.35t) kommen von den Kompostierungen und rund 30% (0.15t) kommen aus den Vergärungsanlagen. Die Emissionen aus offenen Kompostierungen lassen sich nur schwer vermindern. Die einzige Möglichkeit wäre die vermehrte Nutzung in Vergärungsanlagen (z.B. Kompogasanlagen). Damit solche Anlagen wirtschaftliche betrieben werden können, sind sie aber auf eine vernünftige Gärgut-Logistik angewiesen. Dies ist häufig nur möglich, wenn Quelle und Nutzung nahe beieinander liegen. Durch eine starke finanzielle Förderung von solchen Anlagen ist allenfalls eine verstärkte Nutzung möglich. Mit grossem Aufwand wäre eine Einsparung von 0.05 bis 0.1 Mio. t CO₂eq möglich. Bei den Vergärungsanlagen (0.15t) entstehen ca. 50% der Verluste durch Methanschupf und ca. 50% durch andere Verluste über die Abführung von Nebenprodukten wie Flüssigdünger und Festdünger. Mit grossem baulichem Aufwand könnten der Methanschupf verhindert werden. So würde sich eine Einsparung von rund 0.05 Mio. t CO₂eq möglich sein. Auch hierfür wäre eine finanzielle Förderung notwendig. Die notwendige Förderung müsste über die bestehende kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) oder ein Nachfolgesystem für die Vergütung des ökologischen Mehrwerts von erneuerbar produziertem Strom oder Biogas geschehen. → Massnahme bringt netto keine Reduktion, da die Einsparung von rund 0.1 Mio. t CO₂eq im Vergleich zu 2013 von der prognostizierten Zunahme gemäss Baseline neutralisiert wird

Tabelle 58: Massnahme Verringerung des Methanschupf und andere Verluste bei Vergärungsanlagen

Massnahme A2	Auffangen von Methanemissionen aus Abwasser
Sektor	Abfall (5) – Abwasserreinigungsanlagen
Art der Massnahme	Bauliche Massnahme
Beschreibung	Auffangen von Methanemissionen aus dem Abwasser und nach Möglichkeit eine thermische Verwertung. Formulierung entsprechender Auflagen in den Bestimmungen zur Abwasserbehandlung und Kostenüberwälzung an Verursacher via Abwassergebühr.
Ebene (Bund, Kanton oder Gemeinde/Stadt)	Kantone
Gesetz / Grundlage	Neue gesetzliche Grundlage oder allenfalls Ergänzung bestehender Grundlagen (z.B. Gewässerschutzgesetz)
Wirkung	Die Emissionen aus Abwasserreinigungsanlagen (ARA) haben in 2012 rund 0.3 Mio. t CO₂eq betragen. Gemäss Baseline-Szenario nehmen die Emissionen bis 2030 aufgrund des Bevölkerungswachstums um rund 20% zu. Durch bauliche Massnahmen wäre es möglich einen Teil des Methans einzufangen und thermisch zu nutzen. Die mögliche Reduktion liegt jedoch im Bereich der erwähnten Zunahme gemäss Baseline Szenario. → Massnahme bringt netto keine Reduktion, da die Einsparung im Vergleich zu 2013 von der prognostizierten Zunahme gemäss Baseline neutralisiert wird.

Tabelle 59: Massnahme Auffangen von Methanemissionen aus Abwasser

Gesamtwirkung

Die beschriebenen Massnahmen führen im Vergleich zu 2013 zwar zu einer Reduktion von 0.1 bis 0.15 Mio. t CO₂eq. Gleichzeitig nehmen aber die Emissionen gemäss dem Baseline-Szenario ungefähr um den gleichen Betrag zu. Netto resultiert folglich keine Einsparung gegenüber 2013.

3.9 Weitere Bereiche und Massnahmen

Die in Kapitel 2.9 erwähnten «anderen energetischen Emissionen» wurden im Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 bisher nicht behandelt. Die folgende Tabelle enthält eine kurze Wirkungsabschätzung zu den einzelnen Bereichen mit Verweis auf treibende Einflussfaktoren:

Kat. THG-Inventar	Name	Mio. t CO ₂ eq 2013	Mio. t CO ₂ eq 2030	Treiber, Begründung
1A3a	Inlandflugverkehr (ohne Militär)	0.13	0.12	20% alternative Treibstoffe mit 10% Reduktionswirkung; bereits bei V6 bzw. Tabelle 35 eingerechnet
1A3c	Bahn	0.04	0.04	dito
1A3d	Schifffahrt	0.12	0.11	dito
1A3e	Pipelinestransport	0.02	0.02	Keine erwartete Wirkung
1A4c	Andere (Land- und Forstwirtschaft)	0.53	0.37 (-0.16)	20% alternative Treib- und Brennstoffe für Maschinen und Geräte (vgl. V6) mit 10% Reduktionswirkung; weitere 20% Reduktion bei sparsameren Fahrzeugen
1A5	Militär	0.12	0.11 (-0.01)	20% alternative Treibstoffe (vgl. V6) mit 10% Reduktionswirkung
1B	Verdampfungsemissionen (Öl/Gas)	0.27	0.13 (-0.14)	Reduktion proportional zur Gesamtreduktion der anderen Sektoren im MKK2030 per 2030: -52%

Tabelle 60: Abgeschätzte Wirkung bei den übrigen energetischen Emissionen (die obersten drei Positionen wurden bereits bei V6 im Bereich Verkehr berücksichtigt).

Die abgeschätzte Reduktion aus den übrigen energetischen Emissionen, welche im Bereich Verkehr (V6) noch nicht berücksichtigt wurden, ergibt total 0.31 Mio. t CO₂eq. Dies ergibt eine Reduktion um 25% gegenüber 2013.

Neben den bisher nicht berücksichtigten Bereichen gibt es auch existierende Massnahmen, welche bisher nicht behandelt wurden. Insbesondere sind es Informationskampagnen (wie EnergieSchweiz), Beratung oder Forschung (z.B. KTI), etc., welche eine breite, aber nur schwer quantifizierbare Wirkung haben. Nichtsdestotrotz sind diese Aktivitäten wichtig, damit regulatorische und marktwirtschaftliche Massnahmen und Instrumente ihre volle Wirkung entfalten können.

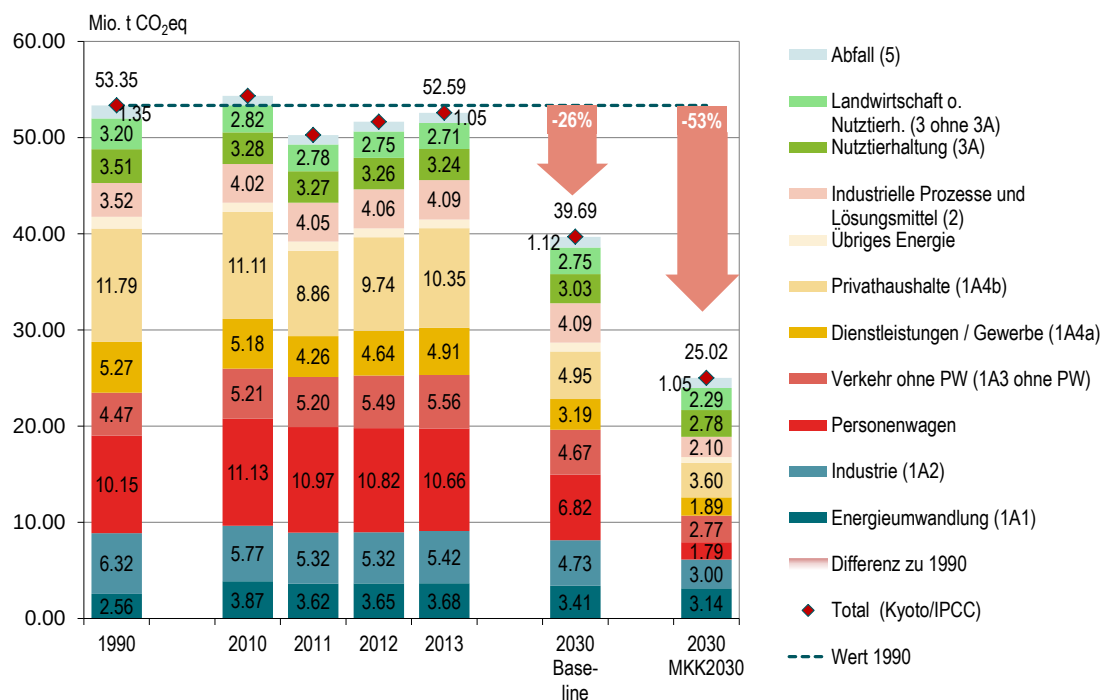
Weiter sind folgende bereichsübergreifende Aspekte zu beachten:

- Damit die Kosten der Reduktion der Treibhausgas-Emissionen möglichst klein bleiben, sind Massnahmen zur Senkung der Transaktionskosten sehr wichtig. Dies in Ergänzung zu den marktwirtschaftlichen und regulatorischen Massnahmen.
- Um die Wirkung von zukünftigen Bauvorhaben und Projekten auf die Treibhausgasbilanz abschätzen zu können, wäre eine erweiterte Umweltverträglichkeitsprüfung, welche auch Klimawirkungen eines Projektes beinhaltet sinnvoll. Dies könnte beispielsweise mit einer Prüfpflicht für Projekte mit einem THG-Ausstoss von mehr als 100 t CO₂eq/Jahr umgesetzt werden.
- Planerische Massnahme auf allen Ebenen (lokale Quartiersversorgungskonzepte, städtische Energiepläne und Klimaschutzkonzepte, Klimapläne auf Ebene der Kantone können generell unterstützend wirken und vor allem langfristig Wirkung entfalten, weil Fehlinvestitionen vermieden werden.

3.10 Zusammenfassende Wirkungsabschätzung der Massnahmen im Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030

3.10.1 Übersicht zur Wirkungsabschätzung

Die folgende Abbildung zeigt den Zielbeitrag der einzelnen Bereiche des Treibhausgas-Inventars für die Reduktion der Treibhausgas-Emissionen um 53% gegenüber 1990.



Figur 39: Zusammenfassung der Absenkpfade bis 2030: Baseline und Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 (MKK2030)

In der folgenden Tabelle werden die notwendigen Veränderungen der THG-Emissionen auf der Ebene der zentralen Wirkungsmechanismen zusammenfassend dargestellt. Diese Sichtweise erlaubt unabhängig von den getroffenen Massnahmen eine Plausibilisierung und einen Vergleich der Zielbeiträge aus den einzelnen Bereichen des Treibhausgas-Inventars.

Daran anschliessend folgt eine analoge Tabelle, die jedoch die angenommenen Massnahmen je Bereich mit ihrer erwarteten Wirkung auflistet.

Kategorie des THG-Inventars	Dominierende Wirkungsmechanismen und Beitrag zur Zielerreichung	Veränderung gegenüber 2013 (1990)	
		in Mio. t	%
	% Veränderungen i.d.R. gegenüber (ggü.) 2013		
1A1 Energieumwandlung	– Reduktion der Abfälle (fossiler Anteil): Reduktion um 10% ggü. der Baseline – Reduktion des Anteils von Heizöl und Erdgas in öffentlichen Fernwärmenetzen um 10% ggü. der Baseline. Die Raffinerie Collombey bleibt ausser Betrieb und wird stillgelegt. Die Raffinerie Cressier (NE) bleibt in Betrieb.	-0.5 (+0.6)	-15% (+23%)
1A2 Industrie	– 35% Einsparungen in der Zementindustrie (15% Reduktion Zementeinsatz, 15% Zementzusammensetzung, 5% Prozessoptimierungen und Sekundärbrennstoffe) – Restliche Branchen: analoge Reduktion von ca. 35% im EHS und stärkere Absenkung sowie Ausweitung im nonEHS	-2.4 (-3.3)	-45% (-53%)
1A3b Strassenverkehr, Personenwagen	– Total 30% weniger Fahrzeugkilometer durch – 15% weniger Personenkilometer (ggü. Baseline) – Modalsplit Anteil Personenwagen von 75% auf 67% – Anzahl Personen pro Fahrzeug steigt von 1.6 auf 1.8 – Fossil betriebene Fahrzeuge mit durchschnittlich 90 g/km per 2030 – Elektro-Anteil von 50% der Fz.-Km per 2030 – 20% Anteil alternative, erneuerbare Treibstoffe per 2030 (am stark reduzierten fossilen Rest)	-8.9 (-8.4)	-83% (-82%)
1A3b Strassenverkehr, Güterverkehr	– Leichte Nutzfahrzeuge LNF : Verschärfung des Zielwerts für Neuwagen auf 50 g CO₂/km per 2030 – Schwere Nutzfahrzeuge SNF: Zielwert von 375 g CO₂/km per 2030 für alle Neuwagen – LNF und SNF: 10 % alternative Treibstoffe	-0.9 (-0.6)	-35% (-27%)
1A3b Tanktourismus, Stat. Differenz, restl. Verkehr	– Eliminierung des Tanktourismus bis 2030 und Reduktion der statistischen Differenz auf 0.6 Mio. Tonnen – Elektroanteil von 50% bei Bussen und Motorrädern	-1.7 (-0.9)	-61% (-42%)
1A4a Dienstleistungen/Gewerbe 1A4b Privathaushalte	– Stabilisierung der Energiebezugsfläche pro Person auf dem Niveau von 2013 – Verdoppelung der Sanierungsraten und der Ersatzneubaurate. – Nullenergie ist Neubaustandard bis 2030 – Erhöhung der Ersatzraten von Ölheizungen und der Umstiegsraten von Öl- und Erdgasheizungen auf erneuerbare Energien bei einem Ersatz. (60% der fossilen Heizungen sind erneuerbar bis 2030)	-9.8 (-11.6)	64% (-68%)
2 Industrielle Prozesse	– 30% Einsparungen geogener Emissionen in der Zementindustrie (15% Reduktion Zementeinsatz, 10-15% Zementzusammensetzung) – Reduktion der Emissionen aus den Fluorkohlenwasserstoffen durch Vermeidung und Ersatz um 80%	-2.0 (-1.4)	-49% (-40%)
3 Landwirtschaft	– -15% bei der Rindviehhaltung (3A1) – -10% bei der Hofdüngerbewirtschaftung (3B) – -20% bei den landwirtschaftlichen Böden (3D)	-0.9 (-1.6)	-15% (-24%)
5 Abfall	– Reduktion von Methanschlupf bei Vergärungsanlagen und Methaneinfang bei ARA's führt aufgrund Zunahme im Baseline-Szenario zu keiner Reduktion	0.0 (-0.3)	0% (-22%)
Total		-27.6 (-28.3)	-52% (-53%)

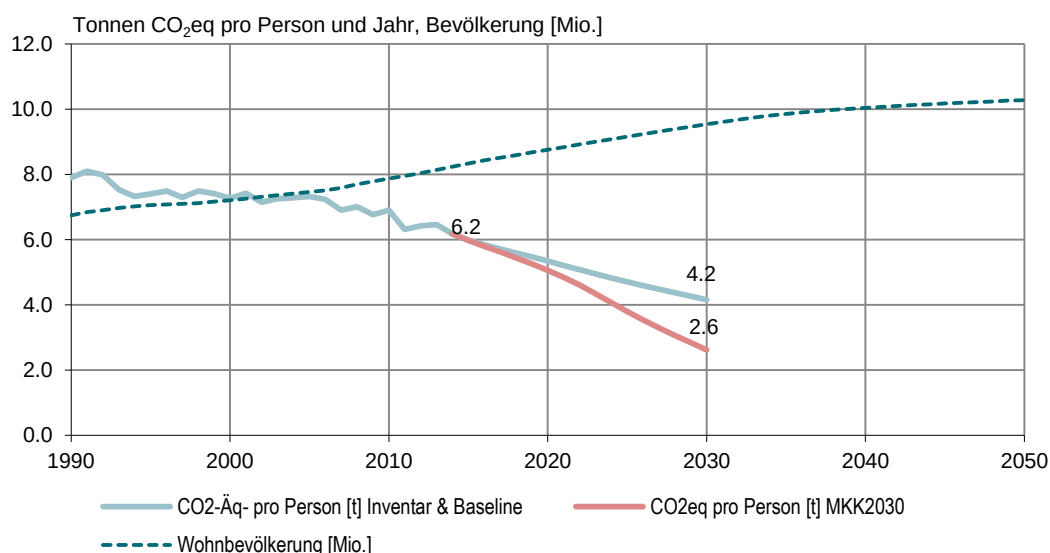
Tabelle 61: Hauptsächlichste Wirkungsmechanismen Absenkung der THG-Emissionen bis 2030

Kategorie des THG-Inventars	Schlüsselmassnahmen und Beitrag zur Zielerreichung (in Mio. t gegenüber 2013)	Veränderung ggü. 2013 (1990)	
		in Mio. t	%
1A1 Energieumwandlung(U)	– U1 Mengenbezogene Abfallgebühren – U2 Erhöhung Recyclingquote – U3 Optimierung der energetischen Verwertung von Abfällen – Massnahmen aus dem Bereich Industrie (IE1 und IE2) – Massnahme aus dem Bereich Gebäude(Verschärfung der CO₂-Abgabe auf Brennstoffen, CO₂-Abgabe Befreiung erst ab 120 CHF/t sowie Verstärkung der Gebäudeprogramme der Kantone)	-0.5 (+0.6)	-15% (+23%)
1A2 Industrie (IE)	– IE1 Verschärfung EHS (-2.0) – IE2 Verstärkung non-EHS (-0.4) – IE3 Alternativen im Bausektor (bei IE1 eingerechnet)	-2.4 (-3.3)	-45% (-53%)
1A3b Strassenverkehr, Personenwagen(V)	– VO Reduktion gemäss Baseline-Szenario (-3.8) – V1 Reduktion Fz-km durch leistungsabhängige (-2.0 zusätzlich) – V2 Neuwagenvorschriften (-1.7 zusätzlich) – V4 Elektromobilitätsstrategie (-1.2 zusätzlich) – V6 Alternative, erneuerbare Treibstoffe (-0.2 zusätzlich)	-8.9 (-8.4)	-83% (-82%)
1A3b Strassenverkehr, Güterverkehr	– V3 Neuwagenvorschriften (-0.7) – V4 Elektromobilitätsstrategie (für GV in V3 enthalten) – V6 Alternative, erneuerbare Treibstoffe (-0.2 zusätzlich)	-0.9 (-0.6)	-35% (-27%)
1A3b Tanktourismus, Stat. Differenz, restl. Verkehr	– V4 Elektromobilitätsstrategie für Busse und Motorräder (-0.3) – Veränderung der stat. Differenz proportional zu den restlichen Emissionen (-1.4) – Kein Tanktourismus (0)	-1.7 (-0.9)	-61% (-42%)
1A4a Dienstleistungen/Gewerbe 1A4b Privathaushalte	– G1 Auf 240 CHF/t erhöhte CO₂-Abgabe – G2 CO₂-Abgabe Befreiung erst ab 120 CHF/t – G3 Verstärkung Gebäudeprogramm – G5 Sanierungspflicht für Gebäude mit GEAK-Klasse F/G – G6 Pflicht zum Wechsel auf Heizungen mit erneuerbaren E.	-9.8 (-11.6)	64% (-68%)
2 Industrielle Prozesse(IP)	– IP2 Treibhausabgabe auf F-Gase (-0.1) – IP3 Phase-down mit Quoten für F-Gase (-1.5) – IE1 Verschärfung EHS-Ziele führt zu Reduktion geogener Emissionen aus Zementherstellung (bei IE eingerechnet) – IP5 Förderung alternatives Bauen (-0.2) – IP6 Low-CO₂-Zemente (-0.2)	-2.0 (-1.4)	-49% (-40%)
3 Landwirtschaft	– L1 Ausbau Produktionssystem- und – L2 Ressourceneffizienzbeiträge	-0.9 (-1.6)	-15% (-24%)
5 Abfall(A)	– A1 Verringerung des Methanschlupf bei Vergärungsanlagen (0.0) – A2 Auffangen von Methanemissionen aus Abwasser (0.0)	0.0 (-0.3)	0% (-22%)
Total		-27.6 (-28.3)	-52% (-53%)

Tabelle 62: Hauptsächlichste Massnahmen zu Absenkung der THG-Emissionen bis 2030 gemäss Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030

3.10.2 Treibhausgas-Emissionen pro Kopf

In vielen Publikationen und auch klimapolitischen Zielsetzungen wird der Treibhausgasausstoss pro Kopf der Bevölkerung verwendet. Wenn die Emissionen der Schweiz gemäss der hier gewählten Systemgrenzen durch die ständige Wohnbevölkerung dividiert werden, resultieren die in der folgenden Figur dargestellten Werte. Von aktuell knapp 6 Tonnen CO₂eq pro Person und Jahr sinkt der Wert in der Baseline auf 4.2 Tonnen, mit dem Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 ist eine Reduktion auf 2.6 Tonnen möglich. Zu beachten ist, vor allem beim Vergleich mit anderen Quellen, dass in diesen Werten weder der Flugverkehr noch die Ernährung oder der übrige Konsum (graue Energie) eingeschlossen ist. Oft sind in den Werten pro Kopf auch nur die energetisch bedingten Emissionen erfasst⁷⁶. Die energetisch bedingten Emissionen betragen im Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 im Jahr 2030 noch 67% der Gesamtemissionen oder 1.8 Tonnen CO₂eq pro Person.



Figur 40: Treibhausgas-Emissionen pro Person und Jahr gemäss THG-Inventar (ohne Flugverkehr, ohne Konsum etc.)

Wie die Darstellung auch andeutet, scheint mit dem Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 bei Trendfortsetzung ein Wert von 2 Tonnen pro Kopf vor dem Jahr 2040 erreichbar.

Meistens im Zusammenhang mit der 2000 Watt-Gesellschaft wird das Ziel von 1 Tonne CO₂ pro Kopf erwähnt. Wie ist dieses einzuordnen? Aus der vorliegenden Arbeit kann dazu keine verbindliche Aussage abgeleitet werden. Festzustellen ist jedoch, dass die im

⁷⁶ Die Fachstelle 2000-Watt von Energiestadt bilanziert beispielsweise die Treibhausgas-Emissionen pro Kopf auf der Grundlage der Primärenergie (inkl. graue Energie bei Gewinnung, Verarbeitung und Transport der Energieträger), schliesst auch Kerosin (internationaler Flugverkehr) mit ein, lässt aber nicht energetisch bedingte Emissionen unberücksichtigt (v.a. Industrie und Landwirtschaft, insgesamt 21% der THG-Emissionen 2013 gemäss Kyoto-Systemgrenzen) <http://www.2000watt.ch/die-2000-watt-gesellschaft/facts-figures/> [15.12.2015]

Zusammenhang mit Energiestadt oder 2000-Watt-Gesellschaft oft genannte Zielsetzung von 1 Tonne CO₂ pro Kopf bis 2100 (2 Tonnen bis 2050)⁷⁷, die nur energetisch bedingte Emissionen einschliesst, aus heutiger Sicht zu überprüfen ist. Im Paris-Abkommen hat sich die Weltgemeinschaft auf eine Klimapolitik zur Eindämmung der globalen Erwärmung auf deutlich weniger als 2 Grad oder gar 1.5 Grad geeinigt. Zudem soll die Nettoemission an Treibhausgasen in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts auf null sinken und die Entwicklungsländer sollen für diese Transformation länger als die Industrieländer brauchen dürfen. Somit sind für die Schweiz 2 Tonnen pro Kopf im Jahr 2050 ohne Einbezug der nicht energetischen Emissionen (Industrie, Landwirtschaft, Abfall) deutlich zu hoch, falls nicht mindestens gleich grosse Senkenwirkungen realisiert werden. Eine Überprüfung und vermutlich Anpassung des 2-Tonnen Zieles bis 2050 kann auch im Hinblick darauf wichtig sein, dass viele Energiestädte als treibende Kräfte des Klimaschutzes auf die 2000-Watt-Ziele und den CO₂-Absenkpfad als Richtschnur für die lokale Politik angewiesen sind.

3.10.3 Wirkungsabschätzung Strom

Elektromobilität

Der gesamte Stromverbrauch der Schweiz liegt aktuell bei rund 60 TWh. Eine Elektrofahrzeug verbraucht heute in etwa 13-15 kWh/100km gemäss Herstellerangaben (TCS, 2015). Gemäss de Haan & Zah (2013) sind dies mit Zusatzverbräuchern (Licht, Radio, Klima) und Strassenbedingungen bis zu 24 kWh/100km. Für 2035 schätzen die Autoren den Gesamtverbrauch, unter Annahme von technischen Weiterentwicklungen auf etwa 16 kWh/100km. Wenn darauf basierend für den Elektro-Fahrzeugpark im Jahr 2030 als konservative (eher hohe) Schätzung ein mittlerer Verbrauch von 20 kWh/100km angenommen wird, würde die Umsetzung des Massnahmenpakets im Bereich Verkehr für Personenwagen bis 2030 zu einem jährlichen Strombedarf von heute noch praktisch Null auf ca. 4.5 TWh oder 7.5% des aktuellen Stromverbrauchs in der Schweiz führen.

Annahmen im Detail:

- Rund 65 Mrd. Fahrzeugkilometer (gemäss Baseline bzw. «unbeeinflusster Entwicklung» aufgrund des Bevölkerungswachstums) werden gemäss MKK2030 um rund 30% reduziert, was rund 45 Mrd. Fz.-km ergibt. Bei 50% Elektromobilität bei den gefahrenen Kilometern bis 2030 werden also rund 22.5 Mrd. Fz.-km elektrisch geleistet.
- 22.5 Mrd. Fz.-km * 0.20 kWh/km = 4.5 Mrd. kWh oder 4.5 TWh.

Der zusätzliche Stromverbrauch ist im Sinne einer konsequenten Klimapolitik mit erneuerbaren Energien zu decken, resp. kann durch Effizienzgewinne in Haushalt, Dienstleis-

⁷⁷ Bilanzierungskonzept 2000-Watt-Gesellschaft, September 2014, S. 11

tungen und Industrie kompensiert werden und wurde so auch in der Energiestrategie 2050 des Bundes eingerechnet.

Wärmepumpen

Es wird angenommen, dass zwei Drittel des Umstiegs von fossilen Energien zu Erneuerbaren mit Wärmepumpen erfolgt. Zudem wird eine Jahresarbeitszahl von 4 angenommen. Daraus resultiert gegenüber dem derzeitigen Verbrauch der Wärmepumpen ein zusätzlicher Strombedarf von ca. 3.2 Mrd. kWh oder 3.2 TWh pro Jahr für die Wärmepumpen. Dieser ist durch erneuerbare Quellen zu decken, resp. kann durch den Ersatz von Elektrodirektheizungen kompensiert werden. Die Emissionsabschätzungen in der vorliegenden Studie basieren auf der Annahme, dass der benötigte Strom zu 100% aus erneuerbaren Quellen gedeckt wird.

Gesamteffekte des Massnahmenkatalogs Klimapolitik 2030 auf die Stromversorgung

Aufgrund der Massnahmen des MKK2030 aus den Bereichen Gebäude (Wärmepumpen) und Verkehr (Elektromobilität) entsteht ein zusätzlicher Strombedarf von 8.7 TWh/a im Vergleich zu heute (plus rund 15%). Dabei ist zu beachten, dass auch die Baseline-Entwicklung gegenüber heute bei Gebäuden und Verkehr zu einem zusätzlichen Stromverbrauch führen wird. Dieser wurde allerdings nicht quantifiziert. Wie in anderen Arbeiten (z.B. Infrac, 2010, BFE/Prognos 2012, Greenpeace 2013) gezeigt wurde, kann der zusätzliche Stromverbrauch mit entsprechenden Anstrengungen durch Effizienzgewinne vollständig kompensiert werden (Ersatz Elektroheizungen, weitere Effizienzpotenziale im Haushaltsbereich, Effizienzpotenziale im Dienstleistungs- und Industriesektor). Ergänzend dazu sind der Ausbau der erneuerbaren Produktion im Inland voranzutreiben und flankierende Massnahmen für die Verhinderung des Importes von klimabelastendem Strom (auch als «Dreckstrom» bezeichnet) zu beschliessen.

3.11 Erweiterte Beurteilung ausgewählter Schlüsselmassnahmen

Die bisherige Diskussion von Massnahmen für den Klimaschutz konzentrierte sich auf die Wirksamkeit und den möglichen Beitrag zu einer gegenüber dem Baseline stärkeren Absenkung der Treibhausgas-Emissionen. Im Hinblick auf die Umsetzung der Massnahmen ist es notwendig, weitere Kriterien wie beispielsweise die Kosten der Umsetzung oder die Akzeptanz für eine erweiterte Beurteilung zu berücksichtigen.

Die untenstehende Tabelle zeigt alle beschriebenen Massnahmen aus dem Kapitel 3. Diejenigen mit einer Seitenzahl in der letzten Spalte werden anschliessend bezüglich ökologischer, wirtschaftlicher, gesellschaftlicher und weiterer Kriterien beurteilt.

Bereich	Nr.	Massnahme	Beurteilung (Seite mit link)
Energie- umwandlung	U1	Mengenbezogene Abfallgebühren	
	U2	Erhöhung Recyclingquote	
	U3	Optimierung der energetischen Verwertung von Abfällen	
Industrie: Energieeinsatz	IE1	Verstärkung des Absenkpfeils und vollständige Auktionierung im Emissionshandelssystem (EHS)	145
	IE2	Weiterführung und Ausbau non-EHS	146
	IE3	Alternatives Bauen mit weniger Zement	
Verkehr	V1.1	Leistungsabhängige Verkehrsabgabe Personenwagen (LVPW)	147
	V1.2-1.4	Nachfrageseitiges Paket (ohne V1.1)	
	V2	Neuwagenvorschriften Personenwagen	148
	V3	Neuwagenvorschriften Güterverkehr	149
	V4	Nationale Elektromobilitätsstrategie im Strassenverkehr (Fokus PW)	150
	V5	Grenzausgleich Treibstoffe	150
	V6	Erhöhung Anteil alternative, erneuerbare Treibstoffe	151
Gebäude	G1	Erhöhung CO ₂ -Abgabe auf Brennstoffen	152
	G2	CO ₂ -Abgabe Befreiung erst ab 120 CHF/t	153
	G3	Verstärkung der Gebäudeprogramme des Bundes und der Kantone	154
	G4	Verpflichtung von Gemeinden und Städten zur Erarbeitung von räumlichen Energieplanungen	
	G5	Sanierungspflicht für Gebäude mit GEAK-Klasse F oder G	155
	G6	Pflicht für Heizungen mit erneuerbarer Energie	156
	G7	Aufbau von Finanzierungsmöglichkeiten für die Finanzierung von energetischen Sanierung	
	G8	Gebäudegebundener Erneuerungsfonds: Abgabe für energetisches Bausparen	
	G9	Wettbewerbliche Ausschreibungen im CO ₂ -Bereich für Gemeinden und Städte sowie weitere Akteure	
Industr. Prozesse	IP1	Weitere Verschärfung der Verwendungsverbote in der Chemikalien-Risikoverordnung ChemRRV	
	IP2	Treibhausgasabgabe auf F-Gase	
	IP3	Phase-down mit Quotenregelung für fluorierte Kohlenwasserstoffe wie in EU	156
	IP4	Förderung für Kälteanlagen mit halogenfreien Kältemitteln	
	IP5	Alternatives Bauen mit weniger Zement (=IE3)	
	IP6	Low-CO ₂ -Zemente	157
Landwirtschaft	L1	Produktionssystembeiträge	
	L2	Ressourceneffizienzbeiträge	
Abfall	A1	Verringerung des Methanschlupf und andere Verluste bei Vergärungsanlagen	
	A2	Auffangen von Methanemissionen aus Abwasser	

Tabelle 63: Übersicht zu den vertieft beurteilten Schlüsselmassnahmen.

Bei den nachstehend pro Massnahme angenommenen Wirkungen handelt es sich um isolierte Einzelwirkungen, die nicht addiert werden dürfen. Im Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 sind die im Verbund von Massnahmen erzielbaren Gesamtwirkungen berücksichtigt.

Massnahme IE1	Verstärkung des Absenkpads und vollständige Auktionierung im Emissionshandelssystem (EHS)
Kriterium	Beurteilung
Angenommene Wirkung 2030 (ggü. 2013), nur Einzelwirkung	-2.0 Mio. t CO ₂ -äq
Kurzbeschrieb (Vgl. Tabelle 18 Seite 76)	Die Teilnahme am Emissionshandelssystem ist eine Möglichkeit zur Befreiung von der CO ₂ -Abgabe auf Brennstoffen. Die jährliche Abnahme der Gesamtmenge der Emissionszertifikate wird von 1.74% auf 2.2% verschärft (ab 2021) und bis 2030 weitergeführt.
Wirksamkeit	Die Wirksamkeit wird durch die festgelegte Emissionsobergrenze bzw. den Absenkpfad verbindlich vorgegeben. Da für die Periode 2013 – 2020 (und voraussichtlich auch bis 2030) auch die geogenen Emissionen der Zementindustrie im EHS erfasst sind, ist ein grosser Teil der Emissionen aus dem Bereich Industrie (Energiebereitstellung und Prozesse) erfasst.
Weitere Aspekte	– Der Vollzug ist aufwändig, da die Unternehmen und Produktionsstandorte in Bezug auf die Verpflichtungserfüllung überprüft werden müssen. Da es jedoch ein bestehendes System ist, zu welchem man bereits viel Erfahrung hat, sind die zusätzlichen Kosten begrenzt. Nur wenige Unternehmen/Standorte (zurzeit 55) müssen am EHS teilnehmen. – Ordnungspolitisch handelt es sich um strenge Vorgaben an die Unternehmen, welche jedoch im Vergleich zu detaillierten Vorschriften Flexibilität bezüglich der Umsetzung lassen und in ähnlichem Umfang auch bei der EU-Konkurrenz massgebend sind. Theoretisch lassen sich mit dem EHS die Reduktionen mit minimalen Kosten realisieren. – Akzeptanz dürfte als etabliertes System grundsätzlich gegeben sein (was nicht für einzelne Reduktionsverpflichtungen gelten muss). – Es besteht ein moderates Risiko der Produktionsverlagerung ins Ausland, was einem volkswirtschaftlich unerwünschten «Carbon Leakage» entspricht. – Ein Nebeneffekt des EHS-Systems besteht in der systematischen Analyse der Unternehmen bezüglich Energieeffizienz und CO₂-Intensität inkl. eines bedeutenden Know-How Aufbaus bezüglich Potenzialanalyse und Umsetzung.
Fazit	Das etablierte und akzeptierte System eignet sich für eine Weiterführung und Erhöhung der Wirkung.

Tabelle 64: Bewertung der Massnahme IE1

Massnahme IE2	Weiterführung und Ausbau non-EHS
Kriterium	Beurteilung
Angenommene Wirkung 2030 (ggü. 2013), nur Einzelwirkung	-0.4 Mio. t CO ₂ -äq
Kurzbeschrieb (Vgl. Tabelle 19 Seite 77)	Das bestehende System der freiwilligen Abgabenbefreiung mit Zielvereinbarungen wird weitergeführt und mit zusätzlichen Anreizen für die Teilnahme ausgestattet: (1) Erhöhung CO ₂ -Abgabe (siehe Massnahmen im Gebäudebereich, Kapitel 3.5.2.), (2) Kriterien der Wirtschaftlichkeit erhöhen, (3) Erweiterung des Grossverbraucher-Artikels (MuKE).
Wirksamkeit	Die Wirksamkeit ist gut und gesichert, weil durch den Zielvereinbarungsmechanismus wirtschaftliche Massnahmen gefunden, umgesetzt und durch regelmässige Monitorings auch überprüft werden. Die Wirkung ist mengenmässig aufgrund der gesamten Emissionen aller teilnehmenden Unternehmen beschränkt.
Weitere Aspekte	– Der Vollzug ist aufwändig, da für die Unternehmen und Produktionsstandorte Massnahmen vereinbart und regelmässig überprüft werden müssen. – Als freiwilliges System ist grundsätzlich Akzeptanz seitens der Unternehmen gegeben (was nicht für einzelne Vereinbarungen bzw. die Alternative der CO₂-Abgabe gelten muss). Zusätzliche Akzeptanz besteht, weil es sich um ein etabliertes System handelt. – Es besteht ein moderates Risiko der Produktionsverlagerung ins Ausland, was einem unerwünschten «Carbon Leakage» entspricht. – Das bisherige System der CO₂-Abgabebefreiung durch verbindliche Zielvereinbarungen von Unternehmen ist wertvoll, weil dabei Verbesserungsprozesse aufgesetzt und durchgeführt werden. Dadurch werden weitere wirtschaftliche Massnahmen gefunden, umgesetzt und durch regelmässige Monitorings auch überprüft – Ein Nebeneffekt des Systems der CO₂-Abgabebefreiung besteht in der systematischen Analyse der Unternehmen bezüglich Energieeffizienz und CO₂-Intensität. Dabei werden Verbesserungsprozesse aufgesetzt und durchgeführt. Damit verbunden ist ein bedeutender Know-How Aufbau bezüglich Potenzialanalyse und Umsetzung von Massnahmen.
Fazit	Das etablierte und akzeptierte System eignet sich für eine Weiterführung und Verstärkung, um mittelgrosse Unternehmen in die Reduktionsanstrengungen einzubinden.

Tabelle 65: Bewertung der Massnahme IE2

Massnahmen V1.1	Leistungsabhängige Verkehrsabgabe Personenwagen (LVPW)
Kriterium	Beurteilung
Angenommene Wirkung 2030 (ggü. 2013), nur Einzelwirkung	-5.8 Mio. t CO ₂ -Äq
Kurzbeschreibung (Vgl. Tabelle 27 Seite 89)	Leistungsabhängige Verkehrsabgabe für Personenwagen zur Steuerung der Verkehrsnachfrage und zur Finanzierung der Verkehrsinfrastruktur Im Endausbau 2030 werden Mineralölsteuer und Mineralölsteuer-Zuschlag (Ertrag 2009 rund 5 Mio. CHF bei ca. 75 Rp. pro Liter) vollständig durch eine vor allem Kilometer-abhängige Abgabe von durchschnittlich ca. 11 Rappen pro km ersetzt. Die Lenkungswirkung beruht auf der höheren Belastung pro km im Vergleich zur Mineralölsteuer. Die Spezialfinanzierung Strassenverkehr (SFSV), auch «Strassenkasse» genannt, wird 2009 mit Mineralölsteuererträgen (3.086 Mrd. CHF), Mineralölsteuerzuschlag (2.072 Mrd. CHF) und aus dem Reinertrag der Autobahn-vignette (318 Mio. CHF) gespeist (total 5.5 Mrd. CHF).⁷⁸
Wirksamkeit	Die angenommene Wirkung (-5.8 Mio. t) ist ausgesprochen hoch. Die Hauptwirkung besteht in der Reduktion der Personenkilometer. Die Wirkungsabschätzung ist mit grossen Unsicherheiten behaftet. Zu beachten bleibt, dass die leistungsabhängige Verkehrsabgabe für Personenwagen von den unterstützenden Massnahmen V1.2—V1.4 aus dem nachfrageseitigen Paket (Modalsplit, Erhöhung Besetzungsgrad und Home-Office) begleitet und in der Wirkung bestärkt wird. Der leistungsabhängigen Verkehrsabgabe alleine wird rund die Hälfte der Wirkung zugeschrieben.
Weitere Aspekte	— Eine Alternative zur Mineralölsteuer ist aufgrund der Reduktionsziele beim Verbrauch auch aus fiskalpolitischer Sicht notwendig. — Der Vollzug ist aufwändiger im Vergleich zur Mineralölsteuer, die via wenige Importeure erhoben wird. Langfristig muss jedoch auch eine Alternative zur Mineralölsteuer geschaffen werden. — Ordnungspolitisch handelt es sich um eine verursachergerechte Finanzierungsform für die Infrastrukturkosten. Die Verbindung des Finanzierungszwecks mit einem Lenkungszweck macht die Ausgestaltung sehr anspruchsvoll. — Aus umweltpolitischer Sicht hat die verbrauchsabhängige Mineralölsteuer eine direktere Lenkungswirkung als eine kilometerabhängige Abgabe. Dies kann durch Ausgestaltungselemente kompensiert werden (LVPW abhängig von Fahrzeugtyp, Gewicht, Effizienzklasse etc.). — Diese Massnahme hat starke Auswirkungen auf das Mobilitätsverhalten der Bevölkerung und kann so viele Lebensbereiche wie Freizeit, Wohnen, Arbeit etc. beeinflussen. — Grundsätzlich ist von einer eher tiefen Akzeptanz auszugehen, zumindest bei MIV-Verkehrsteilnehmern. Wenn jedoch zumindest in einer Einführungsphase keine wesentlichen Mehrkosten entstehen, kann genügend Akzeptanz geschaffen werden. — Die Akzeptanz dürfte auch stark von der Erhebungsmethode abhängen (aktuelle Erhebung der Mineralölsteuer an der Zapfsäule ist aus Sicht des Datenschutzes unproblematisch). — Nebeneffekte einer Verkehrsreduktion bestehen im Bereich Lärm, Luftverschmutzung und Stauzeiten.
Fazit	Die Massnahme ist mit erheblichen Vollzugskosten, aber auch einem hohen langfristigen Nutzen verbunden. Es handelt sich um eine zukunftstaugliche Nachfragesteuerung und Sicherstellung der Finanzierung der Infrastrukturkosten.

Tabelle 66 Bewertung der Massnahme V1.1

⁷⁸ <https://www.uvek.admin.ch/uvek/de/home/verkehr/investitionen-ins-verkehrsnetz/glossar.html> [22.10.2015]

Massnahme V2	Neuwagenvorschriften Personenwagen
Kriterium	Beurteilung
Angenommene Wirkung 2030 (ggü. 2013), nur Einzelwirkung	-6.1 Mio. t CO ₂ -Äq
Kurzbeschrieb (vgl. Tabelle 24 Seite 85)	Der Emissionsgrenzwert der Neuwagenflotte soll per 2023 60 g CO ₂ /km und per 2030 20 g CO ₂ /km betragen (inkl. Elektromobile). Der Anteil der Elektrofahrzeuge bei den Neuwagen muss vom heutigen Stand bis 2030 auf 75% ansteigen.
Wirksamkeit	Mit den vorgeschriebenen Neuwagenwerten von 20 g CO ₂ /km per 2030 werden 50% der Fahrzeugkilometer elektrisch bewältigt. Der mittlere Ausstoss der gesamten PW-Flotte liegt bei von 45 g CO ₂ /km per 2030. (vgl. Tabelle 33) Die angenommene isolierte Wirkung (-6.1 Mio. t CO ₂ eq) ist sehr hoch. Die verschiedenen Massnahmen im Bereich Verkehr müssen jedoch als Paket gesehen werden. Die Wirksamkeit ist grundsätzlich gesichert, wenn die Sanktionsmechanismen griffig ausgestaltet sind.
Weitere Aspekte	— Die Vollzugskosten sind relativ gering, da es bei den wenigen Grossimporteuren und einer beschränkten (aber zunehmenden) Zahl von Direktimporteuren ansetzt und es sich um ein bestehendes und funktionierendes System handelt. — Ordnungspolitisch handelt es sich um einen starken Eingriff in die Handelsfreiheit der Importeure und die Wahlfreiheit der Konsumenten. Das Grundprinzip ist jedoch politisch akzeptiert und mehrfach einer wirkungsvollen Lenkung via Treibstoffpreise vorgezogen worden. — Auch wenn die vorliegende Arbeit für die Wirkungsabschätzung im Wesentlichen auf einen Mix von klassischen Verbrennungsmotoren und Elektro-Fahrzeugen setzt, ist die Massnahme grundsätzlich technologieoffen formuliert. Die Absenkung kann durch verschiedene Kombinationen von fossil und vollelektrisch betriebenen mit Hybrid-Fahrzeugen erreicht werden.
Fazit	Da es sich um eine Weiterentwicklung eines bestehenden Instruments handelt, ist die Umsetzung relativ einfach. Diese Massnahme wird als Schlüsselmassnahme mit einer Hauptwirkung im Verkehr beurteilt.

Tabelle 67 Bewertung der Massnahme V2

Massnahme V3	Neuwagenvorschriften Güterverkehr
Kriterium	Beurteilung
Angenommene Wirkung 2030 (ggü. 2013), nur Einzelwirkung	-0.7 Mio. t CO ₂ -Äq (-0.4 Lieferwagen (LNF), -0.3 Lastwagen (SNF))
Kurzbeschrieb (vgl. Tabelle 25 Seite 86)	Leichte Nutzfahrzeuge LNF: Die bestehenden Grenzwerte für Neuwagen werden verschärft. Per 2020 120 g CO₂/km und per 2030 50 g CO₂/km. Analog zu V2 für Personenwagen, wird offen gelassen, welche Anteile von Elektrofahrzeugen notwendig sind um die Zielwerte zu erreichen. Unter der Annahme, dass der durchschnittliche dieselbetriebene Neuwagen in 2030 100 g CO₂/km (4.5l Diesel/100km) erreicht, so wäre dann ein Anteil von ca. 50% Elektrofahrzeugen bei den Neuwagen notwendig. Schwere Nutzfahrzeuge SNF: Per 2030 ist für die gesamte SNF-Neuwagenflotte ein Wert von 375 g CO₂/km vorgeschrieben. Bei der Ausgestaltung der Vorschrift, welche die Fahrzeugimporteure betrifft, muss ein klar definierter Testzyklus für die Fahrzeuge, welcher die Strassenbedingungen und eine mittlere Nutzlast berücksichtigt, implementiert werden.
Wirksamkeit	Die angenommene Wirkung (-0.7 Mio. t CO ₂ -Äq) ist im Vergleich zu den Personenwagen (V2) relativ gering. Die Wirkung dieser Massnahme ist von der zukünftigen Realitätsnähe der vorgeschriebenen Fahrzeugtestzyklen geprägt. Zudem ist sie abhängig von den Vereinbarungen mit der EU in Bezug auf den Transitverkehr.
Weitere Aspekte	– Die Höhe der Vollzugskosten ist als mittel zu beurteilen, da ein vergleichbares System bei den Personenwagen bereits in Kraft ist. – Ordnungspolitisch handelt es sich um einen starken Eingriff in die Handelsfreiheit der Importeure und die Wahlfreiheit der Konsumenten/-innen. Da es sich um Nutzfahrzeuge handelt, sind weniger die privaten Haushalte als die Unternehmen betroffen. Diesem Umstand wird mit der Ausgestaltung bzw. Zielsetzung teilweise Rechnung getragen. – Bezüglich Akzeptanz gelten die bei V2 gemachten Beurteilungen. – Die Abgrenzung zur etablierten LSVA ist zu beachten und Doppelbelastungen sind zu vermeiden.
Fazit	Da es sich um eine Weiterentwicklung eines bestehenden Instruments, angewendet auf einen anderen Teilbereich im Verkehr, handelt, ist die Umsetzung relativ einfach und die Wirksamkeit gut.

Tabelle 68: Bewertung der Massnahme V3

Massnahme V4	Nationale Elektromobilitätsstrategie im Strassenverkehr (Fokus PW)
Kriterium	Beurteilung
Angenommene Wirkung 2030 (ggü. 2013), nur Einzelwirkung	-7.8 Mio. t CO ₂ (Achtung: theoretische Einzelwirkung)
Kurzbeschreibung (vgl. Tabelle 30 Seite 92)	Gezielte Förderung von Elektromobilität als flankierende Massnahme zu V2 Zielvorgabe: 50% Anteil an den von PW geleisteten Fahrzeugkilometern im Strassenverkehr per 2030.
Wirksamkeit	Die Wirkung der isolierten Massnahme ist schwer abschätzbar, weil sie primär als flankierende Massnahme konzipiert ist.
Weitere Aspekte	– Die Vollzugskosten hängen stark von der Ausgestaltung ab. Wenn wie empfohlen auf Subventionen weitgehend verzichtet wird, fokussiert sich die Massnahme auf Netzwerkarbeit, Normierung und einen Anschlag beim Ausbau der Ladeinfrastruktur. – Ordnungspolitisch sind die Normierung und Reduktion von Handelshemmnissen klassische öffentliche Aufgaben mit hohem Nutzen. – Energie-/Umweltpolitisch ist der erhöhte Strombedarf eine Herausforderung.
Fazit	Die vorliegende Massnahme kann flankierend die Wirkungen der Hauptmassnahmen absichern oder verstärken. Mit der Konzentration auf Bereiche mit potenziellem Marktversagen ist Massnahme sinnvoll und wichtig.

Tabelle 69: Bewertung der Massnahme V4

Massnahme V5	Grenzausgleich Treibstoffe
Kriterium	Beurteilung
Angenommene Wirkung 2030 (ggü. 2013), nur Einzelwirkung	Dieser Massnahme wird keine separate Wirkung zugewiesen, da sie flankierend zu allen anderen Massnahmen wirkt
Kurzbeschreibung (Vgl. Tabelle 31 Seite 94)	Da bis 2030 die Mineralölsteuer zur Strassenfinanzierung durch eine leistungsabhängige Verkehrsabgabe (LVPW, vgl. Massnahmen V1.1) ersetzt wird, bleibt eine Abgabe auf den fossilen Treibstoffen notwendig, um primär den Tanktourismus in beide Richtungen zu verhindern. Ausgestaltung als CO ₂ -abhängige und wie die CO ₂ -Abgabe rückvergütbare Lenkungsabgabe.
Wirksamkeit	Verhinderung des Tanktourismus wird durch Ausgestaltung gewährleistet. Weitere Lenkungswirkung hängt ab von zukünftiger Preisentwicklung im Ausland und ist kaum zu quantifizieren.
Weitere Aspekte	– Der Vollzugaufwand wäre ähnlich gering wie bei der heutigen Mineralölsteuer. – Akzeptanz dürfte hoch sein, soweit Preisdifferenzen an der Grenze betroffen sind. – Mit der LVPW als Grundabgabe und der Grenzausgleich an der Zapfsäule wird die Belastung für fossil betriebene Fahrzeuge insgesamt hoch. Die entsprechende Lenkungswirkung ist jedoch erwünscht.
Fazit	Dies ist eine einfach umzusetzende Massnahme, welche andere Massnahmen im Bereich Verkehr unterstützt und aufgrund der Änderungen bei der Finanzierung der Strasseninfrastruktur eine logische Folge ist um den Tanktourismus zu verhindern.

Tabelle 70: Bewertung der Massnahmen V5

Massnahme V6	Erhöhung Anteil alternative, erneuerbare Treibstoffe
Kriterium	Beurteilung
Angenommene Wirkung 2030 (ggü. 2013), nur Einzelwirkung	Keine Einzelwirkung, bzw. 10% der gemäss anderen Massnahmen verbleibenden Emissionen.
Kurzbeschrieb (vgl. Tabelle 26 Seite 88)	Anteil erneuerbare Treibstoffe muss 20% betragen per 2030 Power-to X-Technologien (synthetische flüssige oder gasförmige Treibstoffe) oder Biotreibstoffe kommen in Frage.
Wirksamkeit	— Da auch die Herstellung erneuerbarer Treibstoffe Treibhausgase verursacht, wird für die Berechnung des Einsparpotentials wird eine THG-Einsparung von 50% angenommen, bei Anteil von 20% der Treibstoffe resultiert folglich eine 10% Einsparung gegenüber Benzin/Diesel. — Ein hoher Anteil von 20% für erneuerbare Treibstoffe ist nur realistisch, wenn wie vorgesehen die Gesamtleistung an Fahrzeugkilometern bis 2030 deutlich reduziert wird und die Hälfte davon elektrisch erbracht wird. — Wirksamkeit hängt von der Ausgestaltung der Massnahme ab. Aktuell basieren entsprechende Aktivitäten auf Verpflichtungen der Treibstoffimporteure. Für die Umsetzung sollte eine separate Regelung für den Anteil erneuerbarer Treibstoffe (analog zu Direktiven in der EU) prioritär weiterverfolgt werden.
Weitere Aspekte	— Vollzugskosten können mit Lösungen unter Einbezug der Treibstoffimporteure relativ gering gehalten werden. — Biotreibstoffe sind in Bezug auf die Konkurrenzierung der Nahrungsmittelproduktion kritisch zu betrachten. Die in der Schweiz entwickelten, diesbezüglich strengen Kriterien sind zwingend aufrecht zu erhalten und gegebenenfalls zu verschärfen. — Für Einsatzbereiche, in denen die klassischen Verbrennungsmotoren Vorteile aufweisen, bieten die erneuerbaren Treibstoffe eine Alternative, mit der die Akzeptanz anderer Massnahmen erheblich erhöht werden kann.
Fazit	Als verbesserte Fortsetzung der aktuellen Förderung von Biotreibstoffen ist diese Massnahme trotz eher geringer Gesamtwirkung langfristig sinnvoll.

Tabelle 71: Bewertung der Massnahme V6

Massnahme G1	Erhöhung CO ₂ -Abgabe auf Brennstoffen
Kriterium	Beurteilung
Angenommene Wirkung 2030 (ggü. 2013), nur Einzelwirkung	-8.7 Mio. t CO ₂ -eq (vgl. Kapitel 3.1.2). Ggü. der Baseline beträgt die Reduktion 2030 -1.7 Mio. t.
Kurzbeschrieb (Vgl. Tabelle 39 Seite 109)	Die seit 2008 erhobene CO ₂ -Abgabe auf Brennstoffen wird weitergeführt und ausgebaut. Der maximale Abgabensatz wird bis 2030 ggü. dem aktuellen Maximalsatz auf 240 CHF/t verdoppelt. Die Abhängigkeit des Abgabensatzes von einem Zielpfad wird aufgehoben, was die Planungssicherheit erhöht. Der Fokus liegt auf der Wärmeerzeugung im Gebäudebereich und auf Brennstoffen für industrielle Prozesse. Bei letzterem wirkt die erhöhte Abgabe zusammen mit einer verstärkten Abgabebefreiung (IE2) und den EHS Massnahmen (IE1).
Wirksamkeit	Die CO ₂ -Abgabe verfügt grundsätzlich über eine sehr hohe und mehrfach belegte Wirkung, reicht aber alleine nicht zur Zielerreichung im Gebäudebereich aus (unter anderen wird energetische Sanierungsrate nicht ausreichend erhöht und es gibt Marktversagen wie das Mieter/Vermieter Dilemma).
Weitere Aspekte	— Der Vollzugsaufwand der Abgabe ist gering (jener der Abgabebefreiung jedoch hoch). — Ordnungspolitisch und ökonomisch ist die Lenkungsabgabe mit Rückvergütung vorteilhaft gegenüber Vorschriften. — Wirtschaftliche Nachteile bei Unternehmen können durch (teilweise) Abgabebefreiung im EHS oder non-EHS-System ausgeglichen werden. — Marktversagen wie das Mieter-Vermieterdilemma kann durch die Massnahme nicht gelöst werden. — Aus gesellschaftlicher Sicht kann eine verdoppelte Abgabe für finanziell schwache Haushalte (z.B. in energetisch schlechten Mietliegenschaften) als problematisch betrachtet werden. Zu beachten ist dabei jedoch die Begrenzung auf 240 CHF, die Rückverteilung pro Kopf und begleitenden Massnahmen zur Sanierung entsprechender Gebäude. — Grundsätzlich kann für die bereits bestehende Massnahme von hoher Akzeptanz ausgegangen werden.
Fazit	Die Lenkungsabgabe (auch mit Teilzweckbindung) stellt aus energiepolitischer Sicht aufgrund des marktwirtschaftlichen Mechanismus' ein vorteilhaftes Instrument dar, das einen wesentlichen Beitrag zur Zielerreichung leisten kann, jedoch mit weiteren Massnahmen zur energetischen Verbesserung des Gebäudeparks kombiniert werden muss.

Tabelle 72: Bewertung der Massnahme G1

Massnahme G2	CO₂-Abgabe Befreiung erst ab 120 CHF/t
Kriterium	Beurteilung
Angenommene Wirkung 2030 (ggü. 2013), nur Einzelwirkung	Hohe Wirkung; nicht explizit ausgewiesen.
Kurzbeschrieb (Vgl. Tabelle 40, Seite 110)	Bei einer gegenüber heute stark erhöhten CO₂-Abgabe (siehe Massnahme G1) ist es denkbar, ab 2021 einen Grundsockel einzuführen, von welchem sich Unternehmen nicht befreien lassen können. Der Grundsockel soll in Koordination mit der Erhöhung der CO₂-Abgabe erhöht werden und maximal 120 CHF pro Tonne CO₂ betragen. Der Betrag widerspiegelt die externen Kosten. Für die Befreiung wäre nur der zusätzliche Lenkungsanteil, welcher über den Grundsockel-Beitrag hinausgeht, relevant.
Wirksamkeit	Hohe Wirkung Die Befreiung erst ab 120 CHF/t (Maximalansatz im 2030) würde beispielsweise den Heizölpreis für Unternehmen mit Abgabebefreiung um gut 40% erhöhen. Für energieintensive Unternehmen steigt der Anreiz für einen Umstieg auf erneuerbare Brennstoffe stark.
Weitere Aspekte	— Zusätzliche Vollzugskosten sind gering — Für energieintensive Unternehmen ist der Sockel in hohem Masse kostenrelevant. Die Wahrscheinlichkeit, dass energieintensive Branchen ihre Produktionsstandorte ins Ausland verlegen, steigt.
Fazit	Wirksame Ergänzung des Systems der Abgabebefreiung.

Tabelle 73: Bewertung der Massnahme G2

Massnahme G3	Verstärkung der Gebäudeprogramme des Bundes und der Kantone
Kriterium	Beurteilung
Angenommene Wirkung 2030 (ggü. 2013), nur Einzelwirkung	Mittlere Wirkung; nicht explizit ausgewiesen.
Kurzbeschrieb (Vgl. Tabelle 41, Seite 111)	Mit der Teilzweckbindung der CO ₂ -Abgabe und kantonalen Beiträgen werden die Gebäudeprogramme des Bundes und der Kantone finanziert, welche Beiträge für energetische Gebäudehüllensanierungen und für den Einsatz erneuerbarer Energien, Abwärmenutzungen und Optimierungen der Gebäudetechnik sprechen. Erhöhung der Mittel des Gebäudeprogrammes des Bundes von rund 200 Mio. CHF auf 400 Mio. CHF
Wirksamkeit	Subventionen aus dem Gebäudeprogramm unterstützen finanziell in bedeutendem Masse die Umsetzung der Massnahmen «Sanierungspflicht für Gebäude mit GEAK-Klasse F oder G» (G5) und «Pflicht für Heizungen mit erneuerbarer Energie» (G6).
Weitere Aspekte	— Vollzug aufwändig, jedoch bereits etabliert. — Grundsätzlich ist System von Mitnahmeeffekten geprägt; zusammen mit der Sanierungspflicht entstehen neue Wechselwirkungen, Subventionen erhöhen die Akzeptanz der Sanierungspflicht. — Es findet eine Mittelverlagerung von den Mietern zu den Vermietern statt. So finanzieren die Mieter mit der CO₂-Abgabe via Teilzweckbindung die Subventionen für energetische Massnahmen, welche durch die Vermieter vorgenommen werden (auch wenn diese Investitionen nicht auf die Mieter überwälzt werden). Diesem Umstand soll über eine ausgleichende Rückverteilung der Lenkungsabgabe entgegnet werden. — Baubranche profitiert von induzierten Investitionen.
Fazit	Die Massnahme ist bereits etabliert, geniesst eine hohe Akzeptanz und erzielt eine mittlere Wirkung. Insbesondere mit dem kantonalen Gebäudeprogramm können schnelle Reduktionswirkungen durch Heizungsersatz erzielt werden.

Tabelle 74: Bewertung der Massnahme G3

Massnahme G5	Sanierungspflicht für Gebäude mit GEAK-Klasse F oder G
Kriterium	Beurteilung
Angenommene Wirkung 2030 (ggü. 2013), nur Einzelwirkung	Sehr hohe Wirkung; nicht explizit ausgewiesen.
Kurzbeschrieb (Vgl. Tabelle 43 Seite 113)	Bis 2030 sind alle Gebäude mit nur teilweiser oder inexistenter Wärmedämmung und/oder hohen spezifischen CO ₂ -Emissionen zu sanieren oder deren absehbare Sanierung mit einem Sanierungsplan nachzuweisen.
Wirksamkeit	Die Gebäude mit den höchsten CO ₂ -Emissionen müssen saniert werden. Die Massnahme löst das Mieter-Vermieter-Dilemma
Weitere Aspekte	— Für die konkrete Ausgestaltung sind mehrere kritische Punkte im Vollzug zu berücksichtigen (vgl. untenstehende Punkte). Richtschnur für die Güterabwägung zwischen Interessen bildet die Zielsetzung, die energetische Sanierungsrate von Altbauten von rund 1% auf rund 2% zu verdoppeln. — Vollzugskosten sehr hoch. Der Vollzug bedingt eine GEAK-Pflicht, Auf Basis des GEAK ist eine Verfügung zu veranlassen und die Erfüllung zu überprüfen; Gesamtanierungskonzepte sind zu beurteilen und Ausnahmen festzusetzen. — Jedes beheizte Gebäude mit Baujahr vor 2000 kann von der Massnahme betroffen sein. Der Markt braucht Zeit, um sich auf die Umsetzung der Massnahme einzurichten (GEAK-Berater, Fachkräfte im Bau, Aufbau von Finanzierungsmöglichkeiten, etc.). — Die Beurteilung der GEAK-Berater kann grosse finanzielle Konsequenzen für die Eigentümerschaft mit sich bringen. GEAK-Berater stehen infolge dessen unter hohem Druck, was eine sorgfältige Qualitätskontrolle bedingt. — Massnahme stellt einen sehr starken Eingriff in die Eigentumsrechte/Bestandsgarantie dar, was bei einem Gebäude als sehr kritisch zu betrachten ist. — Die Massnahme birgt verschiedene grosse soziale/gesellschaftliche Herausforderungen. So verlieren Gebäude der GEAK-Klassen F und G bedeutend an Wert, da grosse Investitionen getätigt werden müssen. — Akzeptanz und Sozialverträglichkeit wird durch begleitende Massnahmen im Bereich Finanzierung sichergestellt werden (G3, G7, G8); So kann verhindert werden, dass Gebäudeeigentümer ohne genügend finanzielle Mittel für eine Renovation, die Liegenschaft aufgrund der Sanierungspflicht veräussern müssen.
Fazit	Die vorliegende Massnahme weist die grösste Wirkung im Gebäudebereich auf. Zugleich weist sie die ordnungspolitische grösste und heikelste Eingriffstiefe auf. Die Massnahme wird übergeordnet als kritisch beurteilt, erlaubt hingegen einen bedeutenden Beitrag an die Erreichung ambitionierter Klimaziele. Bei der Umsetzung ist sie zwingend mit geeigneten begleitenden Massnahmen zu flankieren. Die grösste Rolle spielt hierbei der Aufbau von Finanzierungsmöglichkeiten. Ebenfalls wichtig ist die konkrete Ausgestaltung von Ausnahmeregelungen für schützenswerte Gebäude, etc. Die Akzeptanz wird sehr kritisch beurteilt.

Tabelle 75: Bewertung der Massnahme G5

Massnahme G6	Pflicht für Heizungen mit erneuerbarer Energie
Kriterium	Beurteilung
Angenommene Wirkung 2030 (ggü. 2013), nur Einzelwirkung	Sehr hohe Wirkung; nicht explizit ausgewiesen.
Kurzbeschrieb (Vgl. Tabelle 44 Seite 114)	Beim Neubau oder beim Ersatz bestehender Heizungsanlagen sind nur Anlagen erlaubt, welche auf der Nutzung erneuerbarer Energien basieren. Ausnahmen können unter bestimmten Voraussetzungen bewilligt werden.
Wirksamkeit	Der Umstieg von fossilen auf erneuerbare Energieträger wird im bedeutenden Masse forciert. Die Wirksamkeit ist insbesondere von der Wirtschaftlichkeit fossiler und erneuerbarer Heizungssysteme abhängig. Bezüglich CO ₂ -Emissionen kann eine mittlere Wirkung erzielt werden. Im Gegensatz zur Massnahme G5 (energetische Sanierungspflicht) wirkt die vorliegende Massnahme auch auf Gebäude mit GEA-Klassen höher als F.
Weitere Aspekte	— Vollzugsaufwand ist hoch. Der Vollzug bedingt, den Ersatz eines Wärmeerzeugers bewilligungs- oder meldepflichtig zu machen. Bei Anträgen auf Ausnahmegewilligungen ist die wirtschaftliche Tragbarkeit zu überprüfen — Ordnungspolitisch ist die Vorschrift akzeptabel, das sie nur bei einem Ersatz zum Zuge, d.h. es besteht keine Pflicht für einen Ersatz vor Ende der Lebensdauer. Zudem muss der Ersatz mit erneuerbaren Energie wirtschaftlich tragbar sein
Fazit	Die vorliegende Massnahme weist eine mittlere Wirkung auf und als flankierende Massnahme wichtig. Aufgrund der Wirtschaftlichkeitsklausel ist sie ordnungspolitisch akzeptabel.

Tabelle 76: Bewertung der Massnahme G6

Massnahme IP3	Phase-down mit Quotenregelung für fluorierte Kohlenwasserstoffe wie in EU
Kriterium	Beurteilung
Angenommene Wirkung 2030 (ggü. 2013), nur Einzelwirkung	-1.5 Mio. t CO ₂ -äq
Kurzbeschrieb (Vgl. Tabelle 52 Seite 125)	Hersteller und Importeure von Stoffen, Zubereitungen oder Produkten mit fluorierten Kohlenwasserstoffen erhalten jährlich abnehmende Quoten zugeteilt für das Inverkehrbringen der jeweiligen fluorierten Kohlenwasserstoffe. Im Wesentlichen Übernahme der EU-Phase-down - Quotenregelung für fluorierte Kohlenwasserstoffe (Verordnung 517/2014).
Wirksamkeit	Die beschriebene Wirkung ist sehr gross.
Weitere Aspekte	— Vollzug ist eher einfach, allenfalls ist die Kontrolle der Hersteller und Importeure etwas aufwändiger gegenüber der aktuellen Regelung. — Quoten und Verbote sind nicht bevorzugte politische Mittel in der Schweiz. Da fluorierte Kohlenwasserstoffe aber bereits Ende der 80er Jahren mit dem Montrealprotokoll international erfolgreich reguliert wurden, dürfte die Massnahme trotzdem ordnungspolitisch akzeptiert sein. — Ein Teil des heutigen Problems sind Ersatzstoffe für die durch das Montrealprotokoll verbotenen Stoffe. Eine ähnliche Situation ist denkbar bei den F-Gasen. Durch Früherkennung sind diese Risiken zu minimieren.
Fazit	Aufgrund des grossen und vielversprechenden Nutzens und eines erfolgreichen Beispiels aus der Vergangenheit, ist diese wirksame Massnahme zentral.

Tabelle 77: Bewertung der Massnahme IP3

Massnahme IP6	Low-CO2-Zemente
Kriterium	Beurteilung
Angenommene Wirkung 2030 (ggü. 2013), nur Einzelwirkung	-0.2 Mio
Kurzbeschreibung (Vgl. Tabelle 54Seite127)	Der klassische Portlandzement wird durch sogenannte «Low-CO2-Zemente» ersetzt; geogene und je nach Verfahren auch energetische Emissionen werden reduziert.
Wirksamkeit	Die Wirksamkeit hängt davon ab, ob auch entsprechende Normen für Bau und Zementqualität angepasst werden. Nur so ist eine Marktöffnung für neuartige Zemente möglich. Die potenzielle Wirkung über 2030 hinaus ist von grossem Interesse.
Weitere Aspekte	— Vollzugskosten für die Anpassung der Normen sind begrenzt. Die Einführung neuer, alternativer Produkte wird dem Markt überlassen. — Alternative Produkte und neue Akteure setzen Portlandzement-Hersteller unter Druck — Anpassungen sind allenfalls in der gesamten Baubranche erforderlich (Planung bis Konstruktion)
Fazit	Aufgrund der tiefen Kosten und des guten Nutzens eine wichtige Massnahme.

Tabelle 78: Bewertung der Massnahme IP6

3.12 Weitere Beiträge zum Klimaschutz ausserhalb des Massnahmenkatalogs Klimapolitik 2030

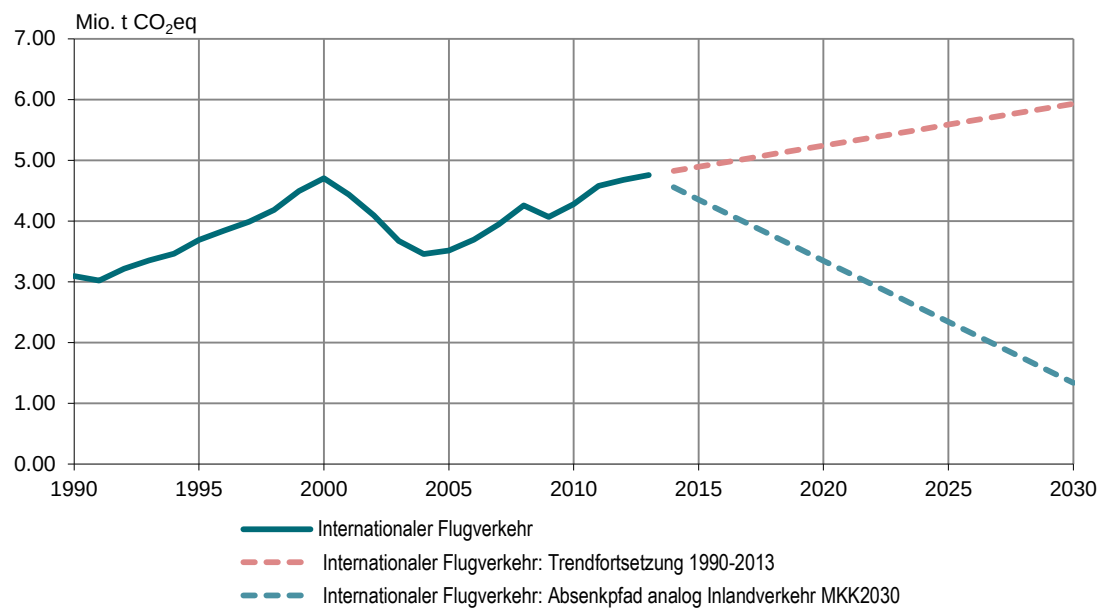
3.12.1 Flugverkehr

Der internationale Flugverkehr ist im Treibhausgas-Inventar der Schweiz zwar aufgeführt, aber im Erfassungsbereich des Kyoto-Protokolls nicht eingeschlossen (vgl. Kapitel 1.2. zu den Systemgrenzen und Kapitel 2.1.1 mit den Werten des Inventars von 1990 bis 2013).

Da sich die vorliegende Arbeit grundsätzlich an den Systemgrenzen des Kyoto-Protokolls orientiert, sind im Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 Vorschläge zur Reduktion der Emissionen aus dem internationalen Flugverkehr nicht berücksichtigt. Dies hat den Vorteil, dass die hier ermittelten Reduktionsziele auch mit den Werten der in internationalen Vereinbarungen oder Verhandlungen genannten Zielsetzungen verglichen werden können.

Der Nachteil der gewählten Systemgrenzen liegt darin, dass eine quantitativ bedeutende Quelle nicht berücksichtigt wird. Aufgrund der Bedeutung werden Folgenden einige Hinweise zu möglichen Reduktionspotenzialen aufgeführt.

Die Emissionen des internationalen Flugverkehrs betragen 2013 knapp 5 Mio. t CO₂eq und sind in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen (vgl. Figur 41). Bei diesen Emissionen gilt in der Schweiz getanktes Kerosin als Quelle, soweit es nicht für Inlandflüge verwendet wird. Nicht berücksichtigt ist dabei die zusätzliche Treibhauswirkung durch verschiedene Formen von Wasserdampf und Stickoxiden, die nochmals rund 5 Mio. t CO₂eq entspricht (Lee et al. 2010). Für die weitere Entwicklung wird keine vertiefte Analyse durchgeführt, vielmehr wird stark vereinfachend in der Figur 41 ein möglicher Fächer illustrativ aufgezeigt. Die obere Linie setzt die mittlere jährliche Zunahme von 1990 bis 2013 linear fort und erreicht als «Trendfortsetzung» ein Niveau von 6 Mio. t. CO₂eq pro Jahr. Die untere Linie überträgt die Absenkrate für den Bereich des Inlandverkehrs (72% bis 2030 gegenüber 2013) auf die Emissionen des Jahres 2013 und würde eine Absenkung auf weniger als 1.5 Mio. t CO₂eq bis 2030 bedeuten.



Figur 41: Entwicklung der Emissionen des internationalen Flugverkehrs bis 2013 und Spektrum zukünftiger Entwicklungen

Ohne auf Machbarkeiten oder Eintretenswahrscheinlichkeiten dieser Entwicklungen eingehen zu können, ist es aus globaler Perspektive notwendig, auch für den internationalen Flugverkehr Massnahmen zur Absenkung zu treffen.

Die nachstehende Übersicht zeigt mögliche Ansätze auf.

Massnahme	Stichworte zur Ausgestaltung
Emissionshandel für Flugverkehr	Einbezug der Emissionen in das europäische Emissionshandelssystem
Kompensationspflicht	Analog zu den Bestimmungen für Gas-Kombikraftwerke wird die Flugbranche verpflichtet, die Emissionen zu kompensieren.
Flugverkehrssteuer	Besteuerung des Flugverkehrs analog zu Österreich oder Deutschland
Klima-Ticketgebühr	Anstelle einer indirekten Überwälzung lenkender Kostenelemente (wie Kompensationspflicht oder Emissionshandel), die den Anbietern überlassen würde, wird eine explizite Klimaabgabe auf den Tickets erhoben. — Ausgestaltung als mengenabhängige Abgabe — Ausgestaltung als fixe Sitzplatzgebühr — Ausgestaltung als Kombinationen mengenabhängiger und fixer Elemente Die Tatsache, dass besonders Kurzstreckenflüge gemessen an der Distanz besonders klimabelastend sind, spricht für eine kombinierte Abgabe.
MWSt auf Flugtickets	Bisher sind Flugtickets MWSt befreit.
Subventionen des Flugbetriebs streichen	Abbau sämtlicher direkter und indirekter Subventionen bzgl. Infrastruktur, Landkosten und Sicherheitsdienst
Auktionierung von Start/Landelizenzen	Limitierung und Auktionierung von Start- und Landelizenzen, insbesondere zur Reduktion von Kurzflügen;
Effizienzvorschriften für eingesetzte Flugzeuge und Auslastung	Eine solche Einführung wird aktuell international diskutiert.
Deklaration für Luftfracht-Güter	Im Detailhandel für Nahrungsmittel werden zunehmend die Luftfrachtgüter deklariert, diese freiwillige Massnahme der Anbieter kann unterstützt oder für bestimmte Güter verpflichtend eingeführt werden.
Deklarationspflicht der Emissionen von Flugreisen	Nachweis gegenüber den Flugreisenden muss beim Ticketkauf prominent sichtbar sein.
Information betreffend alternativer	Beim Ticketkauf muss auf mögliche klimaschonendere Alternativen (v.a. für

Massnahme	Stichworte zur Ausgestaltung
Reisemöglichkeiten	Kurzstreckenflüge) hingewiesen werden.
Europäische Offensive für Vereinfachungen im internationalen Bahnverkehr	Der Flugticketkauf ist im Vergleich zu grenzüberschreitenden Bahnreisen massiv einfacher; ein vergleichbares Service-Niveau muss auch im Bahnbereich erreicht werden.

Tabelle 79: Internationale Luftfahrt, Massnahmenvorschläge ohne vertiefte Prüfung

3.12.2 Graue Emissionen

Wie verschiedene Arbeiten aufzeigen⁷⁹, ist der mit importierten Gütern verbundene Treibhausgasausstoss im Ausland (Herstellung und Transport) in derselben Grössenordnung wie der Ausstoss gemäss Treibhausgas-Inventar im Inland. So liegt der die konsuminduzierten Treibhausgas-Emissionen pro Person, der «Carbon Footprint», gemäss BAFU im Jahr 2011 bei 13.6 Tonnen pro Person, gegenüber 6.3 Tonnen laut den in der vorliegenden Arbeit gewählten Systemgrenzen (vgl. Figur 40).

Aus globaler Perspektive ist eine Reduktion dieser grauen Emissionen erforderlich, aktuell sind nach dem Territorial-Prinzip diejenigen Länder dafür verantwortlich, in denen die treibhausgasintensiven Produktionsprozesse stattfinden.

Obwohl nicht Gegenstand der eigentlichen Fragestellung der vorliegenden Arbeit, wurde im Exkurs zu einem möglichen Ersatz des Emissionshandelssystems EHS und der Abgabenbefreiung in Kapitel 3.1.4 die Einführung einer Besteuerung der Grauen Emissionen und eines Grenzausgleichs für Exporte skizziert. Diese Option wäre weiter zu vertiefen.

3.12.3 Konsum und Trends, Unternehmen als Akteure

Der vorliegende Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 setzt im Wesentlichen auf staatliche Massnahmen zur Erreichung von Zielen im öffentlichen Interesse. Dabei wird die Rolle der Bevölkerung unterschätzt, die sie durch den täglichen Konsum und weitere Entscheidungen für die Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen spielt. So ist es denkbar, dass neue Trends und Verhaltensweisen die aus politischer Sicht einschneidenden Massnahmen in gewissen Bereichen bezüglich der Klimawirkung übertreffen. Als Beispiel aus der Ernährung könnte der Trend zu weniger Fleischkonsum eine massive Absenkung der Emissionen aus der Land- und Ernährungswirtschaft ermöglichen. Oder im Bereich der Mobilität kann der urbane Trend kein Auto mehr zu besitzen und im Bedarfsfall auf (klimaschonendes) Car-Sharing zu setzen zu schnellen und starken Veränderungen der individuellen Mobilität führen, die in den angewendeten Modellen nicht berücksichtigt werden konnten. Auch falls sich selbstfahrende Fahrzeuge etablieren, könnte dies völlig

⁷⁹ Vgl. z.B. BAFU 2014; <http://www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/35713.pdf>

neue Perspektiven für eine höhere Besetzung, neue Eigentumsmodelle oder eine stark veränderte Flottenzusammensetzung darstellen.

Selbstredend muss erwähnt werden, dass Konsumtrends auch in die andere Richtung einer Verstärkung der Treibhausgas-Emissionen gehen kann. Dies lässt sich beispielsweise am Reiseverhalten in Bezug auf Flugreisen beobachten.

Die Unternehmen können bezüglich Klimaschutz eine wichtige treibende Kraft darstellen. Sei es als Trendsetter im Detailhandel mit der Schaffung von Transparenz bezüglich dem Carbon-Footprint der Produkte, sei es bei der Herstellung klimafreundlicher Produkte. Auch die Finanzindustrie spielt mit der Bewertung von Investitionen bzw. Unternehmen und deren Exposition bezüglich "fossiler" Technologien oder Märkte eine entscheidende Rolle. Wenn eine hohe Abhängigkeit von CO₂-intensiven Prozessen zunehmend als Risiko eingestuft wird, entsteht ergänzend zur staatlichen Regulierung, die im Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 im Vordergrund steht, ein weiterer wichtiger Hebel zur schnelleren Reduktion der Treibhausgase, indem die Investitionen grundsätzlich klimafreundlicher getätigt werden.

4 Pfadabhängigkeiten und Ausblick für die Fortsetzung der Klimapolitik bis 2050

Der Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 ist auf den Zeitraum bis zum Jahr 2030 ausgerichtet und beantwortet die Frage, welche Reduktion der Treibhausgase mit welchen Massnahmen möglich ist. Trotz dieser zeitlichen Fokussierung sind auf der Grundlage der analysierten Wirkungsmechanismen und Transformationsprozesse einzelner Sektoren auch gewisse Aussagen über die Zeit nach 2030 möglich.

Die beiden Sektoren Verkehr und Gebäude, im Jahr 2013 für 31% bzw. 29%, zusammen 60% der Treibhausgas-Emissionen verantwortlich, leisten bis 2030 mit Reduktionen um 72% und 64% gegenüber 2013 die grössten absoluten und relativen Beiträge zum Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030. So machen im Jahr 2030 der Verkehr noch 18% und die Gebäude noch 22%, zusammen 40% der gesamten Emissionen von 25.3 Mio. t CO₂eq aus. Beim Privatverkehr bestehen die Haupteffekte neben der Reduktion der Fahrzeugkilometer in einer konsequenten Erneuerung der Fahrzeugflotte mit Elektrofahrzeugen oder sehr effizienten Verbrennungsmotoren. Bei den Gebäuden spielen die erhöhte Sanierungsrate und der konsequente Ersatz fossiler Heizungssysteme die entscheidende Rolle. Bei diesen Veränderungen sind starke Pfadabhängigkeiten zu beachten, das heisst aufgrund der Trägheit der beteiligten Systeme kann die Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen nicht beliebig schnell verändert werden. Diese Trägheit beruht darauf, dass Anpassungsprozesse bei langen Investitionszyklen wie dem Gebäudepark aber auch bei mittelfristigen Investitionszyklen wie bei Fahrzeugen nur langsam wirksam werden. Zu weiteren Pfadabhängigkeiten führen auch Rahmenbedingungen im Umfeld, die für Investitionsentscheidungen relevant sind: Zwei Beispiele: Eine ausgebaute Ladeinfrastruktur für elektrisch Fahrzeuge und eine auf eine hohe Sanierungsrate eingespielte Bauindustrie sorgen in einem gewissen Ausmass für eine Fortsetzung eingeschlagener Pfade.

Diese Pfadabhängigkeiten sind für die Entwicklungen bis 2030 entscheidend, jedoch auch über das Jahr 2030 hinaus wirksam, wie die nachstehende Figur 42 illustriert⁸⁰.

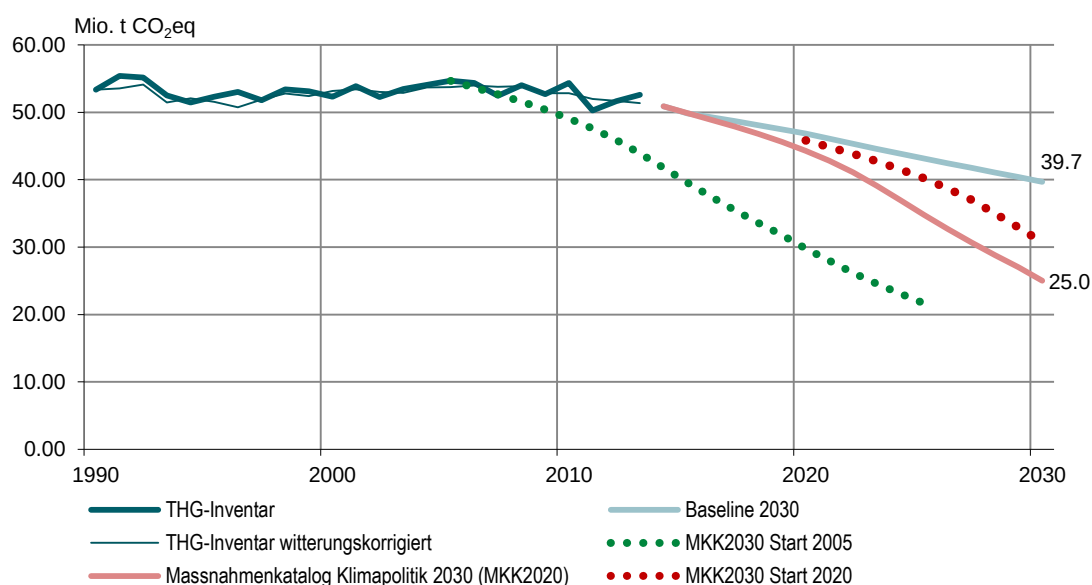
Aus Plausibilitätsgründen und aufgrund vergleichbarer Arbeiten ist anzunehmen, dass die jährliche Reduktion nach 2025 höher sein wird als in den Jahren bis 2020. Für die Zielerreichung bis 2030 ist es folglich entscheidend, wie schnell die Baseline-Entwicklung verlassen werden kann und ein Einschwenken auf einen ambitionierteren Klimaschutzpfad gelingt.

- Wenn es nicht bereits vor dem Jahr 2020 möglich ist, mit ersten Schritten die Anpassungsprozesse einzuleiten, kann auch ein tiefgreifender Massnahmenkatalog bis zum Jahr 2030 kaum noch eine Reduktion unter 25 Mio. t CO₂eq erreichen. Wie Figur 42

⁸⁰ Der Verlauf gemäss Massnahmenkatalog Klima 2030 bis 2030 beruht nicht vollständig auf einer detaillierten Modellierung, sondern auf der bottom-up Modellierung einzelner Bereiche, ergänzt um Plausibilitätsüberlegungen. Auch der Verlauf nach 2030 dient einzig der Illustration.

deutlich macht, führt eine Verzögerung um 5 Jahre (bei einer theoretischen Verschiebung des Absenkpades nach rechts) trotz der kleinen Differenz zum MKK2030 im Jahr 2000 (rund 1.5 Mio. t CO₂eq) bis zum Jahr 2030 zu einem über 5 Mio. t CO₂eq höheren THG-Ausstoss.

- Umgekehrt hätte eine frühere Entscheidung, bereits 10 Jahren früher auf eine ambitionöse Klimaschutzpolitik im Sinne des Massnahmenkatalogs Klimapolitik 2030 einzuschwenken, eine völlig andere Ausgangslage geschaffen: Das aktuelle Niveau der Emissionen könnte bereits um 10 Mio. t CO₂eq oder 20% tiefer liegen und für das Jahr 2030 wären Absenkungen über 70% gegenüber 1990 realistisch.

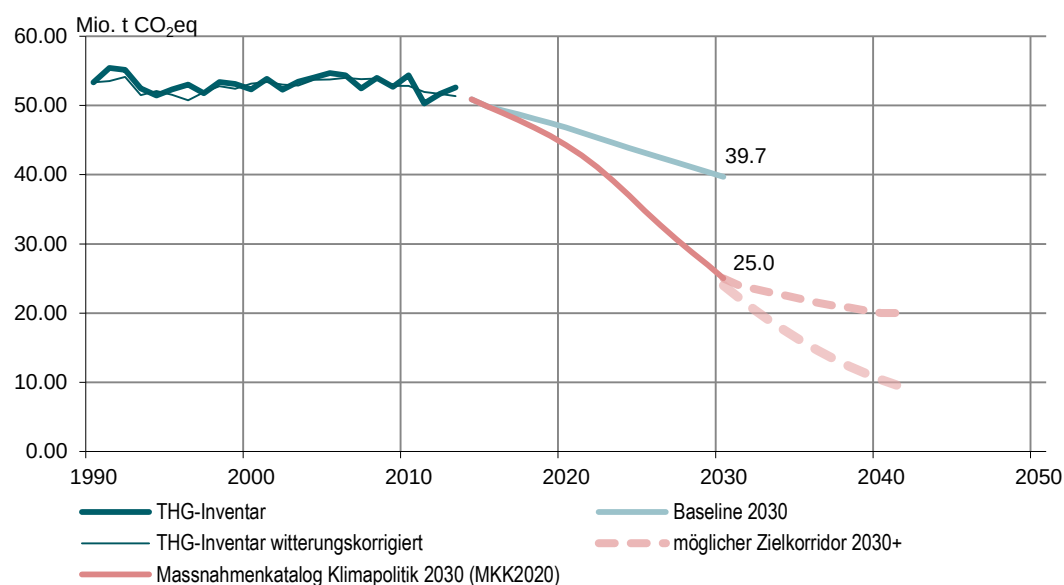


Figur 42: Pfadabhängigkeiten für Absenkpfade bis 2030

Die erwähnte Pfadabhängigkeit beruht auf der Trägheit der beteiligten Systeme. Diese Trägheit hat aus Sicht des Klimaschutzes einerseits negative Aspekte, indem sich jede Verzögerung kritisch auf die globalen Ziele auswirkt und die später notwendigen Absenkungen umso stärker (und wahrscheinlich auch teurer) ausfallen müssen. Andererseits weist diese Trägheit auch den positiven Aspekt auf, dass die eingeleiteten Entwicklungen wie eingangs erwähnt auch über das Jahr 2030 hinaus wirksam die Treibhausgas-Emissionen weiter reduzieren. Die untenstehende Abbildung stellt schematisch den möglichen Zielkorridor der Gesamtemissionen dar. Grundsätzlich hält der Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 (MKK2030) die Option offen, die energiebedingten Emissionen bis 2050 weitgehend zu eliminieren.

- Im Bereich Personenverkehr dürfte sich aufbauend auf den Vorarbeiten des MKK2030 der elektrische Antrieb bis 2040 weitgehend durchsetzen lassen. Der Restbedarf an Treibstoffen für Verbrennungsmotoren kann in zunehmendem Ausmass durch erneuerbare Treibstoffe abgedeckt werden. Dies erlaubt auch die weitere Dekarbonisierung des Güterverkehrs auf der Strasse.

- Die Wärmeerzeugung im Gebäudebereich nimmt nachfrageseitig dank hoher Sanierungsraten weiter ab, die Bedarfsdeckung nach 2030 wird bei Trendfortsetzung des MKK2030 von einem fast vollständigen Verschwinden von Heizöl bis 2040 und einem weitgehenden Ersatz von Erdgas bis 2050 geprägt sein.
- Die Herausforderungen im Bereich der Energiebereitstellung in der Industrie bleiben auch nach 2030 gross, grundsätzlich sind jedoch Technologien zum Ersatz fossiler Brennstoffe vorhanden, weitere Prozessinnovationen und eine optimale Ausnutzung erneuerbarer Brennstoffe (u.a. Biomasse) können auch den industriell bedingten THG-Ausstoss bis 2050 weitgehend eliminieren. Eine wichtige Voraussetzung dazu bilden frühe und klare Signale bezüglich der Zielsetzung, damit die Investitionen in Richtung klimaverträglicher Technologien gelenkt werden können.



Figur 43: Möglicher Verlauf der Absenkpfade nach 2030

Die nicht energetisch bedingten Emissionen machen 2013 noch 21% des gesamten Ausstosses aus, im Jahr 2030 sind es gemäss Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 bereits 33%. Von den insgesamt noch rund 8 Mio. t CO₂eq entfallen rund 2/3 auf die Landwirtschaft. Deren weitere Reduktion wird ein Hauptziel für die langfristige Klimapolitik darstellen müssen, wobei neben Fragen der Prozessinnovationen auch die Seite des Konsums tierischer Produkte verstärkt ins Blickfeld gerückt werden muss.

5 Schlussfolgerungen zum Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030

Mit dem vorgeschlagenen Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 (MKK2030) kann gegenüber dem Referenzjahr 1990 eine Reduktion der schweizerischen Treibhausgas-Emissionen um 53% erreicht werden. Die energetisch bedingten Emissionen lassen sich etwas stärker um 59% absenken, die nicht energetisch bedingten nehmen um 33% ab.

Da die Emissionen im Jahr 2013 mit 52.6 Mio. t CO₂eq nur unwesentlich unter den 1990er Werten liegen, ist auch die Reduktion gegenüber 2013 mit 52% in derselben Grössenordnung. Somit zeigt der Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 einen Weg auf, innerhalb von 15 Jahren die Treibhausgas-Emissionen im Inland etwas mehr als zu halbieren. Dieser Weg ist mit Blick auf die Reduktionen im Detail und die zu treffenden Massnahmen als ambitioniert zu bezeichnen.

Das Reduktionsziel wird mit den folgenden wichtigsten Zielbeiträgen erreicht (jeweils im Vergleich zu den Werten 2013) (vgl. Figur 39, Seite 37).

— Verkehr:	-11.7 Mio. t CO ₂ eq	oder	-72%
— Gebäude:	-9.8 Mio. t CO ₂ eq	oder	-64%
— Industrie:	-4.4 Mio. t CO ₂ eq	oder	-46%
— Energieumwandlung:	-0.5 Mio. t CO ₂ eq	oder	-15%
— Landwirtschaft:	-0.5 Mio. t CO ₂ eq	oder	-14%
— Abfall und übrige	-0.1 Mio. t CO ₂ eq	oder	-6%
— Total alle Bereiche:	-27.4 Mio. t CO₂eq	oder	-52%

Die Bereiche Verkehr, Gebäude und Industrie leisten sowohl absolut als auch relativ die stärksten Beiträge. Beim Verkehr ist es vor allem der Personenwagen-Verkehr, der mit einer Reduktion um 8.9 Mio. t CO₂eq (-83%) eine starke Dekarbonisierung erreicht.

Wenn diese in relativ kurzer Zeit realisierbaren, starken Reduktionen in einen breiteren Kontext gestellt werden, so sind folgende Relativierungen angebracht:

- Die Systemgrenzen schliessen die grauen Emissionen auf Importgütern aus. Diese liegen 2013 in derselben Grössenordnung wie die im offiziellen Treibhausgasinventar erfassten Emissionen⁸¹. Der Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 ist nicht auf diese grauen Emissionen abgestimmt und leistet somit auch keinen Beitrag zu deren Reduktion.
- Die Systemgrenzen schliessen auch die Emissionen des internationalen Flugverkehrs aus. Diese betragen 2013 knapp 5 Mio. t CO₂eq, sind in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen (vgl. Figur 41).

⁸¹ Vgl. z.B. BAFU 2014; <http://www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/35713.pdf>

- Zur Unterschreitung des 2-Grad-Zieles der globalen Erwärmung wären bis 2030 je nach internationalem Verteilmechanismus deutlich stärkere Reduktionen der Emissionen im Inland erforderlich (vgl. Kapitel 1.1). Die Forderung beispielsweise der Klima-Allianz nach einer Reduktion um 60% gegenüber 1990 wird nicht erreicht.

Für die Erfassung der grauen Emissionen inkl. der fossilen Rohstoffe für nicht energetische Nutzungen (feedstock-Emissionen) wird ein Lösungsansatz skizziert, der das heutige System der CO₂-Abgabenbefreiung für Unternehmen (das EHS und non-EHS-System) aufhebt, die CO₂-Abgabe auf alle Treibhausgase inklusive der importierten grauen Emissionen ausdehnt und einen Grenzausgleich für exportorientierte Unternehmen etabliert. Der Systemwechsel könnte stufenweise eingeführt werden und würde erhebliche Vereinfachungen erlauben. Die Vorlaufzeit für diese neue Lösung, inklusive beispielsweise der Klärung der internationalen Einbettung, ist beträchtlich, weshalb Grundsatzentscheidungen schon bald gefällt werden müssten.

Massnahmenseitig besteht der Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 aus einem Mix von lenkenden Massnahmen (Preissignale) und Vorschriften. Im Grundsatz werden bestehende Massnahmen weiterentwickelt und punktuell durch neue Massnahmen ergänzt. Somit ist der Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 kein Paradigmenwechsel auf der Ebene der politischen Instrumente - allenfalls kann er als Paradigmenwechsel auf Zielebene betrachtet werden. Zusammenfassend sind nachfolgend die wichtigsten Massnahmen aufgeführt. Eine detailliertere Übersicht mit den jeweiligen Wirkungen findet sich in Tabelle 62, Seite 139.

Verkehr:

- Nachfrageseitig: Einführung einer Leistungsabhängigen Verkehrsabgabe Personenwagen (LVPW), die zusammen mit flankierenden Massnahmen eine Reduktion der Fahrzeugkilometer auf einen Stand vor dem Jahr 2000 bewirkt.
- Leistungsseitig: Weiterführung der Importvorschriften für Personenwagenimporte mit einer starken Reduktion der mittleren Emissionen der Neuwagen, die bis 2030 eine Umlagerung der Hälfte der Fahrzeugkilometer auf Elektromobilität erfordern.

Gebäude (Wärme für Heizung und Warmwasser):

- Nachfrageseitig: Verdoppelung der Sanierungsrate durch eine Sanierungspflicht und flankierende Massnahmen wie einer erhöhten CO₂-Abgabe und Finanzierungsinstrumenten
- Leistungsseitig: Grundsätzliche Pflicht zum Ersatz fossiler Heizungssysteme, Fortführung eines erweiterten Gebäudeprogrammes und verstärkte arealübergreifende Energieplanung

Industrie (energetische und nicht energetische Emissionen):

- Ausbau der CO₂-Abgabenbefreiung (EHS/non-EHS-System)
- Weitgehendes Verbot von fluorierten Gasen bis 2030

- Alternative Zemente mit tieferen Emissionen und Reduktion des Zementeinsatzes

Die Städte befinden sich in einer Schlüsselrolle:

- Für die Schlüsselbereiche Gebäude und Verkehr verfügen die Städte über Planungs- und Umsetzungs Kompetenzen.
- Städte verfügen oft über ambitionöse Zielsetzungen im Energie- und Klimabereich und können als Pioniere und Wegbereiter die Voraussetzungen für eine Breitenwirkung schaffen.
- Eine optimale Abstimmung der Massnahmen auf allen Ebenen von Gemeinde, Kanton und Bund ist eine Voraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung des Massnahmenkatalogs Klimapolitik 2030.
- Generell kann der Energiestadtprozess als Erfolgsmodell gelten, der noch verstärkt auch für den Klimaschutz nutzbar gemacht werden kann. Der systematisch gegliederte Ansatz mit einer zeitlich nachhaltigen Wirkung führt von der kleinen Gemeinde bis zur Grossstadt zu guten und langfristig gesicherten Ergebnissen.

Aus globaler Perspektive müsste die Schweiz zur Unterschreitung des 2°-Zieles die Treibhausgas-Emissionen nach verschiedenen Quellen bis 2030 um mindestens 60% senken (vgl. Kapitel 1.1). Dieses Ziel wäre erreichbar, wenn die vorgeschlagenen Massnahmen bereits heute konsequent umgesetzt würden. Da die im Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 vorgesehenen Änderungen jedoch im Wesentlichen erst nach 2020 wirksam werden, kann eine Reduktion um 60% erst mit einer Verzögerung von rund 3 Jahren erreicht werden. Dies deutet auf eine grosse Pfadabhängigkeit hin, da Anpassungsprozesse in trägen Systemen mit langen Investitionszyklen wie dem Gebäudepark nur langsam greifen (vgl. Kapitel 4). Die Vorschläge des Massnahmenkatalogs Klimapolitik 2030 nehmen auf diese Zusammenhänge Rücksicht, indem keine vorzeitige Entwertung getätigter Investitionen durch die Ausserbetriebnahme der Investitionsgüter vor der üblichen Amortisationsdauer angenommen wird. Umso wichtiger ist es aber umgekehrt, dass die klimapolitischen Rahmenbedingungen mögliche (Fehl-)Investitionen in treibhausgasintensive Infrastrukturen verhindern. Dazu ist der vorgeschlagene Massnahmenkatalog schnell zu beschliessen und umzusetzen. Eine weitere Verzögerung würde zur Einhaltung der global vertretbaren, kumulierten Emissionen später viel höhere Absenkraten erfordern, was schwieriger durchsetzbar und teurer wäre.

Die mit dem Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 erzielbare Reduktion der Treibhausgase um 53% gegenüber 1990 kann auch übertroffen werden, wenn beispielsweise eine oder mehrere der folgenden Voraussetzungen erfüllt werden:

- Die vorgeschlagenen Massnahmen werden umgehend beschlossen, das heisst sie werden bereits vor dem Jahr 2020 wirksam.
- Verstärkte, freiwillige Verhaltensänderungen (Suffizienz) führen zu einem schnelleren Wechsel zu klimafreundlichen Konsummustern (Mobilität, Wohnen, Ernährung, Freizeit, übriger Konsum).

- Die Unternehmen werden bezüglich Klimaschutz zur treibenden Kraft, sei es als Trendsetter im Detailhandel oder bei der Herstellung klimafreundlicher Produkte.
- Die Finanzindustrie stuft die hohe Abhängigkeit von CO₂-intensiven Prozessen zunehmend als Risiko ein und trägt dazu bei, dass Investitionen schneller in klimafreundliche Bahnen gelenkt werden.
- Die energetische Sanierungsrate im Gebäudebereich wird von heute 1% nicht nur verdoppelt, sondern verdreifacht.

Ein wirksamer Klimaschutz ist mit grossen Herausforderungen verbunden. Diese stellen sich nicht nur im Zusammenhang mit der Umsetzung des Massnahmenkatalogs Klimapolitik 2030, sondern auch bei notwendigen, darüber hinausgehenden Aktivitäten. Zu den wichtigsten Herausforderungen zählen:

- Herausforderung Strom und Lösungsansätze: Die weitgehende Elektrifizierung des Verkehrs und verstärkte Nutzung von Umweltwärme durch Wärmepumpen erhöht den Stromverbrauch dieser Sektoren. Damit dieser Mehrverbrauch mit erneuerbarem Strom abgedeckt werden kann, sind die bekannten Effizienzpotenziale auszuschöpfen und der Zubau der erneuerbaren Stromproduktion zu beschleunigen. Diese bekannten Herausforderungen gewinnen an Bedeutung, da es gilt, den vermehrten Import von CO₂-belastetem Strom aus Kohle- und Gaskraftwerken zu vermeiden. Eine wirksame, Treibhausgas-abhängige Abgabe auf den Stromimporten («Dreckstromabgabe») kann die entsprechenden Anreize setzen.
- Herausforderung Flugverkehr und Lösungsansätze: Obwohl der Flugverkehr aufgrund der definierten Systemgrenzen im Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 nicht eingeschlossen ist, müssen für diesen bisher (auch international) weitgehend ignorierten Bereich mit hohen Wachstumsraten dringend Lösungen gefunden werden. Diese liegen teilweise im technischen Bereich, eine Hauptrolle kommt jedoch nachfrage-dämpfenden, preislichen Massnahmen zu (vgl. Kapitel 3.12.1).
- Herausforderung Landwirtschaft und Lösungsansätze: Von den 2030 insgesamt noch rund 8 Mio. t CO₂eq nicht energiebedingten Emissionen entfallen rund 2/3 auf die Landwirtschaft. Deren weitere Reduktion wird ein Hauptziel für die langfristige Klimapolitik darstellen, wobei neben Fragen der Prozessinnovationen auch die Seite des Konsums tierischer Produkte verstärkt ins Blickfeld zu rücken sind (vgl. Kapitel 3.7).
- Herausforderung Zementproduktion und Lösungsansätze: Trotz erheblichen Reduktionen gemäss MKK2030 bleiben die Emissionen auf einem langfristig nicht vertretbaren Niveau. Eine Reduktion des Bedarfes, klimafreundlichere Produktionsprozesse und Ersatzstoffe sind Lösungsansätze.
- Herausforderung graue Emissionen: Diese bisher nicht berücksichtigten Emissionen können durch freiwillige Massnahmen im Konsumbereich aber allenfalls auch durch

Lenkungsmaßnahmen mit Grenzausgleichsmechanismen reduziert werden (vgl. Ausführungen zum Ersatz der CO₂-Abgabenbefreiung und Kapitel 3.1.4 und 3.12.2)

Der Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 stellt einen möglichen Weg zur Erreichung einer Halbierung der Treibhausgas-Emissionen dar, wobei zwischen den Massnahmen erhebliche Wechselwirkungen bestehen. Wenn einzelne Elemente als zu ambitiös, ordnungspolitisch kritisch oder bezüglich Akzeptanz problematisch beurteilt werden, kann darauf verzichtet werden, wenn die entsprechende Wirkung durch eine Verstärkung anderer Massnahmen oder zusätzliche Massnahmen sichergestellt ist.

Anhang

A-1 Abkürzungen

BAFU	Bundesamt für Umwelt
BIP	Brutto-Inlandprodukt
BFE	Bundesamt für Energie
BFS	Bundesamt für Statistik
BLW	Bundesamt für Landwirtschaft
ChemRRV	Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung
CHF	Schweizer Franken
CO ₂	Kohlendioxid
CO ₂ eq	CO ₂ -Äquivalente
COP21	United Nations Framework Convention on Climate Change, 21st Conference of the Parties
CPC1990	Equal Cumulative per Capita Emissions» (CPC1990
EHS	Schweizer Emissionshandelssystem
EnDK	Konferenz Kantonaler Energiedirektoren
Fzkm	Fahrzeugkilometer
GuD	Gas und Dampf Kombikraftwerk
HFC	teilhalogenisierte bzw. teilweise fluorierte Kohlenwasserstoffe
INDC	Intended Nationally Determined Contributions
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KELS	Klima- und Energielenkungsabgabe
KEV	Kostendeckende Einspeisevergütung
Klik	Stiftung Klimaschutz und CO ₂ -Kompensation
KVA	Kehricht-Verbrennungsanlage / Kehricht-Verwertungsanlage
KWh	Kilowattstunde
LNF	Leichte Nutzfahrzeuge
LVPW	Leistungsabhängige Verkehrsabgabe Personenwagen
MH ₄	Methan
MKK2030	Massnahmenkatalog Klima 2030Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030
MuKE	Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich
MWh	Megawattstunde (10 ³ kWh)
N ₂ O	Stickstoffoxid (Lachgas)
NM VOC	Non Methan Volatile Organic Compound. Flüchtige organische Stoffe, ohne Methan.
non-EHS	Zielvereinbarungen und Massnahmenziele für die CO ₂ -Abgabe-Befreiung
PFC	Perfluorierte bzw. vollständig fluorierte Kohlenwasserstoffe
ppm	parts per million
PW	Personenwagen
SF ₆	Schwefelhexafluorid
SNF	Schwere Nutzfahrzeuge
t	Tonne
tkm	Tonnen-Kilometer
THG	Treibhausgas
TWh	Terawattstunde (10 ⁶ kWh)
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change: Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen.
USD	US-Dollar
VOC	Volatile Organic Compound: Flüchtige organische Verbindungen.

A-2 Pfade zur globalen Verteilung der CO₂-Reduktionsverpflichtungen

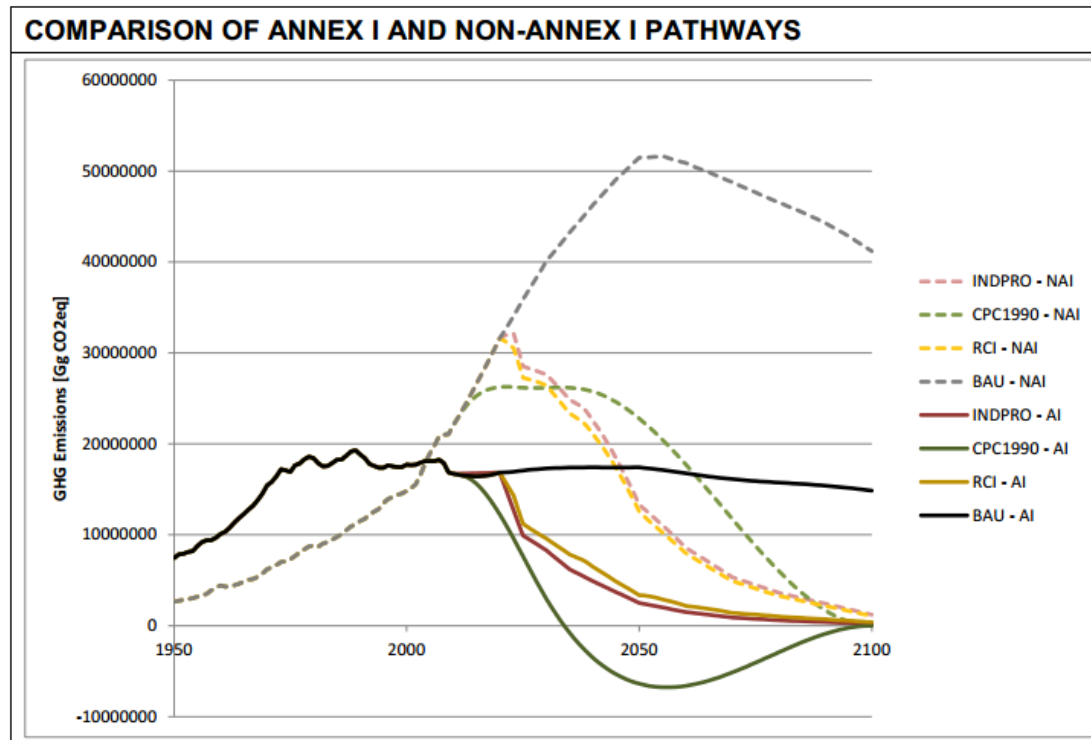
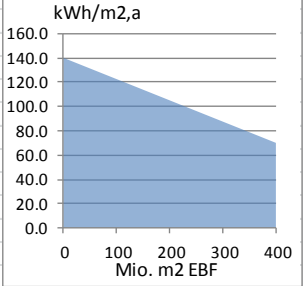


Figure 1 Global emission pathways for Annex I (AI – developed countries; *solid lines*) and non-Annex I countries (NAI – developing countries, *dashed lines*) for different burden sharing approaches: Indian Proposal 2008 (INDPRO), Cumulative per capita emissions since 1990 (CPC1990), RC-Indicator (RCI) and Reference scenario (BAU). All Kyoto-Gases considered excluding LULUCF. Please note that results are preliminary and for illustrative purposes only.

Quelle: BAFU/ETH/Infras, 2012. Emission Pathways to reach 2°C Target – Model results and Analysis. Final Report Zurich, 23 April 2012, Seite 5

A-3 Annahmen Gebäudeparkmodell

Spezifischer Heizwärmebedarf (Nutzenergie) pro m2 EBF (spHwB) nach Flächenkategorien (Annahmen gelten für alle Szenarien)

Der Gebäudebestand im Jahr 2000 (Altbau unsaniert) im Umfang von rund 400 Mio. m2 Energiebezugsfläche weist bei den "schlechtesten"									
Flächen einen spHwB von 140 kWh/m2,a und bei den "besten" Flächen 70 kWh/m2,a aus.									
Die Verteilung der Flächen ist linear zwischen diesen Endpunkten.									
Der Mittelwert liegt bei 105 kWh/m2,a und entspricht den Annahmen bei BFE/Prognos 2012.									
Mit der Sanierung im Zeitverlauf werden prioritär zuerst die schlechteren und am Schluss die besten Flächen saniert. Mit dieser Priorisierung fallen zunächst Flächen mit überdurchschnittlichem Verbrauch in die Sanierung.									
Spezifischer Heizwärmebedarf (Nutzenergie) pro m2 EBF									
	kWh/m2, a	MJ/m2, a							
Zuerst sanierte Flächen	140.0	504.0							
Zuletzt sanierte Flächen	70.0	252.0							
	kWh/m2, a	MJ/m2, a							
Neubau Energieniveau "Durchschnitt 2000"	80.0	288.0							
Neubau Energieniveau "MuKEn 2008"	47.0	169.2							
Neubau Energieniveau "Niedrigenergie"	40.0	144.0							
Neubau Energieniveau "Passivhaus/Nullenergie"	10.0	36.0							
Annahme BASELINE									
Zwischenjahre werden linear interpoliert	Einheit	2000	2010	2020	2030	2040	2050		
% Neubaufäche "Durchschnitt 2000" BASELINE	%	90%	30%	0%	0%	0%	0%		
% Neubaufäche "MuKEn 2008" BASELINE	%	8%	50%	35%	0%	0%	0%		
% Neubaufäche "Niedrigenergie" BASELINE	%	2%	15%	40%	40%	35%	35%		
% Neubaufäche "Passivhaus/Nullenergie" BASELINE	%	0%	5%	25%	60%	65%	65%		
spez. Heizwärmebedarf (NE) /m2 EBF Neubau gewichtet BASELINE	kWh/m2, a	76.6	54.0	35.0	22.0	20.5	20.5		
Ersatzneubaurate Wohnen BASELINE	% von 2000	0.15%	0.15%	0.15%	0.15%	0.15%	0.15%		
Energetische Sanierungsrate Wohnen (o. Ersatzneubau) BASELINE	% von 2000	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%		
Total Rate Ersatzneubau und energetische Sanierung BASELINE	% von 2000	1.15%	1.15%	1.15%	1.15%	1.15%	1.15%		
Spez. Heizwärmebedarf (Nutzenergie) nach Sanierung in % Neubau	%	120%	130%	140%	150%	150%	150%		
Spez. Heizwärmebedarf (Nutzenergie) nach Sanierung in kWh/m2, a	kWh/m2, a	91.9	70.2	48.9	33.0	30.8	30.8		
Annahme KMP2.0									
Zwischenjahre linear interpoliert	Einheit	2000	2010	2020	2030	2040	2050		
% Neubaufäche "Durchschnitt 2000" KMP2.0	%	90%	30%	0%	0%	0%	0%		
% Neubaufäche "MuKEn 2008" KMP2.0	%	8%	50%	5%	0%	0%	0%		
% Neubaufäche "Niedrigenergie" KMP2.0	%	2%	15%	10%	10%	5%	5%		
% Neubaufäche "Passivhaus/Nullenergie" KMP2.0	%	0%	5%	85%	90%	95%	95%		
spez. Heizwärmebedarf (NE) /m2 EBF Neubau gewichtet KMP2.0	kWh/m2, a	76.6	54.0	14.9	13.0	11.5	11.5		
Ersatzneubaurate Wohnen KMP2.0*	% von 2000	0.15%	0.15%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%		
Energ. Sanierungsrate Wohnen (o. E'neubau) KMP2.0	% von 2000	1.00%	1.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%		
Total Rate Ersatzneubau und energ. Sanierung KMP2.0	% von 2000	1.15%	1.15%	2.30%	2.30%	2.30%	2.30%		
* höhere Werte gelten ab 2020									
Spez. Heizwärmebedarf (Nutzenergie) nach Sanierung in % Neubau	%	120%	130%	140%	150%	150%	150%		
Spez. Heizwärmebedarf (Nutzenergie) nach Sanierung in kWh/m2, a	kWh/m2, a	91.9	70.2	20.8	19.5	17.3	17.3		

Literatur

Titel	Link extern
Achternbosch et al., 2011. Klimaschonende Produktion von Zement: eine Utopie?. Gaia 20/1: 31-40	
Agrocleantech, 2012. Ressourcen- und Klimateffizienz in der Landwirtschaft: Potenzialanalyse	http://www.blw.admin.ch/themen/00010/00071/000265/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7LInp6iONTU042i2Z6in1acy4Zn4Z2qZpnO2YugZ26gpJCEenx2fym162epYbg2c_JkbnKSn6A--
Agroscope, 2011. Qualitative Evaluation von Massnahmen zur Senkung der Treibhausgasemissionen Treibhausgas-Emissionen von Landwirtschaftsbetrieben. Projektbericht der Phase 1	http://www.blw.admin.ch/themen/00010/00071/000265/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7LInp6iONTU042i2Z6in1acy4Zn4Z2qZpnO2YugZ26gpJCEenx2fym162epYbg2c_JkbnKSn6A--
Agroscope, 2015. Ökologische und ökonomische Bewertung von Klimaschutzmassnahmen zur Umsetzung auf landwirtschaftlichen Betrieben in der Schweiz.	http://www.agroscope.ch/publikationen/07703/07705/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7LInp6iONTU042i2Z6in1acy4Zn4Z2qZpnO2YugZ26gpJCEenx2fym162epYbg2c_JkbnKSn6A--
Allianz für eine verantwortungsvolle Klimapolitik, 2006. Klima-Masterplan - Der Weg zu einer klimaverträglichen Schweiz	
ARE, 2012. Ergänzungen zu den schweizerischen Verkehrsperspektiven bis 2030.	http://www.are.admin.ch/themen/verkehr/00258/00519/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7LInp6iONTU042i2Z6in1acy4Zn4Z2qZpnO2YugZ26gpJCEenx2fym162epYbg2c_JkbnKSn6A--
AWEL, 2008. Was kann und darf die Abfall-Grundgebühr? AWEL, März 2008.	http://www.awel.zh.ch/internet/baudirektion/awel/de/abfall_rohstoffe_altlasten/formulare_und_merkblaetter/_jcr_content/contentParafform.Oiformitem/kein_titel_gesetzt_14/download.spooler.download.1320053702994.pdf/merkblatt_abfall_grundgebuehr_2008.pdf
BAFU, 2010a. Luftschadstoff-Emissionen des Strassenverkehrs 1990–2035. Aktualisierung 2010 (130 Seiten)	http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01565/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7LInp6iONTU042i2Z6in1acy4Zn4Z2qZpnO2YugZ26gpJCEenx2fym162epYbg2c_JkbnKSn6A--
BAFU, 2010b. Synthesebericht zur Volkswirtschaftlichen Beurteilung der Schweizer Klimapolitik nach 2012 (VOBU)	
BAFU, 2013. 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.	http://www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/33520.pdf
BAFU, 2014a. CRF-Tables (EXCEL)	http://www.bafu.admin.ch/klima/13879/13880/14486/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7LInp6iONTU042i2Z6in1acy4Zn4Z2qZpnO2YugZ26gpJCEenx2fym162epYbg2c_JkbnKSn6A--
BAFU, 2015a. Kenngrößen zur Entwicklung der Treibhausgasemissionen Treibhausgas-Emissionen in der Schweiz 1990-2013	http://www.bafu.admin.ch/klima/13879/13880/14486/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7LInp6iONTU042i2Z6in1acy4Zn4Z2qZpnO2YugZ26gpJCEenx2fym162epYbg2c_JkbnKSn6A--
BAFU, 2015b. Faktenblatt CO ₂ -Emissionsfaktoren des Treibhausgasinventars der Schweiz	http://www.bafu.admin.ch/klima/13879/13880/14486/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7LInp6iONTU042i2Z6in1acy4Zn4Z2qZpnO2YugZ26gpJCEenx2fym162epYbg2c_JkbnKSn6A--
BAFU, 2015c. Treibhausgasemissionen Treibhausgas-Emissionen der Schweiz - Emissionsperspektiven bis 2050	http://www.bafu.admin.ch/klima/13879/13880/14486/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7LInp6iONTU042i2Z6in1acy4Zn4Z2qZpnO2YugZ26gpJCEenx2fym162epYbg2c_JkbnKSn6A--
BAFU, 2015d. (Aktualisierung 3.7.2015). Emissionen von Treibhausgasen nach revidiertem CO ₂ -Gesetz und Kyoto-Protokoll, 2. Verpflichtungsperiode (2013–2020)	http://www.bafu.admin.ch/klima/13879/13880/14486/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7LInp6iONTU042i2Z6in1acy4Zn4Z2qZpnO2YugZ26gpJCEenx2fym162epYbg2c_JkbnKSn6A--
BAFU, 2015e. Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990-2013, National Inventory Report Including reporting elements under the Kyoto Protocol. Submission of 15 April 2015 under the United Nations Framework Convention on Climate Change and under the Kyoto Protocol	http://www.bafu.admin.ch/klima/13879/13880/15473/index.html?lang=en&download=NHZLpZeg7LInp6iONTU042i2Z6in1acy4Zn4Z2qZpnO2YugZ26gpJCEenx2fym162epYbg2c_JkbnKSn6A--
BAFU, 2015f. Entwicklung der Emissionen von Treibhausgasen seit 1990 (April 2015) (EXCEL)	http://www.bafu.admin.ch/klima/13879/13880/14486/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7LInp6iONTU042i2Z6in1acy4Zn4Z2qZpnO2YugZ26gpJCEenx2fym162epYbg2c_JkbnKSn6A--
BAFU, 2015g. CRF-Tables (EXCEL) (fehlen Anfang Sept 2015)	
BAFU/ETH/Infras, 2012. Emission Pathways to reach 2°C Target – Model Results and Analysis. Final Report Zurich, 23 April 2012	http://www.iac.ethz.ch/people/knutti/papers/infras12.pdf
Beat Meier, 2013. Kosten der (Nicht-)Energiewende. Studie im Auftrag der Schweizerischen Eidgenossenschaft	http://www.energiestiftung.ch/files/textdateien/energiethemen/energiepolitik/ses-studie_kosten_ganze-studie.pdf

zerischen Energie-Stiftung SES. Winterthur (115 Seiten)	
Berger H, Hoenig V, 2010, Energieeffizienz der österreichischen Zementindustrie	
BFE, 2010. Strategie für die energetische Nutzung von Biomasse in der Schweiz. Version 2.0	http://www.google.ch/url?sa=t&ct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCMQFjAAhUKewDy-bjR_YlIAhWDXoKHTCGD_w&url=http%3A%2F%2Fwww.bfe.admin.ch%2Fphp%2Fmodule%2Fpublikationen%2Fstream.php%3Fextlang%3Dde%26name%3Dde_697939464.pdf&usq=AFQjCNF8qhAolld07JOHAEIXTMs1VPR4A
BFE, 2015. Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2014	
BFE/Prognos, 2012. Die Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050. Energienachfrage und Elektrizitätsangebot in der Schweiz 2000-2050. Ergebnisse der Modellrechnungen für das Energiesystem (904 Seiten)	
Biomasseverband, 2013. Verbot neuer Ölheizungen	
BLW, 2011. Klimastrategie Landwirtschaft. Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel für eine nachhaltige Schweizer Land- und Ernährungswirtschaft	http://www.blw.admin.ch/themen/00010/00071/000265/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7tLnp6iONTU042i2Z6in1acy4Zn4Z2qZpnO2YUq2Z26gpJCed3t_gWym16ZepYbg2c_JkbnKSn6A--
Bundesrat, 2015. Verfassungsbestimmung über ein Klima- und Energielenkungssystem. Erläuternder Bericht zum Vorentwurf, März 2015	
Bundesrat, 2015a. Botschaft zum Verfassungsartikel über ein Klima- und Energielenkungssystem (KELS), verabschiedet am 28.10.2015;	https://www.admin.ch/opc/de/federal-gazette/2015/7877.pdf
Das Gebäudeprogramm, 2015. Das Gebäudeprogramm im Jahr 2014. Jahresbericht.	
de Haan P., Zah R. (2013). Chancen und Risiken der Elektromobilität in der Schweiz. Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung, TA-SWISS 59/2013, vdf Hochschulverlag 2013.	
ebp, 2013. Vergleich politischer Instrumente zur Förderung von Gebäudesanierungen. Ernst Basler + Partner im Auftrag von WWF Schweiz, November 2013.	
econcept, 2009. Treibhausgasentwicklung ab 1990 ohne Massnahmen. Studie im Auftrag des BAFU	
econcept/Rytech, 2014. Transformation der Abfallverwertung in der Schweiz für eine hohe und zeitlich optimierte Energieausnutzung. econcept und Rytech im Auftrag von BAFU, BFE und WWF, 30. Juni 2014.	
ecoplan, 2009. Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Schweizer Post-Kyoto-Politik. Analyse mit einem dynamischen Gleichgewichtsmodell für die Schweiz. Studie im Auftrag des BAFU.	
ecoplan, 2012a. THG-Vermeidungskosten und -potenziale in der Schweiz. Literaturanalyse und Konzeption für weitere Erhebungen, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU).	
Ecoplan, 2012b. CO2-Emissionen 2008 bis 2012 Kurzfrist-Perspektiven der energiebedingten CO2-Emissionen der Schweiz, Schlussbericht	http://www.bafu.admin.ch/klima/13879/13880/14488/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7tLnp6iONTU042i2Z6in1acy4Zn4Z2qZpnO2YUq2Z26gpJCed3t_gWym16ZepYbg2c_JkbnKSn6A--
Ecoplan, 2015. Auswirkungen eines Klima- und Energielenkungssystems für 2030, Analyse mit einem berechenbaren Gleichgewichtsmodell für die Schweiz, Bern.	http://www.efv.admin.ch/d/downloads/finanzpolitik_grundlagen/eis/OESR6_sb_2015_01_13d.pdf?lang=de&msg-id=50122
Ecoplan/Modus (2012). Roadpricing in der Region Bern: Verkehrliche, finanzielle und rechtliche Aspekte.	
Eidgenössische Finanzkontrolle EFK, 2013. Gebäudeprogramm von Bund und Kantonen. Evaluation der Programmorganisation, Bern 84 Seiten.	
EnDK, 2014a. Die MuKE 2014 – Ein wesentlicher Schritt zur Umsetzung der Energiestrategie 2050. Beschrieb 6 Seiten.	http://www.endk.ch/media/archive1/aktuelles/MuKE2014_Vergleichgegenber2008.pdf
EnDK, 2014b. Energieverbrauch von Gebäuden Fact Sheet. 1. Auflage, August 2014	http://www.endk.ch/media/archive1/aktuelles/20140828_FactSheet.pdf
Energie Trialog Schweiz (ETS) 2009. Energie-Strategie 2050. Impulse für die schweizerische Energiepolitik, Grundlagenbericht.	http://www.energetrialog.ch/cm_data/Grundlagenbericht.pdf

Europäische Kommission 2011a, Report from the Commission on the application, effects and adequacy of the Regulation on certain fluorinated greenhouse gases (Regulation (EC) No 842/2006), COM(2011)581	
Europäische Kommission 2011b, Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen: Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO ₂ -armen Wirtschaft bis 2050	
Europäische Kommission 2012, Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on fluorinated gases, COM(2012)643	
Frischknecht R. (2012) Umweltaspekte von Elektroautos. ESUservices, Uster.	http://www.esu-services.ch/fileadmin/download/frischknecht-2012-Umweltaspekte-Elektroautos.pdf
Greenpeace, 2013. Energy[R]evolution Schweiz. Greenpeace Schweiz.	http://www.greenpeace.org/switzerland/Glob al/switzerland/de/stromzukunft_schweiz/ER/0113%20gpi%20E%5bR%5d%20Switzerland%20DE%2007%20mr.pdf
Infras, 2010. Stromeffizienz und erneuerbare Energien - Wirtschaftliche Alternativen zu Grosskraftwerken. Infras im Auftrag von WWF Schweiz, Greenpeace Schweiz, Schweizerische Energie-Stiftung (SES), Pro Natura, Kanton Basel-Stadt, Etat de Genève. Mai 2010.	https://assets.wwf.ch/downloads/studie_infra_s_erneuerbare_und_effizienz.pdf
Interface, 2015. Wirkung steuerlicher Anreize für energetische Gebäudesanierungen und mögliche Hemmnisse bei deren Finanzierung. Hauptbericht und zwei Zusatzberichte. Interface im Auftrag des Bundesamts für Energie BFE, August 2015	
Kanton Genf, 2014. Directive relative au calcul de l'Indice de dépense de chaleur. Office cantonal de l'énergie de Genève (OCEN), Dezember 2014.	http://ge.ch/energie/media/energie/fichiers/documents/directive_relative_au_calcul_idc_22122014_2.pdf
Katja Becken, Dr. Daniel de Graaf, Dr. Cornelia Elsner, Gabriele Hoffmann, Kerstin Martens, 2015. Hauptsache Kalt. Herausgegeben vom Umweltbundesamt.	https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/hauptsache-kalt
Lee, et al. 2010. Transport impacts on atmosphere and climate: Aviation; In: Atmospheric Environment 44 (2010) 4678–4734	http://elib.dlr.de/59672/1/scientdir.pdf
Peter Simon, Hartmann Michael, Weber Michael, Lehmann Bernard, Hediger Werner, 2009. „THG 2020“ – Möglichkeiten und Grenzen zur Vermeidung landwirtschaftlicher Treibhausgase in der Schweiz; Info Agrarwirtschaft, Schriftenreihe 2009/1.	www.blw.admin.ch/
RAPP, 2001. Besetzungsgrad von Personenwagen: Analyse der Bestimmungsgrößen und Beurteilung von Massnahmen zu dessen Erhöhung. Forschungsauftrag 42/97 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure (SVI). Januar 2001.	http://www.transport-rese-arch.info/sites/default/files/project/document/s/20150520_151924_12456_20486_478_inh alt.pdf
Rütter + Partner, Hässig sustech, Lutz Architectes, 2014. Evaluation Art. 9 EnG (Gebäudebereich) und der kantonalen Mustervorschriften im Energiebereich (MuKEN 2008)	
TCS, 2015. Verbraucherkatalog 2015: Fahrzeugliste mit Verbrauchsangaben	https://www.tcs.ch/de/auto-mobili-taet/ratgeber/products/verbrauchs-katalog.php
VCS, 2015. Lieferwagen Umweltliste: Der Ratgeber für den Kauf von Lieferwagen und Minibussen, November 2015.	http://www.autoumweltliste.ch/fileadmin/redaktion/Downloads/LUL_16/LUL_2016_d.pdf

Tabelle 80: Quellenverzeichnis