

Swisscleantech

Überprüfung der Schweizer Klimaziele nach dem 1.5-Grad- Bericht des Weltklimarats

Schlussbericht vom 29. November 2018

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
Christian Vogler, MSc ETH, Umweltnaturwissenschaften
Corinne Moser, Dr. sc. ETH / lic. phil. hum
Reto Dettli, dipl. Masch. Ing. ETH, Dipl. NDS ETHZ in Betriebswissenschaften

Dateiname: 2148_be_klimazieleschweiz_nach_ipcc_1-5-grad-bericht_2018_11_29.docx
Speicherdatum: 29. November 2018

Inhalt

Zusammenfassung	1
1 Ausgangslage, Fragestellung und Szenarien bis 2030	5
2 Systemgrenzen und bisherige Entwicklung der Treibhausgase seit 1990	8
3 Absenkpfade für die Treibhausgasemissionen bis 2030	9
3.1 Gebäude	9
3.1.1 Annahmen zur Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Gebäudebereich	9
3.1.2 Vergleich der Szenarien für Treibhausgasemissionen im Gebäudebereich	10
3.1.3 Massnahmenmix im Gebäudebereich	15
3.1.4 Internationale Vergleiche zu den Treibhausgasemissionen im Gebäudebereich	17
3.1.5 Fazit zum Gebäudebereich	22
3.2 Verkehr	24
3.2.1 Annahmen zur Entwicklung der Treibhausgasemissionen des Verkehrs	24
3.2.2 Vergleich der Szenarien für Treibhausgasemissionen des Verkehrs	25
3.2.3 Massnahmenmix Verkehr	33
3.2.4 Internationale Vergleiche zu den Treibhausgasemissionen des Verkehrs	35
3.2.5 Fazit zum Verkehrsbereich	39
3.3 Industrie	40
3.4 Landwirtschaft, Abfall und andere Treibhausgasemissionen	43
4 Einordnung der schweizerischen Absenkpfade in die internationale Post Paris-Diskussion	46
4.1 Klimapolitik EU	46
4.2 Klimapolitik Deutschland	48
4.3 Klimapolitik Niederlande	50
4.4 Klimapolitik Schweden	51
4.5 Klimapolitik Vereinigtes Königreich (UK)	52
4.6 Fazit zum internationalen Vergleich der Reduktionsziele	53

5	Schlussfolgerungen zur Machbarkeit eines Inland-Reduktionsziels von 45-50 %	55
	Literatur	59
	Anhang	61
A-1	Abkürzungen	61
A-2	Gebäudeparkmodell und weitere Annahmen Gebäudebereich	62
A-3	Europäischer Vergleich des spezifischen Energieverbrauchs pro m ² in Privathaushalten	64
A-4	Anhang Verkehr – Realverbrauch und Verbrauch nach Testzyklus	65
A-5	Anhang Verkehr – Emissionen ohne Personenwagen und Strassen-Güterverkehr	66
A-6	Anhang Verkehr – Internationale Entwicklung der Elektromobilität	67
A-7	Anhang Verkehr – Emissionen Personenwagen pro Kopf im internationalen Vergleich	70
A-8	Anhang Plausibilisierung Ölheizungsersatz	71
A-9	Anhang Industrie – Nicht energiebezogene Emissionen	72
A-10	Treibhausgasemissionen pro Kopf in ausgewählten europäischen Ländern	73
A-11	Treibhausgasemissionen der Schweiz 1990-2016	74

Zusammenfassung

Eilige Leser/innen finden in der Zusammenfassung sowie in den Kapiteln 1 (Ausgangslage/Szenarien), 3.1.5 (Fazit Gebäude), 3.2.5 (Fazit Verkehr), 4.6 (Fazit internationale Vergleiche) und 5 (Schlussfolgerungen) die Kernaussagen.

Mit dem Pariser Klimaabkommen von 2015 verpflichteten sich die unterzeichnenden Staaten, Massnahmen zu treffen, um die globale Erwärmung auf deutlich unter 2 Grad - wenn möglich auf 1.5 Grad - zu beschränken. Der Schweizer Bundesrat hat im Vorfeld des Pariser Abkommens das nationale Ziel eingereicht, die Treibhausgasemissionen im Inland bis zum Jahr 2030 gegenüber 1990 um mindestens 30 % zu reduzieren. Dieses Ziel übernimmt der Bundesrat 2017 auch für den Entwurf des neuen CO₂-Gesetzes. Im Vergleich zu den Reduktionszielen anderer Vertragspartner, beispielsweise der EU mit mindestens 40 % gegenüber 1990, ist das schweizerische Inlandziel von 30 % tiefer. Die Differenz würde noch grösser, wenn die aktuellen Bestrebungen zur Erhöhung der Reduktionsziele in der EU erfolgreich sind.

Mit dem IPCC-Spezialbericht («1.5 Grad-Bericht») vom Oktober 2018 wird aufgezeigt, dass die negativen Auswirkungen der Klimaerwärmung mit einer Begrenzung auf 1.5 Grad (anstelle von 2 Grad) deutlich reduziert werden können. Für die Begrenzung auf 1.5 Grad sind die globalen Treibhausgasemissionen bis spätestens 2050 auf «Netto Null» zu reduzieren. Bis 2030 müssen die CO₂-Emissionen gegenüber 1990 für einen globalen, 1.5-Grad kompatiblen Pfad um rund 45 % gesenkt werden. Umso schneller die Absenkung in den nächsten Jahren gelingt, desto weniger sind bis Mitte des Jahrhunderts technische (und voraussichtlich teure) Massnahmen zur Entnahme von CO₂ aus der Atmosphäre erforderlich, um «Netto Null» zu erreichen. Verzögerte Absenkungen können laut IPCC zudem Ungleichheiten zwischen Ländern mit unterschiedlichem Entwicklungsstand vergrössern.

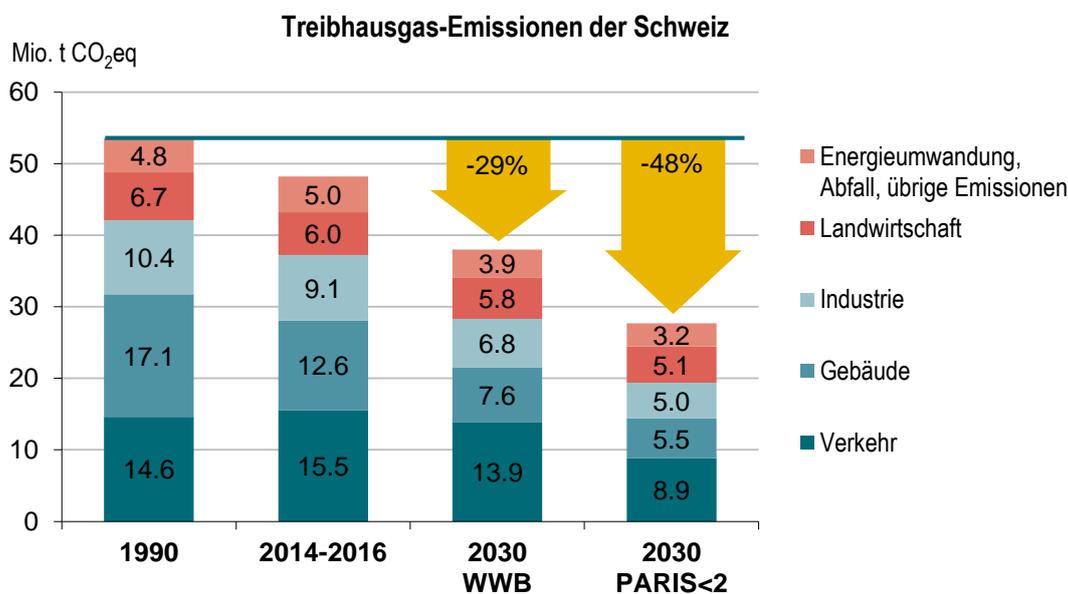
Vor diesem Hintergrund werden zwei Szenarien entwickelt und die folgenden Fragen beantwortet:

- 1) Welche Reduktion der Treibhausgasemissionen ergeben sich in der Schweiz bis zum Jahr 2030 bei einer Fortsetzung der aktuellen Rahmenbedingungen in einem Szenario «Weiter Wie Bisher» (WWB)?
- 2) Wie kann eine stärkere Reduktion in einem Klimaschutz-Szenario «Pariser Klima-abkommen - unter 2 Grad» (PARIS<2) erreicht werden?
- 3) Wie lässt sich das Klimaschutz-Szenario PARIS<2 im internationalen Vergleich einordnen?

Wie nachstehende Figur zeigt, führen die Trends der letzten Jahre bis zum Jahr 2030 in der Schweiz bereits zu einer Reduktion von 29 % gegenüber 1990 (Szenario WWB). Die Reduktionen erfolgen in diesem Szenario primär im Gebäudebereich sowie in der Industrie,

wogegen die Reduktionsbeiträge des Verkehrs, der Landwirtschaft sowie der übrigen Sektoren gering bleiben.

Im Szenario PARIS<2 wird bis 2030 gegenüber 1990 eine Reduktion der Emissionen von 48 % erreicht. Anstelle von 38 Mio. Tonnen CO₂eq im Szenario «Weiter Wie Bisher» (WWB) liegen die Emissionen deutlich tiefer bei 28 Mio. Tonnen. Die wichtigsten Beiträge zu dieser zusätzlichen Reduktion gegenüber WWB um 10 Mio. Tonnen stammen vom Verkehr (5 Mio. Tonnen) und von den Gebäuden (2 Mio. Tonnen). Dazu werden im Gebäudereich die Effizienzanstrengungen verstärkt und die Wärmeerzeugung schneller von Öl und Gas auf erneuerbare Energien, Abwärme und die Nutzung von Umweltwärme aus dem Erdreich, dem Wasser oder der Luft mittels Wärmepumpen umgestellt. Der entscheidende Beitrag stammt vom Verkehrssektor, der vor allem durch eine schnelle Durchdringung mit Elektromobilität und eine deutliche Senkung der Emissionen von Neuwagen mit Verbrennungsmotoren geprägt ist.



Figur 1: Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen in der Schweiz nach Sektoren 1990 bis 2016 mit Ausblick 2030 für die Szenarien WWB («Weiter Wie Bisher») und PARIS<2

Im internationalen Vergleich der länderspezifischen Treibhausgasemissionen und Reduktionsziele bis 2030 fallen folgende zwei Aspekte auf:

- Erstens setzen sich viele europäische Länder für 2030 ambitioniertere Reduktionsziele als die Schweiz. Die EU als Ganzes hat bisher ein Ziel von -40 % gegenüber 1990 beschlossen (ohne Massnahmen im Ausland), gleichzeitig laufen in verschiedene Gremien (EU-Kommission, Europaparlament) Anstrengungen, dieses Reduktionsziel zu erhöhen. Einzelne Länder wie Schweden mit 63 %, Deutschland mit 55 %, die Niederlande mit 49 % oder das Vereinigte Königreich (UK) mit 57 % gehen bereits heute deutlich weiter als der EU-Durchschnitt.

- Zweitens weisen viele europäische Länder bei Gebäuden und im Verkehr im Vergleich zur Schweiz deutlich tiefere Treibhausgasemissionen pro Person auf und/oder haben stärkere effektive Absenkungen erzielt. So zählt die Schweiz bei den Wohngebäuden zu den Top-Emittenten pro Person, was unter anderem mit dem im internationalen Vergleich sehr hohen Anteil des Heizölverbrauchs zusammenhängt. Auch beim Autoverkehr liegen die Emissionen pro Person in der Schweiz bei den höchsten in Europa. Dies trotz hervorragendem ÖV-System und hoher baulicher Dichte mit eher kurzen Distanzen. Selbst Länder mit eigener Autoindustrie wie Deutschland, Italien oder Frankreich beziehungsweise Länder mit vergleichsweise grossen Distanzen wie Schweden oder Norwegen, weisen im Verkehrsbereich deutlich tiefere und teilweise auch stärker sinkende Emissionen pro Person auf.

Für eine deutliche Erhöhung des schweizerischen Inland-Reduktionsziels von 30 % auf 45-50 % (jeweils bis 2030 gegenüber 1990) sprechen zusammenfassend folgende Gründe:

- Das Eingrenzen der globalen Erwärmung auf 1.5 Grad ermöglicht eine deutlich stärkere Reduktion der Klimarisiken als eine Erwärmung um 2 Grad. Das 1.5 Grad Ziel erfordert global das Erreichen von «Netto-Null» der CO₂-Emissionen bis 2050 und eine Reduktion bis 2030 von 45 % gegenüber 1990. Die bisher von den Vertragsländern des Pariser Klimaabkommens geäusserten Ziele, zu denen das 30 % Inland-Ziel der Schweiz gehört, würden zu einer globalen Erwärmung von über 3 Grad führen.
- Bereits eine Trendfortsetzung erreicht in der Schweiz eine Reduktion von rund 29 % bis 2030 gegenüber 1990. Mit zusätzlichen oder verstärkten bisherigen Massnahmen können auf einfache Art und Weise weitergehende Reduktionen erreicht werden.
- Gemäss dem vorliegenden Bericht ist in der Schweiz die Machbarkeit einer Reduktion um 45-50 % bis 2030 gegenüber 1990 im Rahmen wirtschaftlich sinnvoller Erneuerungszyklen gegeben, ohne dass ausserordentliche Abschreibungen (sogenannte «stranded investments») entstehen.
- Die Reduktionsziele vieler wirtschaftlich starker europäischer Länder mit vergleichbarer Ausgangslage und der EU als Ganzes sind deutlich höher und verschiedene Bestrebungen zur weiteren Erhöhung dieser Reduktionsziele sind im Gang.
- In den Sektoren Gebäude und Verkehr (Personenwagen) liegen die schweizerischen Emissionen pro Person bei den höchsten in Europa. Viele Länder haben spezifisch in diesen Sektoren ambitionierte Ziele beschlossen, ausgehend von bereits heute tieferen Emissionen. Ohne eine rasche Verstärkung der Reduktionsziele und Massnahmen in diesen Bereichen kommt der Schweiz im europäischen Umfeld zunehmend die Rolle des Schlusslichtes zu.
- Durch eine konsequente Weiterentwicklung der Massnahmen im Gebäudebereich und einen neuen klimapolitischen Schwerpunkt beim Verkehr können die gesamten Treibhausgasemissionen bis 2030 gegenüber 1990 im Vergleich zu einem «Weiter Wie Bisher» (WWB) um zusätzliche 7.1 Mio. Tonnen CO₂ oder 13 % reduziert werden. Das

heisst, alleine mit Massnahmen im Gebäude- und Verkehrsbereich liesse sich das aktuelle Reduktionsziel von 30 % auf deutlich über 40 % erhöhen.

- Entscheidend ist bei den Reduktionen im Gebäude- und Verkehrsbereich, dass diese standortgebunden sind und zwingend in der Schweiz erfolgen. Das heisst, im Gegensatz zu Massnahmen in der Industrie spielen die internationale Wettbewerbsfähigkeit und damit verbunden die Risiken der Abwanderung von Tätigkeiten inkl. deren Emissionen ins Ausland keine Rolle.
- Mit einer ambitionierten klimapolitischen Zielsetzung und den dazugehörigen Massnahmen werden nicht nur bis 2030 höhere Reduktionen der Treibhausgasemissionen erreicht. Es wird auch sichergestellt, dass Investitionsentscheidungen mit langfristigen Wirkungen über das Jahr 2030 hinaus die globale Begrenzung der Klimaerwärmung unterstützen. Demgegenüber führt ein Zuwarten mit späterer Verschärfung der Zielsetzung zu häufigeren Fehlentscheidungen mit Investitionen in CO₂-intensive Infrastrukturen und Technologien. Dies erhöht auch das Risiko, dass nach 2030 in deutlich kürzerer Zeit und mit höheren Kosten schnelle Strukturveränderungen durchgesetzt werden müssen.
- Die erwarteten Vorteile einer Pionierrolle im Bereich der grünen Technologien für den Innovationsstandort Schweiz sind auch auf eine Einbettung in eine ambitionierte Klimapolitik mit entsprechender Anwendung dieser Technologien im Inland angewiesen.

1 Ausgangslage, Fragestellung und Szenarien bis 2030

Ausgangslage

Mit dem Pariser Klimaabkommen von 2015 verpflichten sich die unterzeichnenden 197 Staaten, Massnahmen zu treffen, um die globale Erwärmung auf deutlich unter 2 Grad, wenn möglich auf 1.5 Grad zu beschränken. Bisher haben 184 Länder das Abkommen ratifiziert, die Schweiz am 6. Oktober 2017¹.

Der im Oktober 2018 erschienene Spezialbericht des IPCC, auch «1.5 Grad-Bericht» genannt², zeigt im Nachgang zur Pariser Konferenz 2015 auf, welche Konsequenzen eine globale Erwärmung um 1.5 Grad hätte. Die negativen Auswirkungen der Klimaerwärmung wie Hitzeperioden, Trockenheit, Starkniederschläge oder der Anstieg des Meeresspiegels könnten mit einer Begrenzung auf 1.5 Grad gegenüber einer Erwärmung um 2.0 Grad deutlich reduziert werden. Zudem würde eine Verlangsamung der Veränderungen beispielsweise in Küstenregionen mehr Handlungsspielraum für Anpassungen schaffen. Für die Begrenzung auf 1.5 Grad sind die globalen CO₂-Emissionen bis 2050 auf «Netto Null» zu reduzieren. «Netto Null» bedeutet, dass nicht vermiedene Emissionen absorbiert und der Atmosphäre langfristig entzogen werden müssen. Bis 2030 müssen für einen globalen, 1.5-Grad kompatiblen Pfad die CO₂-Emissionen (gegenüber 2010) um rund 45 % gesenkt werden³. Umso schneller die Absenkung in den nächsten Jahren gelingt, desto weniger sind technische (und voraussichtlich teure) Massnahmen zur Entnahme von CO₂ aus der Atmosphäre bis Mitte des Jahrhunderts erforderlich, um «Netto Null» zu erreichen. Verzögerte Absenkungen können zudem Einkommens-Ungleichheiten zwischen Ländern mit unterschiedlichem Entwicklungsstand vergrössern⁴.

Die Schweiz hat sich bereits 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 bis 2030 hat die Schweiz im Vorfeld des Pariser Abkommens als Ziel eine Reduktion um mindestens 30 % im Inland⁵ eingereicht. In der Botschaft zur

¹ https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf [23.11.2018]
<https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/status-of-ratification> [23.11.2018]

² http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/sr15/sr15_spm_final.pdf [23.11.2018]

³ http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/sr15/sr15_spm_final.pdf, Seite 14 [23.11.2018];
 Für die Schweiz ist eine Reduktion gegenüber 2010 gleichbedeutend mit dem Basisjahr 1990, da die Emissionen in diesen Jahren auf gleichem Niveau liegen.

⁴ IPCC Special Report Global Warming of 1.5 °C «The lower the emissions in 2030, the lower the challenge in limiting global warming to 1.5°C after 2030 with no or limited overshoot ... The challenges from delayed actions to reduce greenhouse gas emissions include the risk of cost escalation, lock-in in carbon-emitting infrastructure, stranded assets, and reduced flexibility in future response options in the medium to long term ... These may increase uneven distributional impacts between countries at different stages of development». http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/sr15/sr15_spm_final.pdf, Seite 20 [23.11.2018]

⁵ Switzerland's intended nationally determined contribution (INDC), and clarifying information, eingereicht am 27.2.2015 zuhauenden des Sekretariats der UNO-Klimakonvention; <http://www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/38517.pdf> [23.11.2018]

Totalrevision des CO₂-Gesetzes nimmt der Schweizer Bundesrat ebenfalls diese Reduktion um mindestens 30 % im Inland auf⁶, zusammen mit weiteren Reduktionen durch Massnahmen im Ausland soll gegenüber 1990 eine Absenkung um insgesamt 50 % resultieren.

Im Vergleich zu den Reduktionszielen anderer Staaten, beispielsweise der EU mit mindestens 40 % gegenüber 1990, oder Deutschland mit 55 % ist das schweizerische Inlandziel von 30 % deutlich tiefer.

Fragestellung

Vor diesem Hintergrund werden Szenarien entwickelt und im vorliegenden Bericht die folgenden drei Fragen beantwortet:

1. Welche Absenkung der Treibhausgasemissionen ergeben sich in der Schweiz bis zum Jahr 2030 bei einer Fortsetzung der aktuellen Entwicklungen und Rahmenbedingungen in einem Szenario «Weiter Wie Bisher» (WWB) und wie ist das Inlandziel von -30 % des Bundesrates diesbezüglich einzuordnen?
2. Mit welchen Entwicklungen könnte eine stärkere Reduktion erreicht werden und welche Massnahmen können diese Entwicklungen ermöglichen? Welche Absenkung ist bis 2030 machbar? Diese Entwicklungen werden in einem Klimaschutz-Szenario «Pariser Klimaabkommen mit Ziel unter 2 Grad» (PARIS<2) untersucht, wobei die Bereiche Gebäude und Verkehr im Vordergrund stehen.
3. Wie sind diese Szenarien im internationalen Vergleich einzuordnen?

Szenarien

Das Szenario «*Weiter Wie Bisher*» (WWB) setzt im Wesentlichen die in den letzten Jahren beobachteten Trends fort. Je nach Datenquelle sind es in der Regel die fünf Jahre 2012-2016 oder 2013 bis 2017 mit den aktuellsten, verfügbaren Daten, aus denen lineare Trends abgeleitet werden. Im Gebäudebereich werden witterungskorrigierte Daten verwendet. Ergänzend finden Plausibilisierungen oder Vorausrechnungen mit Modellen statt. Mit diesem Vorgehen wird unterstellt, dass die Rahmenbedingungen dieser Basisjahre bis 2030 grundsätzlich fortbestehen. Zu diesen Rahmenbedingungen gehören beispielweise das Wachstum der Bevölkerung und der Wirtschaft, aber auch die energie- und klimapolitischen Massnahmen, die Energiepreise und die technologischen Voraussetzungen. Bezüglich der Reduktion der Treibhausgasemissionen ist WWB eher ein konservatives (zurückhaltendes) Szenario, da beispielsweise die Einführung der MuKE 2014 oder die seit Anfang 2018 auf 96 Franken pro Tonne erhöhte CO₂-Abgabe noch nicht in dieser Form wirksam waren.

Das Szenario «*Pariser Klimaabkommen - unter 2 Grad*» (PARIS<2) bildet im Vergleich zu WWB stärkere Absenkpfade in den verschiedenen Bereichen ab. Dabei wird primär auf der

⁶ Botschaft zur Totalrevision des CO₂-Gesetzes nach 2020, veröffentlicht 1.12.2017
<https://www.admin.ch/opc/de/federal-gazette/2018/247.pdf> [23.11.2018]

Wirkungsebene die Machbarkeit in technischer Hinsicht und bezüglich wirtschaftlicher Plausibilität überprüft, indem die Nutzungsdauern von Anlagegütern (Gebäude, Gebäudeteile, Gebäudetechnik und Fahrzeuge) berücksichtigt werden. PARIS<2 lehnt sich teilweise an das Szenario «neue Energiepolitik» (NEP) der Energieperspektiven des Bundes an (BFE/Prognos 2012), fokussiert aber stärker auf die Reduktion der Treibhausgasemissionen. Bezüglich der zur Realisierung notwendigen politischen Massnahmen wird teilweise auf den Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 (MKK2030) zurückgegriffen⁷.

⁷ econcept 2016. Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 für eine klimaverträgliche Schweiz
https://www.econcept.ch/media/projects/downloads/2018/01/1699_be_MassnahmenkatalogKlimapolitik2030_final.pdf
[23.11.2018]

2 Systemgrenzen und bisherige Entwicklung der Treibhausgase seit 1990

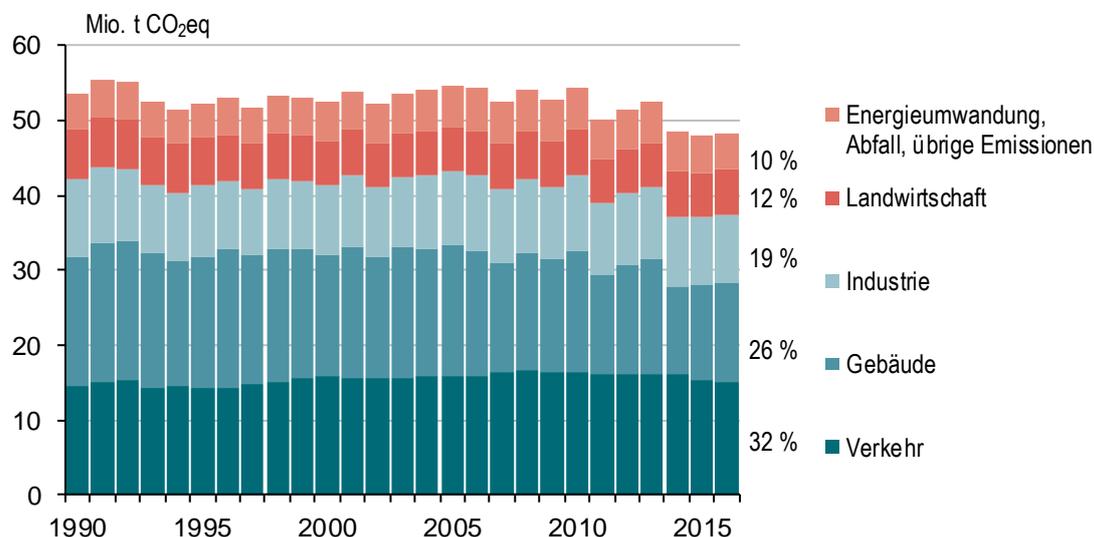
Systemgrenzen

Für die vorliegende Arbeit sind die Treibhausgase (THG) nach Kyoto-Protokoll massgebend⁸. Dies schliesst die CO₂-Emissionen aus Brennstoffen und Treibstoffen, aus Abfall, und aus Prozessen mit ein, zudem werden auch Methan (CH₄), Lachgas (N₂O) und synthetische Gase (HFC/PFC/SF₆/NF₃) berücksichtigt (Angaben in CO₂-Äquivalenzen oder CO₂eq). Der internationale Flug- und Schiffsverkehr, die Senkenleistung des Waldes bzw. Landnutzungsänderungen sowie der Nettoimport grauer Treibhausgase in Produkten werden nicht berücksichtigt.

Als Ausgangslage dient das schweizerische Treibhausgasinventar der Jahre 1990 bis 2016, wobei die Kategorien gemäss IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) verwendet werden⁹.

Emissionen 1990 bis 2016

Die mehrjährige Entwicklung zeigt bis etwa 2010 ein wenig verändertes Niveau der Treibhausgasemissionen von über 50 Mio. Tonnen CO₂eq, in den letzten drei Jahren 2014 bis 2016 lagen die Emissionen bei rund 48 Mio. Tonnen CO₂eq.



econcept (BAFU, Inventar Treibhausgasemissionen nach Kyoto-Protokoll)

Figur 2: Entwicklung der schweizerischen Treibhausgasemissionen nach Sektoren 1990 bis 2016

⁸ BAFU 2015d, S. 6

⁹ https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/klima/fachinfo-daten/entwicklung_der_emissionenvontreibhausgasen-seit1990april2016.xlsx.download.xlsx/entwicklung_der_emissionenvontreibhausgasenseit1990.xlsx [23.11.2018]

3 Absenkpfade für die Treibhausgasemissionen bis 2030

Der Schwerpunkt der beiden Szenarien WWB und PARIS<2 liegt in den folgenden Kapiteln bei den Gebäuden und beim Verkehr. Es sind diejenigen Sektoren, in denen erstens grosse Potenziale zur Emissionsreduktion vorhanden sind und zweitens die Reduktionen in diesen Bereichen standortgebunden sind und zwingend in der Schweiz erfolgen. Das heisst, im Gegensatz zu Massnahmen in der Industrie spielen die internationale Wettbewerbsfähigkeit und damit verbunden die Risiken der Abwanderung von Tätigkeiten inkl. deren Emissionen ins Ausland keine Rolle.

3.1 Gebäude

Die Treibhausgase (THG) im Gebäudebereich werden durch die Wärmeproduktion für Heizung und Warmwasser in Privathaushalten und Dienstleistungsbetrieben verursacht¹⁰. Im Mittel der Jahre 2014-2016 lagen diese Emissionen bei 12.6 Mio. t CO₂eq oder 26 % des gesamten THG-Ausstosses. Zwei Drittel der Gebäudeemissionen stammen in diesen Jahren von Privathaushalten (Heizen und Warmwasser im Wohnbereich), ein Drittel von Dienstleistungs- und Gewerbegebäuden. Entscheidend ist dabei die Verwendung von Heizöl und Erdgas, da die Emissionen durch den Stromverbrauch, beispielsweise für Wärmepumpen oder Warmwasserboiler, an anderer Stelle (Kapitel 3.4) berücksichtigt sind. Die Abschätzung der zukünftigen Treibhausgasemissionen der Privathaushalte beruht auf zwei Elementen: Einerseits wird aus einer Modellierung des Gebäudeparks ab dem Jahr 2000 der gesamte jährliche Energiebedarf bis 2030 ermittelt, andererseits werden für die Bereitstellung dieser Nachfrage die Anteile Heizöl und Erdgas abgeschätzt.

3.1.1 Annahmen zur Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Gebäudebereich

Die zentralen Annahmen für die beiden Szenarien «Weiter Wie Bisher» (WWB) und «Paris unter 2 Grad» (PARIS<2) sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst. Die Entwicklungen im Dienstleistungsbereich werden aus den Werten der Privathaushalte abgeleitet.

Einflussfaktor	Weiter Wie Bisher (WWB)	Pariser Abkommen: Erwärmung unter 2 Grad (PARIS<2)
Nachfrage		
Bevölkerungsentwicklung	– Mittleres BFS-Szenario 2015 mit Anstieg der ständigen Wohnbevölkerung bis 2030 auf 9.5 Mio. Personen	
Wohnfläche pro Person (Energiebezugsfläche)	– Anstieg zwischen 1990 und 2006 von 52.3 m ² auf 58.6 m ² ; 2006 bis 2015 konstant bei 58.6 m ² (BAFU 2017) – Annahme 2016-2030: bleibt wie in den 10 Jahren davor bei 58.6 m ² (vgl. Figur 28 im Anhang)	

¹⁰ Mit Gebäudebereich werden hier die IPCC-Kategorien 1A4a (Dienstleistungen / Gewerbe) und 1A4b (Privathaushalte) zusammengefasst (IPCC=Intergovernmental Panel on Climate Change).

Einflussfaktor	Weiter Wie Bisher (WWB)	Pariser Abkommen: Erwärmung unter 2 Grad (PARIS<2)
Energiebezugsfläche Wohnen	– steigt bis 2030 gegenüber 2015 um 14 % (entsprechend dem Bevölkerungswachstum)	
Klimawirkung	– Heizgradtage (HGT) nehmen zwischen 2020 und 2030 um 6% ab (analog Annahme Bundesrat in Botschaft zum neuen CO ₂ -Gesetz)	
Energetische Sanierungsrate ohne Ersatzneubau	1.0% der Flächen pro Jahr (ausgehend vom Bestand 2000), konstant bis 2030	von 2020 bis 2025 ansteigend von 1.0 % auf 2.0 %, dann 2.0 % bis 2030
Ersatzneubaurate	0.15% der Flächen pro Jahr (ausgehend vom Bestand 2000), konstant bis 2030	von 2020 bis 2025 ansteigend von 0.15 % auf 0.30 %, dann 0.30 % bis 2030
Spezifischer Heizwärmebedarf sanierter Altbauten vor Sanierung	– Bei Start der Modellierung im Jahr 2000 werden zuerst Flächen mit überdurchschnittlichem Bedarf (140 kWh / m ²) saniert, danach linear sinkend auf 70 kWh / m ² für die Altbauten mit tiefstem Verbrauch	
Sanierungstiefe: erreichter spezifischer Heizwärmebedarf nach Sanierung	Sanierungen senken den Heizwärmebedarf (Nutzenergie) auf 49 kWh (2020) bzw. 33 kWh pro m ² und Jahr (2030).	Sanierungen senken den Heizwärmebedarf (Nutzenergie) auf 49 kWh (2020) bzw. 26 kWh pro m ² und Jahr (2030).
Die Verteilung der Neubaufläche auf 4 Baustandards:	<u>Anteile Neubau 2020 / 2030</u>	<u>Anteile Neubau 2020 / 2030</u>
"Durchschnitt 2000"	0% / 0%	0% / 0%
"MuKE 2008 Neubau"	35% / 0%	35% / 0%
"Niedrigenergie"	40% / 35%	40% / 5%
"Passivhaus/Nullenergie"	25% / 65%	25% / 95%
Bereitstellung		
Einsatz Heizöl	Trendfortsetzung 2013-2017 (witterungskorrigiert), d.h. -1.1 Mrd. kWh/Jahr	Wird hier als Restgrösse ermittelt (gesamter Wärmebedarf minus Erdgas und nicht fossile Energieträger)
Einsatz Erdgas	Trendfortsetzung 2013-2017 (witterungskorrigiert), d.h. +25 Mio. kWh/Jahr	Rückgang um 1% pro Jahr ab 2021 gegenüber 2020 (total -10 % im Jahr 2030)
Einsatz übrige (nicht fossile) Energieträger	Rest aus Wärmebedarf gemäss Modell (ohne Heizöl und Erdgas)	Entwicklung wie WWB plus 0.5% pro Jahr ab 2021 (+5 % gegenüber WWB im Jahr 2030)

Tabelle 1: Annahmen zur Entwicklung des Heizwärmebedarfes bei Privathaushalten im WWB und PARIS<2 Szenario

3.1.2 Vergleich der Szenarien für Treibhausgasemissionen im Gebäudebereich

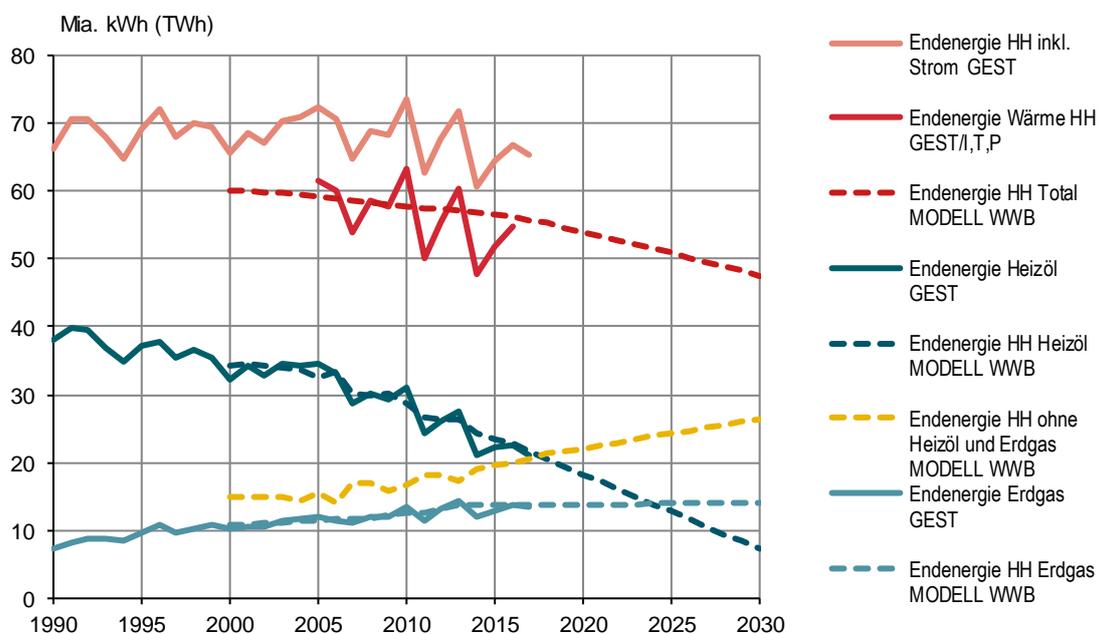
Szenario WWB (Gebäude von Privathaushalten)

Das Szenario WWB geht von einer Trendfortsetzung und damit den Rahmenbedingungen der letzten Jahre aus. Wie die nachstehende Abbildung für die Privathaushalte verdeutlicht, sinkt der gesamte Endenergiebedarf für Heizwärme und Warmwasser seit dem Jahr 2000 kontinuierlich. Für die Trendschätzung ab 2018 bis 2030 geht das Gebäudeparkmodell von witterungsbereinigten Modellwerten aus, die auf die effektive Entwicklung 2000 bis 2017 kalibriert werden¹¹. Der Absatz von Heizöl und Erdgas bis 2030 wird für das Szenario WWB aus der Entwicklung der 5 Jahre 2013-2017 (lineare Regression) abgeleitet¹².

¹¹ Vgl. Modellparameter im Anhang: Berücksichtigt sind im Wesentlichen die Bevölkerungsentwicklung, Fläche pro Person, Sanierungsrate im Altbau, Rate Ersatzneubauten anstelle von Altbausanierungen,

¹² Grundlage bildet die Tabelle 17a der Gesamtenergiestatistik, die zusätzlich um die Witterungseinflüsse korrigiert werden. Trend ab 2018 (Endenergie): jährliche Abnahme Erdölprodukte von 1.1 Mia. kWh; jährliche Zunahme Erdgas von 25 Mio. kWh. Diese Annahmen sind bezüglich der rückläufigen Rolle fossiler Brennstoffe eher zurückhaltend. Während sich beispielsweise die Abnahme des Heizöleinsatzes seit 2000 laufend beschleunigt hat, wird im Szenario WWB von einer Fortsetzung des Rückgangs in den Jahren 2013-2017 ausgegangen. Zudem lag in diesen Jahren die CO₂-Abgabe noch bei

Daraus ergibt sich der übrige, nicht fossil gedeckte Wärmebedarf (gelbe Linie), der von gut 20 Mia. kWh im Jahr 2018 bis 2030 auf rund 27 Mia. kWh zunimmt. Diese verstärkte Nutzung von Biomasse, Wärmepumpen/Umweltwärme, Fernwärme oder Solarwärme ist plausibel, sie entspricht ungefähr der beobachteten Steigerung in den Jahren 2005 bis 2017.



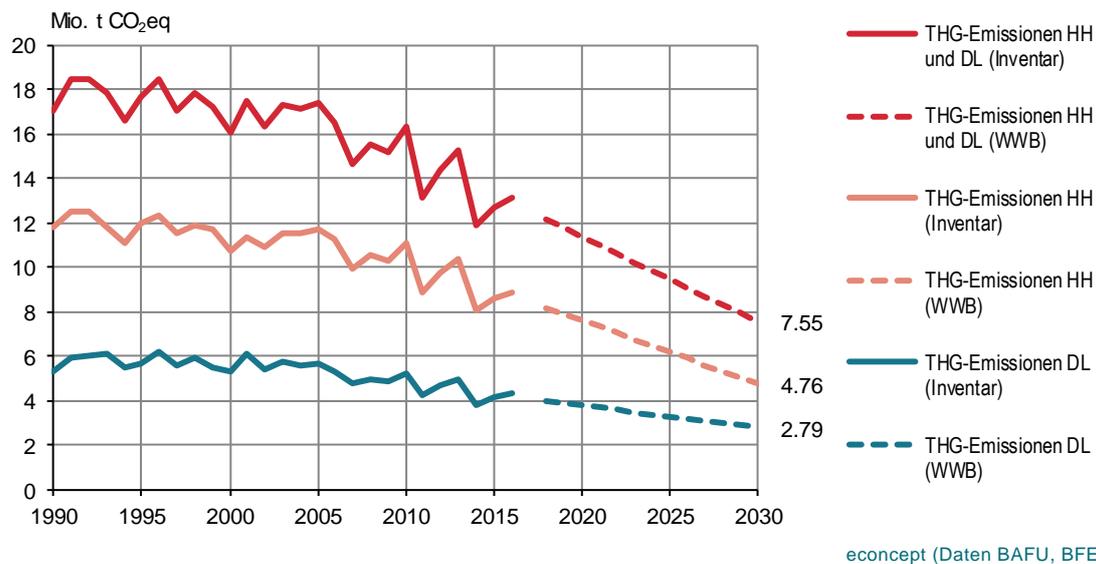
econcept (Daten BAFU, BFE, ITP)

Figur 3: Entwicklung des Endenergieverbrauchs der Haushalte für die Wärmeerzeugung, Szenario WWB; Gesamtenergiestatistik bis 2017; Trendfortsetzung für Öl und Gas bis 2030; Modellierung der Endenergie aus nicht fossilen Quellen aufgrund der Entwicklung des Gesamtbedarfs im Gebäudeparks
 GEST: Gesamtenergiestatistik Bundesamt für Energie,
 I,T,P: Zusatzanalysen Infrac/TEP/Progos (2017), Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000 - 2016 nach Verwendungszwecken
 HH: Haushalte

Aus dem rückläufigen Endenergiebedarf der Haushalte für die Wärmeerzeugung ergeben sich im Szenario WWB mit dem erläuterten Mix von Heizöl und Erdgas im Jahr 2030 noch Treibhausgasemissionen von 4.76 Mio. Tonnen CO₂eq. Die analoge Abschätzung der bisherigen Trends für Gebäude von Dienstleistungs- und Gewerbebetrieben zeigt einen Rückgang auf 2.79 Mio. Tonnen CO₂eq¹³.

36, 60 bzw. 84 Franken pro Tonne, während sie sei Anfang 2018 bei 96 Franken liegt. Die stabile Entwicklung des Gasabsatzes bedeutet, dass sich auch in Zukunft energetische Verbesserungen bei den Gebäuden und Mehrabsatz durch Nachverdichtung oder begrenzte Neuerschliessungen die Waage halten.

¹³ Grundlage bildet die Tabelle 17c der Gesamtenergiestatistik, die zusätzlich um die Witterungseinflüsse korrigiert werden. Trend ab 2018 (Endenergie): jährliche Abnahme Erdölprodukte von 0.4 Mia. kWh; jährliche Zunahme Erdgas von 40 Mio. kWh.



Figur 4: Entwicklung der Treibhausgasemissionen von Gebäuden (Haushalte und Dienstleistungen/Gewerbe) für die Wärmeerzeugung im Szenario WWB
 HH: Haushalte. DL: Dienstleistungen/Gewerbe

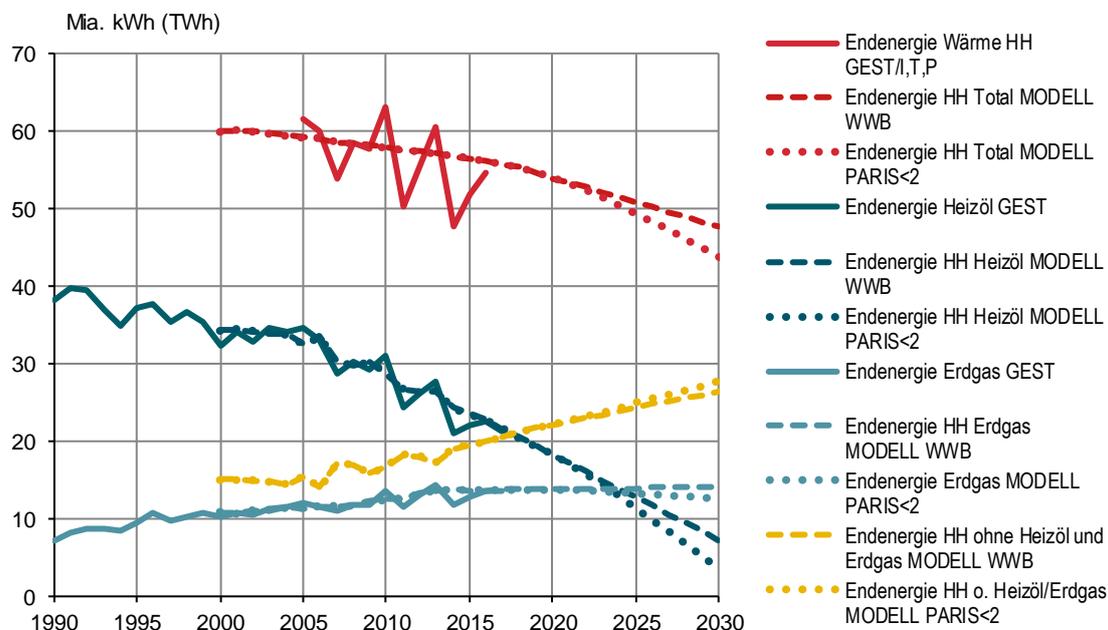
Die gesamten THG-Emissionen von 7.55 Mio. Tonnen im Jahr 2030 (Szenario WWB) aus dem Gebäudebereich entsprechen gegenüber den 17.1 Mio. Tonnen im Jahr 1990 einer Reduktion um 56%. Bis zu den Jahren 2026/2027 soll gemäss Bundesrat im Vorschlag zum neuen CO₂-Gesetz eine Reduktion um mindestens 50 % erreicht werden¹⁴. Im WWB-Szenario wird dies annähernd erreicht: Bis 2026/2027 findet ein Rückgang um 48 % statt.

Diese Trendfortsetzung beruht im Wesentlichen auf der Entwicklung des Heizöl- und Erdgasabsatzes der letzten Jahre. Das heisst indirekt, dass die bisherigen Entwicklungen des Flächenbedarfes und der Verbesserungen der energetischen Qualität ebenso fortgeschrieben werden wie die kontinuierliche Reduktion des Einsatzes von Heizöl. Diese Annahme ist eher konservativ, denn mit der Umsetzung bereits beschlossener oder geplanter Massnahmen wie den MuKE n 2014 durch die Kantone oder die bereits erfolgte Erhöhung der CO₂-Abgabe auf 96 Franken pro Tonne seit Anfang 2018 bestehen bereits 2018 Anreizmechanismen oder Vorschriften, die gegenüber der Periode 2013-2017, die für die Trendschätzung massgebend ist, einen stärkeren Rückgang der Treibhausgasemissionen erwarten lassen.

¹⁴ Wird dieses Ziel verfehlt, treten subsidiäre Grenzwerte für CO₂-Emissionen pro m² Energiebezugsfläche in Kraft.

Szenario PARIS<2 (Privathaushalte)

Das Szenario PARIS<2 beruht auf anspruchsvollen aber technisch und wirtschaftlich machbaren Absenkpfeilen. In diesem Szenario PARIS<2 sinkt durch verstärkte Effizienzmassnahmen einerseits der Wärmebedarf der Haushalte gegenüber WWB stärker ab und liegt 2030 rund 8 % tiefer bei 44 Mia. kWh Endenergie (siehe Figur 5)¹⁵.



econcept (Daten BAFU, BFE)

Figur 5: Entwicklung des Endenergieverbrauchs der Haushalte für die Wärmeerzeugung, Vergleich der Szenarien WWB und PARIS<2; Annahmen siehe Text und Tabelle 1
 GEST: Gesamtenergiestatistik Bundesamt für Energie,
 I,T,P: Zusatzanalysen Infrac/TEP/Prognos (2017), Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000 - 2016 nach Verwendungszwecken
 HH: Haushalte

Andererseits wird bei der Bereitstellung der Einsatz nicht fossiler Energieträger (Wärmepumpen, Umweltwärme, Abwärme, Biomasse usw.) ab 2021 gegenüber WWB um einen halben Prozentpunkt pro Jahr erhöht, liegt folglich 2030 um 5 % höher als im Szenario WWB. Diese Annahme ist aufgrund der bisherigen Entwicklung und im Vergleich mit den Energieperspektiven des Bundes plausibel¹⁶. Dass die leichte Zunahme des Erdgaseinsatzes durch Privathaushalte bis 2020 ab 2021 in eine leichte Abnahme mündet (10 % tiefer gegenüber WWB im Jahr 2030), ist eine eher zurückhaltende Annahme für den Rückgang¹⁷.

¹⁵ Diese Annahme ist in doppelter Hinsicht realistisch: Erstens durch die Modellierung des Gebäudeparks plausibilisiert und zweitens im Vergleich zum Szenario NEP (Neue Energiepolitik) in BFE/Prognos 2012 mit einem im Jahr 2030 gegenüber WWB um 16 % tieferen Endenergiebedarf für Raumwärme und Warmwasser zurückhaltend. Diese 16 % (NEP) werden jedoch mit einer bereits deutlich vor dem Jahr 2020 einsetzenden Differenzierung erreicht (Tab- 5-10, S. 112)

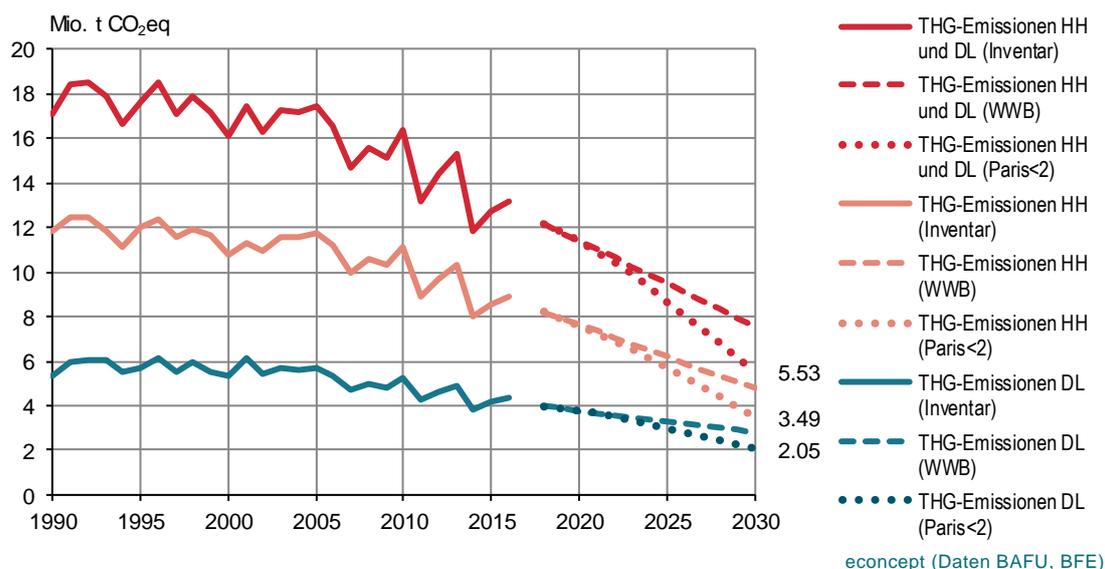
¹⁶ Das Szenario NEP (Neue Energiepolitik) in BFE/Prognos 2012 weist im Jahr 2030 gegenüber 2010 einen Rückgang von Öl und Gas um 61 % aus (Tab 8-18); in der vorliegenden Modellierung beträgt der Rückgang im Szenario PARIS<2 ebenfalls 61 %. Der Einsatz erneuerbarer Energien in Haushalten (ohne Strom) (Tab 8-18, S. 389) liegt im Jahr 2030 bei NEP 58 % höher als 2010; in der vorliegenden Modellierung (Szenario PARIS<2) beträgt die Zunahme 67 %.

¹⁷ Das Szenario NEP (Neue Energiepolitik) in BFE/Prognos 2012 weist für Erdgas im Jahr 2030 einen um 22 % tieferen Wert als 2010 aus. In der vorliegenden Modellierung liegt der Erdgasverbrauch im Szenario PARIS<2 bis 2030 wieder auf dem Niveau von 2010.

Im Szenario PARIS<2 wird der Einsatz von Heizöl als Restgrösse ermittelt, nach Abzug von nicht fossilen Energieträgern und Erdgas vom gesamten Wärmebedarf. Diese Grösse nimmt gegenüber WWB deutlich stärker ab und liegt 2030 noch bei 3.5 Mia. kWh. Die Machbarkeit dieses Rückgangs im Kontext des kontinuierlichen Heizungsersatzes wird in Anhang A-8 diskutiert.

Die Auswirkung des Szenarios PARIS<2 auf die Treibhausgasemissionen sind in Figur 6 dargestellt. Die Reduktionen gegenüber dem Szenario WWB im Haushaltsbereich werden dabei auf die Wärmebereitstellung bei Dienstleistungen/Gewerbe übertragen.

Aus dem rückläufigen Endenergiebedarf der Haushalte für die Wärmeerzeugung und dem erläuterten Mix von Heizöl und Erdgas ergeben sich beim Szenario PARIS<2 im Jahr 2030 noch Treibhausgasemissionen von 3.49 Mio. Tonnen CO₂eq. Bei den Gebäuden von Dienstleistungs- und Gewerbebetrieben wird ein Rückgang auf 2.05 Mio. Tonnen CO₂eq modelliert. Die gesamten Emissionen des Gebäudebereichs summieren sich damit im Jahr 2030 auf 5.53 Mio. Tonnen CO₂eq (73 % des WWB-Szenarios). Das Reduktionsziel gemäss Entwurf CO₂-Gesetz, bis zu den Jahren 2026/2027 gegenüber 1990 mindestens 50 % der Emissionen zu reduzieren, wird mit der Reduktion um 68 % deutlich übertroffen¹⁸.



Figur 6: Entwicklung der Treibhausgasemissionen von Gebäuden (Haushalte und Dienstleistungen/Gewerbe) für die Wärmeerzeugung in den Szenarien WWB und PARIS<2
 HH: Haushalte. DL: Dienstleistungen/Gewerbe; Inventar: Treibhausgasinventar BAFU
 Die Zahlenangaben 2030 beziehen sich auf das Szenario PARIS<2

¹⁸ Wird dieses Ziel verfehlt, treten subsidiäre Grenzwerte für CO₂-Emissionen pro m² Energiebezugsfläche in Kraft.

3.1.3 Massnahmenmix im Gebäudebereich

Die gegenüber dem Szenario WWB verstärkten THG-Reduktionen im Szenario PARIS<2 können mit den in Tabelle 2 aufgeführten Massnahmen erreicht werden. Die Wechselwirkungen zwischen den Massnahmen und die Hinweise zur Ausgestaltung werden im Anschluss diskutiert.¹⁹

Massnahme	Beschreibung
MuKE n (Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich)	<ul style="list-style-type: none"> – Konsequente und rasche Umsetzung der MuKE n 2014 in allen Kantonen, insbesondere inkl. des Anteils erneuerbarer Energien bei Heizungsersatz. – Eine Neuauflage der Mustervorschriften bis ca. 2022. Eine Revision ist aufgrund der technischen Entwicklung, zur Berücksichtigung des Klimaschutzes «Post Paris» und mit Blick auf die bisherigen Zyklen der MuKE n (2000, 2008, 2014) sinnvoll.
CO ₂ -Abgabe	<ul style="list-style-type: none"> – Schrittweise Erhöhung der CO₂-Abgabe auf fossilen Brennstoffen auf 200-250 Franken pro Tonne bei Verfehlung des Zielpfades (2018 bei 96 Franken)
Abgabenbefreiung und Zielvereinbarungen	<ul style="list-style-type: none"> – Die im Gegenzug für die Befreiung von der CO₂-Abgabe zwischen Unternehmen und Bund vereinbarten CO₂-Reduktionen können auch Massnahmen im Gebäudebereich betreffen; die erforderlichen Zielpfade sind an die Anforderungen des Pariser-Abkommens anzupassen
Gebäudeprogramm	<ul style="list-style-type: none"> – Weiterführung des Gebäudeprogrammes mit zusätzlichem Fokus auf <ul style="list-style-type: none"> – Finanzierung von energetischen Sanierungen (weniger Mitnahmeeffekte, Hemmnisse aufgrund fehlender Liquidität reduzieren) – Erhöhung der energetischen Sanierungsrate durch Abbau institutioneller Hemmnisse (wie z.B. Mieter-Vermieter-Dilemma, Stockwerkeigentum) – Förderung längerfristiger Sanierungsstrategien anstelle punktueller Massnahmen – Cluster-Ansätze für die Gebäudesanierung²⁰
Steuerpolitik	<ul style="list-style-type: none"> – Steuerliche Anreize für Energieeffizienz und CO₂-Reduktion
Sanierungspflicht	<ul style="list-style-type: none"> – Sanierungspflicht für Gebäude mit GEAK-Klassen F und 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.²¹ – Grenzwerte CO₂-Ausstoss/m² Energiebezugsfläche mit Absenkpfad
Heizungsersatz	<ul style="list-style-type: none"> – Heizungen mit fossilen Brennstoffen müssen mittelfristig durch erneuerbare Energieträger ersetzt werden (z.B. Fristen mit Absenkpfad abhängig von CO₂/m², vgl. auch REDEM Initiative Kanton Zürich²²) – Heizungsersatz mit fossilen Brennstoffen wird in einer Übergangszeit noch für energieeffiziente Gebäude der GEAK-Klassen A und B erlaubt.
Energieplanungen	<ul style="list-style-type: none"> – Räumliche Energieplanungen (bzw. deren Erneuerungen) mit dem Ziel verstärkter Nutzung erneuerbarer Energien und der Förderung thermischer Netze mit der Nutzung von Abwärme und anderen erneuerbaren Energien (Umweltwärme, Solarenergie, Biomasse usw.) inkl. der Koordination mit Gasnetzen bzw. dem Ersatz von Erdgas – Die Kantone verpflichten Gemeinden und Städte (bspw. mit mind. 7'000 Einwohnern) zur Erarbeitung einer räumlichen Energieplanung. – Die Festlegungen erfolgen im Rahmen behördenverbindlicher Richtpläne.

¹⁹ Für eine ausführliche Diskussion der Wirkungen wird auf den Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 verwiesen (econcept 2016)

²⁰ Vgl. <https://www.energieforschung-zuerich.ch/index.php?id=26#c630> [23.11.2018]

²¹ Beispiel: der Kanton Genf steuert Sanierung via Energiekennzahl EKZ: bei über 222 kWh Endenergie pro m² Energiebezugsfläche besteht eine Monitoringpflicht und kurzfristige rentable Massnahmen müssen umgesetzt werden. Bei über 250 kWh/m² gilt eine umfassendere Sanierungspflicht. <http://ge.ch/energie/suivi-energetique-des-batiments> [15.11.2018]

²² <https://www.kantonsrat.zh.ch/Geschaefte/Geschaefte.aspx?GeschaefteID=8ab6ccdf-2b22-43d0-a437-27d07f80d6db> [23.11.2018]

Massnahme	Beschreibung
Planungsmehrwerte mit Energieeffizienz verbinden	<ul style="list-style-type: none"> – Eine erhöhte Ausnützung wird an die energetische Sanierung und erneuerbare Wärmeproduktion geknüpft. – Die Festlegungen erfolgen im Rahmen eigentümergebundener Bau- und Zonenordnungen
Beratung und Sensibilisierung	Weiterführung von Programmen wie EnergieSchweiz, GEAK, SIA-Effizienzpfad Energie usw.
Angewandte Forschung/Pilotanlagen	Abbau der wichtigsten Hemmnisse für eine breite Marktdurchdringung CO ₂ -armer Technologien wie z. B. Thermische Netze anstelle (fossiler) Einzelheizungen, Wärmedämmung im Kontext Denkmalschutz, Luft-Wasser-Wärmepumpen (wo keine Erdsonden möglich sind, solare Einbindung thermischer Netze, saisonale Speicherung. Power to Heat und Power to Gas usw.

Tabelle 2: Massnahmenmix im Gebäudebereich für das Szenario PARIS<2

Kriterien zur Gestaltung eines optimalen Massnahmenmix' im Gebäudebereich

Die vorgeschlagenen Massnahmen lassen sich vereinfacht in marktwirtschaftliche Regulierungen (wie typischerweise die CO₂-Abgabe) und andere, nicht marktwirtschaftliche Massnahmen einteilen. Ein wirksames Massnahmenpaket kann grundsätzlich auf unterschiedlichen Gewichtungen dieser beiden Ansätze beruhen. So könnte theoretisch eine ausreichend hohe CO₂-Abgabe auf allen Emissionen viele Vorschriften oder Subventionen ersetzen. Umgekehrt könnten strenge aber klare und für alle gleiche Vorschriften eine hohe Planungssicherheit schaffen und die Zielerreichung mit grosser Sicherheit garantieren.

Aufgrund der folgenden Überlegungen ist eine «gleichmässige» Verteilung der erwünschten Hauptwirkungen sowohl auf marktwirtschaftliche, lenkende Massnahmen als auch auf nicht marktwirtschaftliche, sektorspezifische Einzelmassnahmen sinnvoll:

- Mit dem marktwirtschaftlichen Lenkungsinstrument der CO₂-Abgabe wird eine volkswirtschaftlich vorteilhafte Reduktion der Emissionen unterstützt, weil die Preissignale bei den Akteuren die jeweils effizientesten Reaktionen auslöst und die Transaktionskosten eher gering sind.
- In Situationen mit Marktversagen (beispielsweise überwälzen Vermieter/innen anstelle einer Sanierung die höheren Heizkosten an die Mieter/innen) sind nicht marktwirtschaftliche Massnahmen wie Vorschriften oder Subventionen sinnvoll.
- Situationen mit langsamen Anpassungsprozessen und mit geringen Preiselastizitäten, für die der Gebäudebereich typisch ist, können mit Vorschriften oder anderen Anreizen wirksamer gesteuert werden als alleine mit der CO₂-Abgabe. Damit können auch extrem hohe Ansätze der CO₂-Abgabe vermieden werden, die bei alleinigem Einsatz dieses Instrumentes zur Zielerreichung notwendig wären²³.
- Die Akzeptanz des Massnahmenpakets hängt auch von der ausgewogenen Ausgestaltung der einzelnen Elemente ab. Dies ist umso einfacher möglich, wenn nicht eine oder zwei Hauptmassnahmen die Hauptwirkung erzielen müssen.

²³ Vgl. dazu unter anderem Ecoplan 2015

Bezüglich der in Tabelle 2 genannten Massnahmen sind die bekannten und bezüglich ihrer Wirkung bewährten Massnahmen MuKEN, CO₂-Abgabe und das Gebäudeprogramm unverzichtbare Elemente eines Szenarios PARIS<2. Wichtig ist die erwähnte Verstärkung der jeweiligen Zielbeiträge.

Darüber hinaus ist es für die Zielerreichung essenziell, eine langfristig ausgerichtete und damit Planungssicherheit schaffende Sanierungspflicht einzuführen. Inwiefern zusätzlich die Installation fossil betriebener Heizungen ab einem bestimmten Zeitpunkt einzuschränken ist, kann hier nicht abschliessend beantwortet werden. Zu beachten ist dabei, dass für ein Erreichen von Null CO₂-Emissionen im Gebäudepark bis 2045 (vgl. Kapitel 1 zu den Folgerungen des 1.5-Grad-Berichtes des IPCC) und bei einer 20-jährigen Nutzungsdauer der letzte Heizungsersatz mit einem fossil betriebenen Öl- oder Gasbrenner bereits im Jahr 2025 stattfinden müsste.

Die Verstärkung der planerischen Ansätze (Richtpläne und Nutzungspläne bzw. Bau- und Zonenordnungen) ist besonders für die langfristige Zielerreichung von grosser Bedeutung. Sie schaffen sowohl für Gebäudeeigentümer/innen als auch für Energieversorgungsunternehmen klare, langfristige Rahmenbedingungen und können Fehlentscheidungen mit dem Risiko von «stranded investments» reduzieren.

3.1.4 Internationale Vergleiche zu den Treibhausgasemissionen im Gebäudebereich

Die schweizerischen Treibhausgasemissionen im Gebäudebereich sind in den letzten Jahren kontinuierlich gesunken. Die nachstehenden Vergleiche mit anderen Ländern dienen einerseits dazu, die bisherigen Anstrengungen und damit den aktuellen Stand zu beurteilen. Andererseits können ausgehend von dieser Zeitpunktbetrachtung die zukunftsgerichteten Szenarien WWB und PARIS<2 eingeordnet und diskutiert werden.

Für den Vergleich werden die vier Nachbarländer, Belgien und die Niederlande sowie die Nordeuropäischen Länder Dänemark, Norwegen, Schweden und Finnland herangezogen²⁴.

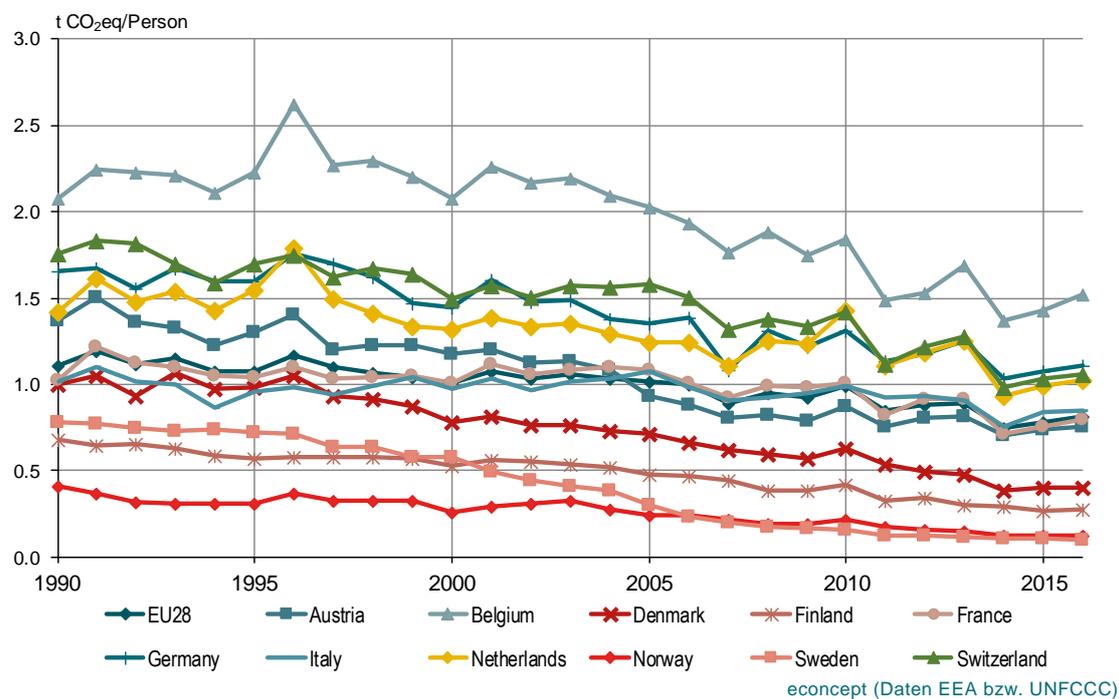
Als Datenquelle wird auf die Daten der Europäischen Umweltagentur bzw. die nationalen Treibhausgasinventare abgestützt, wie sie der UNFCCC gemeldet werden²⁵.

Die Analyse der Gebäudeemissionen beschränkt sich auf die Privathaushalte, um den Effekt der unterschiedlichen Anteile des Dienstleistungssektors auszuschliessen. Berücksichtigt werden wie in den vorangehenden Kapiteln die Emissionen aus der Wärmeerzeugung, wobei die mit der Stromproduktion und der Fernwärmeerzeugung verbundenen

²⁴ Mit der Auswahl werden grössere Länder (ohne Lichtenstein, Luxemburg), Länder mit einem überdurchschnittlichen BIP pro Kopf und mit klimatisch nicht bevorzugten Bedingungen (Mittelmeerländer) verglichen.

²⁵ <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer> [14.11.2018] bzw. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)

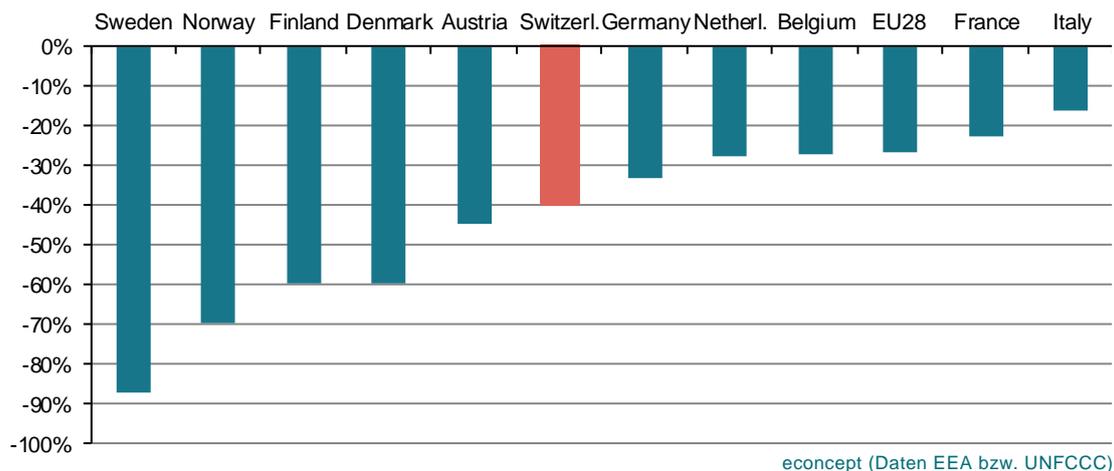
Treibhausgase gemäss UNFCCC-Methodik nicht den Gebäuden angerechnet werden. Dies ist bei der Interpretation zu berücksichtigen²⁶.



Figur 7: Treibhausgasemissionen durch die Wärmeerzeugung in Privathaushalten (1.A.4.b - Residential) pro Kopf

Wie Figur 7 zeigt, gehört die Schweiz seit 1990 mit Belgien, Deutschland und der Niederlande zu den vier Ländern mit den höchsten CO₂-Emissionen pro Kopf in Privathaushalten. Auffällig ist, dass keine offensichtliche Abhängigkeit von den klimatischen Bedingungen vorliegt. So weisen Österreich oder alle nordeuropäischen Länder deutlich tiefere Haushalts-Emissionen pro Kopf auf.

²⁶ vgl. dazu auch die gesamten Emissionen dieser Länder im Quervergleich in Anhang A-10



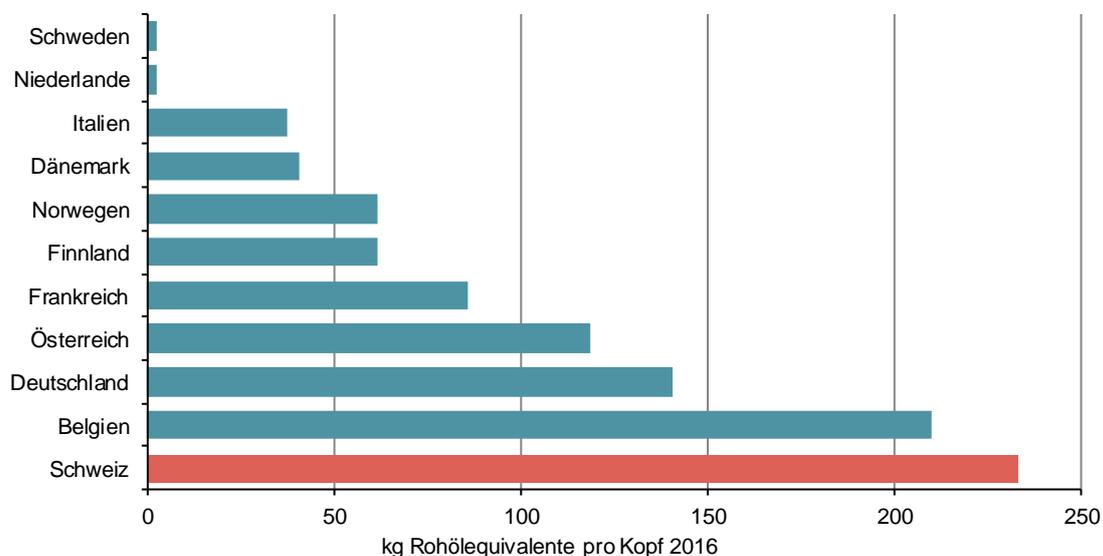
Figur 8: Reduktion der Treibhausgasemissionen aus der Wärmezeugung in Privathaushalten pro Kopf zwischen 1990 und 2016
UNFCCC-Kategorie «1.A.4.b – Residential»

Die Reduktion der THG-Emissionen pro Kopf zwischen 1990 und 2016 liegt in der Schweiz bei 40 % (Figur 8). Die Unterschiede zwischen den Ländern sind bemerkenswert. Insbesondere die nordeuropäischen Länder haben nicht nur deutlich tiefere Ausgangswerte, sondern mit Reduktionen um 60 % bis 87 % auch eine viel stärkere Dekarbonisierung der Wärmezeugung in Privathaushalten erreicht.

Eine vertiefte Analyse der Gründe würde den Rahmen der vorliegenden Übersicht sprengen. Im Sinne grober Thesen zeigen jedoch die folgenden Hinweise, wo die grössten Unterschiede bestehen und sich für die Schweiz Empfehlungen ableiten lassen.

Heizöleinsatz pro Kopf ist in der Schweiz rekordhoch

Wie Figur 9 zeigt, stellt der unterschiedliche Heizöleinsatz pro Kopf einen wichtigen, erklärenden Faktor dar. Ausser in Belgien spielt dieser Energieträger in keinem anderen der ausgewählten Länder eine so bedeutende Rolle wie in der Schweiz.



(Daten GEST/BFE, EUROSTAT)

Figur 9: Vergleich des pro Kopf Verbrauchs von Heizöl in Privathaushalten 2016 in ausgewählten Ländern

Wie heizt Europa? Nordische Länder sind beim Energiemix top, die Schweiz im Mittelfeld

Die Zusammensetzung des gesamten Heizenergieverbrauchs zeigt für die ausgewählten Länder markante Unterschiede²⁷: Bei den nordischen Ländern decken Strom, Abwärme/Fernwärme und andere erneuerbare Wärmequellen rund 80 % (Dänemark) beziehungsweise deutlich über 90 % des Wärmebedarfs ab.

Im Fall von *Norwegen* fällt zudem ins Gewicht, dass die Stromproduktion weitgehend erneuerbar und ohne CO₂-Ausstoss erfolgt. Dies erklärt die sehr tiefen CO₂-Emissionen der Privathaushalte pro Kopf in diesen Ländern (vgl. Figur 7). Daraus leitet sich die klimapolitische Anforderung für andere Länder ab, einerseits den Stromeinsatz im Gebäudebereich effizient zu gestalten (keine Direktheizungen, sondern Wärmepumpen) und andererseits die CO₂-Belastung aus der Stromerzeugung generell zu senken, auch unter Berücksichtigung des (steigenden) Verbrauchs im Gebäudesektor.

Dänemark gilt als das Fernwärmeland schlechthin. Für die relativ tiefen Treibhausgasemissionen der Gebäude ist nicht nur entscheidend, dass der Anteil der Öl- und Gasheizungen weniger als 20 % beträgt, sondern dass die Erzeugung der Fernwärme aufgrund einer nationalen Strategie auch zunehmend dekarbonisiert wird. Neben der thermischen Nutzung von Abfällen und Biomasse spielen Wärmepumpen und Solarthermie zunehmend wichtige Rollen²⁸.

Die Schweiz weist einen höheren Anteil fossiler Brennstoffe als die EU28 im Gesamtmittel auf. Auch wenn in der Schweiz der Anteil Strom für Wärmepumpen und die Nutzung erneuerbarer Wärme (Solar, Umweltwärme für Wärmepumpen, Biomasse) steigt, liegt deren Anteil 2016 noch unter einem Drittel.

Ein Blick auf die *Niederlande und Belgien*, die zwei Länder mit den höchsten Anteilen fossiler Brennstoffe, zeigt beim Vergleich der CO₂-Emissionen der Privathaushalte pro Kopf in Figur 7 ein weiteres Phänomen: Trotz ähnlichem Energiemix liegen die Emissionen pro Kopf in Belgien rund 50 % höher. Dies verdeutlicht, dass neben den klimatischen Bedingungen, die relativ ähnlich sind, auch die Energieeffizienz der Gebäude und der Flächenbedarf pro Person eine entscheidende Rolle spielen²⁹.

²⁷ EUROSTAT: «Space heating, residential»

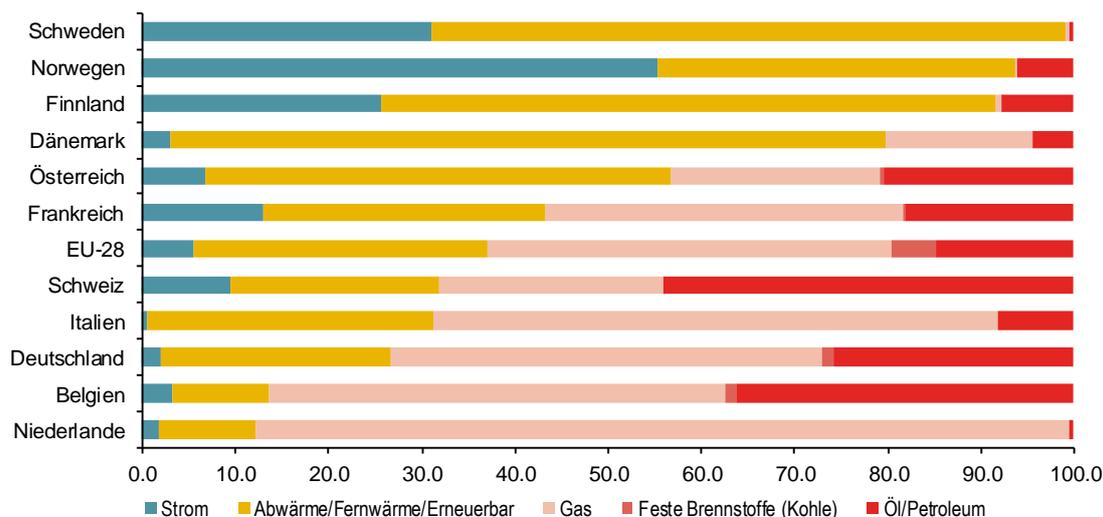
https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/images/1/16/Energy_consumption_households_final.xlsx [24.11.2018]

BFE/Prognos, 2018: Der Energieverbrauch der Privaten Haushalte 2000 – 2017. Ex-Post-Analyse nach Verwendungszwecken und Ursachen der Veränderungen, Tabelle 12

²⁸ Zur Entwicklung der Fernwärme und Energiemix: <https://www.danskfjernvarme.dk/english/statistics> [23.11.2018]

Zur langfristigen Strategie: https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Globalcooperation/district_energy.pdf [23.11.2018]

²⁹ Vgl. zum Unterschied bezüglich Energieeffizienz z.B. https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/energy-consumption-by-end-uses-2#tab-chart_1 [23.11.2018]



Eigene Berechnungen (Daten BFE, EUROSTAT)

Figur 10: Zusammensetzung des Heizenergieverbrauchs in Privathaushalten 2016 in ausgewählten Ländern, Länder sortiert nach Anteil Gas/Feste Brennstoffe/Öl

Schwedens tiefer Anteil fossiler Brennstoffe hat eine lange Vorgeschichte

Die schwedische Transformation der Wärmeerzeugung (vgl. auch Kapitel 4.4) für Gebäude, weg vom Öl und hin zu Wärmenetzen und Wärmepumpen, erfolgte schon ab den 1990er Jahren, unter anderem mit der Einführung einer CO₂-Abgabe auf Öl und Gas. Diese lag für Private bereits Ende der 1990er Jahre bei 40 EURO pro Tonne CO₂ und seit 2004 bei 100 und mehr Euro. Der Öleinsatz hat dadurch seit 1990 um mehr als 60 % abgenommen. Der Wechsel erfolgte dabei nicht zu Gas (wie in vielen Fällen in der Schweiz), sondern zu Wärmenetzen mit Abwärme aus der Abfallverwertung oder Biomasse sowie der Nutzung von Umweltwärme mit Wärmepumpen.³⁰

Als Vorzeigebispiel³¹ gilt die Stadt Växjö. Sie beschloss bereits 1996 als weltweit erste Stadt bis 2030 «fossil frei» zu werden. Unter anderem mit einem ausgedehnten Wärme- und Kältenetz, das zu 90 % Energie aus Biomasse (primär aus der Holzindustrie) bezieht, und dem auf Biogas und anderen erneuerbaren Energien beruhenden öffentlichen Verkehr, lag die CO₂-Emission 2014 pro Kopf bei 2.4 Tonnen pro Jahr (gegenüber 7.3 Tonnen im EU-Schnitt).

Zusammenfassend lassen sich aus den internationalen Vergleichen des Gebäudebereichs die folgenden Schlüsselfaktoren für eine erfolgreiche Reduktion der Treibhausgasemissionen ableiten:

- Energieeffizienz, das heisst tiefer Energieverbrauch pro m² durch ambitionierte Sanierungen und Neubaustandards (vgl. dazu die grossen europäischen Unterschiede in Anhang A-3)

³⁰ http://www.lvif.gov.lv/uploaded_files/sadarbiba/seapplus/T_Alopalus_Policy_instruments_Sweedish_climate_policy.pdf [23.11.2018]

³¹ <https://sweden.se/nature/7-examples-of-sustainability-in-sweden/> [23.11.2018]

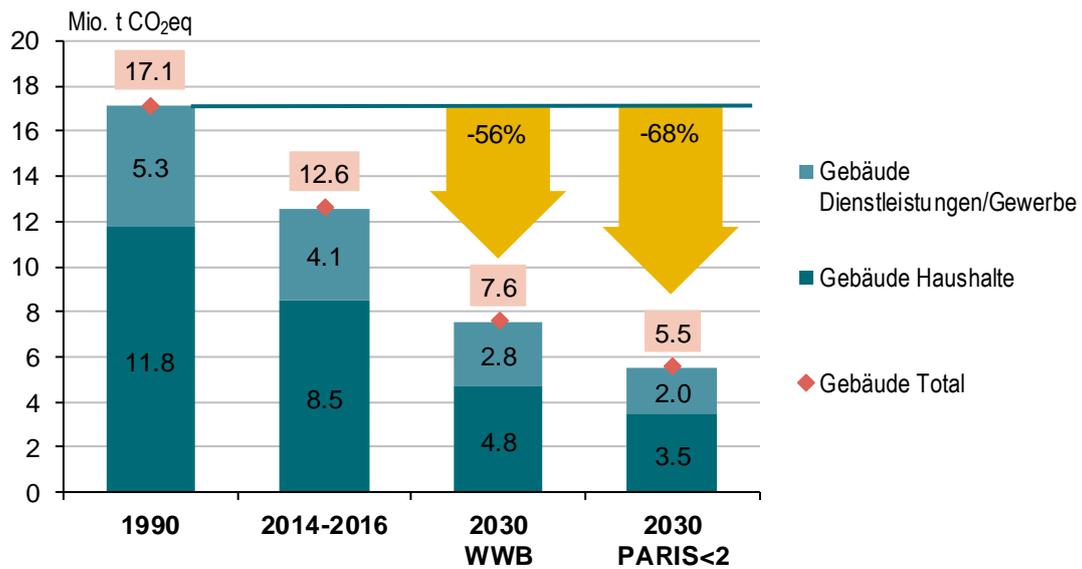
- Klimafreundlicher Energiemix, das heisst:
 - Tiefer Anteil von Öl und Gas im Energiemix für Wärmeerzeugung in Gebäuden
 - Hoher Anteil beim Gebäude gewonnene oder eingesetzte erneuerbare Energien (Solarthermie, Biomasse, Nutzung von Umweltwärme mit Wärmepumpen)
 - Hoher Anteil von Wärme- und Kältenetzen mit Abwärme aus Industrie und Abfallverwertung und erneuerbaren Quellen
 - Nutzung von Strom mit einem hohen erneuerbaren Anteil und hohem Wirkungsgrad (Wärmepumpen statt Direktheizungen)
- Suffizienz, das heisst tiefer Flächenbedarf pro Kopf

Die dargestellten Länder fokussieren in unterschiedlicher Weise auf diese Schlüsselfaktoren. Wegweisend sind die nordischen Länder, wobei auch diese noch jeweils unterschiedliche Potenziale für weitere Reduktionen aufweisen. Es zeigt sich auch, dass nationale Besonderheiten bzw. besondere Stärken bei der Energieversorgung im Gebäudebereich (Beispiele Schweden oder Dänemark) häufig auf länger zurückliegende Grundsatzentscheidungen und eine damit verbundene breite politische Akzeptanz zurückzuführen sind.

3.1.5 Fazit zum Gebäudebereich

Die gesamten schweizerischen THG-Emissionen aus dem Gebäudebereich sinken von 17.1 Mio. Tonnen im Jahr 1990 im Szenario WWB auf 7.55 Mio. Tonnen (Reduktion um 56%). Mit den Massnahmen des Szenarios PARIS<2 kann eine Absenkung auf 5.5 Mio. Tonnen oder eine Reduktion um 68 % erreicht werden.

Die gegenüber WWB etwas stärkere Dekarbonisierung der Bereitstellung von Heizwärme und Warmwasser in Gebäuden beruht im Szenario PARIS<2 vor allem auf einer konsequenten Umsetzung und Weiterentwicklung der MuKE, einer schrittweisen Erhöhung der CO₂-Abgabe auf über 200 Franken pro Tonne sowie weiteren Massnahmen, die primär die Rate energetischer Sanierungen erhöhen und den Ersatz der mit fossilen Brennstoffen betriebenen Heizungssysteme beschleunigen.



econcept (Daten BAFU, BFE, eigene Berechnungen)

Figur 11: Entwicklung der Treibhausgasemissionen von Gebäuden (Haushalte und Dienstleistungen/Gewerbe) für die Wärmeerzeugung in den Szenarien WWB und PARIS<2

Das Szenario PARIS<2 enthält im Gebäudebereich teilweise ambitionierte Elemente. Im europäischen Quervergleich ist dieses Szenario jedoch eher als Minimum zu betrachten, um nicht zum absoluten Spitzenreiter beim pro Kopf Ausstoss der gebäudeabhängigen Treibhausgase zu werden. Die Reduktionsrate des Szenarios PARIS<2 um 68 % bis 2030 gegenüber 1990 haben mehrere Länder bereits 2016 erreicht. Der internationale Vergleich zeigt auch die Schlüsselfaktoren zur Emissionsreduktion auf: Energieeffiziente Gebäude, konsequenter Ersatz von Öl und Gas durch Erneuerbare, Wärmenetze mit langfristig erneuerbaren Energieträgern und ein tiefer Flächenverbrauch pro Kopf.

3.2 Verkehr

Die Treibhausgase aus dem Verkehr liegen im Mittel der Jahre 2014-2016 bei 15.5 Mio. t CO₂eq, was knapp einem Drittel der gesamten schweizerischen Emissionen entspricht. Über 70 % der Verkehrsemissionen stammen von Personenwagen, 18 % vom Güterverkehr. Die nachstehend diskutierten Massnahmen und Wirkungen konzentrieren sich folglich auf die Entwicklung in diesen zwei Bereichen, die anderen Quellen (Motorräder, Bahnverkehr, Schifffahrt, inländischer Flugverkehr usw.) werden mit vereinfachten Abschätzungen behandelt. Der internationale Flug- und Schifffverkehr wird aufgrund der Systemgrenzen des Kyoto-Protokolls nicht berücksichtigt.

3.2.1 Annahmen zur Entwicklung der Treibhausgasemissionen des Verkehrs

Die zentralen Annahmen für die beiden Szenarien «Weiter Wie Bisher» (WWB) und «Paris unter 2 Grad» (PARIS<2) sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst. Dabei sind die (exogenen) Annahmen blau, davon abhängige Variablen gelb hinterlegt. Begründungen der Annahmen finden sich in den nachfolgenden Texten beziehungsweise in der erwähnten Literatur³².

Annahmen (exogen)	Abhängige Variablen	
Einflussfaktor	Weiter Wie Bisher (WWB)	Paris unter 2 Grad (PARIS<2)
Bevölkerungsentwicklung	Mittleres BFS-Szenario 2015 mit Anstieg der ständigen Wohnbevölkerung bis 2030 auf 9.5 Mio. Personen	
Personenkilometer pro Person und Jahr (alle Transportmittel ohne Fahrräder) (2016: 14'800 km)	Trendfortsetzung 2012-2016, das heisst jährliche Zunahme um 61 km auf 15'600 km (2030)	nach 2020 Stabilisierung auf dem Wert von 15'000 km (2030)
Modalsplit: Anteil Personenwagen (PW) an Personenverkehr (2016: 75 %)	Trendfortsetzung 2012-2016, das heisst Stagnation bei 75 % bis 2030	Ab 2020 jährliche Abnahme um 0.5 % (entspricht der mittleren Abnahme 2000-2007) auf 70 % bis 2030
mittlere Besetzung der Personenwagen (2016: 1.63 Personen)	Trendfortsetzung 2012-2016, das heisst geringe Abnahme auf 1.61 Personen (2030)	ab 2021 linearer Anstieg auf 1.70 Personen 2030 (+0.5 % pro Jahr 10 Jahren)
Fahrzeugkilometer PW (resultierend aus den genannten Annahmen) (2017: 59 Mia. km)	Anstieg auf 70 Mia. km bis 2030	Nach Anstieg wie WWB bis 2020 auf 61 Mia. km leichter Rückgang auf 59 Mia. km bis 2030
Motorisierungsgrad (2017: 0.54 PW/Person)	Trendfortsetzung 2013-2014, das heisst Zunahme auf 0.57 PW/Person (2030)	
Erneuerungsrate PW-Park (7.2 % 1991-1999; 6.1 % 2000-2009; 5.8 % 2010-2017)	6.0 % pro Jahr	Wie WWB, ab 2021 bei 7.0 % pro Jahr
Anteil Elektrofahrzeuge an Neuwagen (Hybriden mit 50 % angerechnet)	<u>Anteile Neuwagen 2020 / 2025 / 2030</u> 4.5 % / 10 % / 15 %	<u>Anteile Neuwagen 2020 / 2025 / 2030</u> 4.5 % / 40 % / 75 %
Anteil Elektrofahrzeuge in PW-Park = Anteil FzKm elektrisch	<u>Anteile FzKm 2020 / 2025 / 2030</u> 2.0 % / 5.5 % / 9.0 %	<u>Anteile FzKm 2020 / 2025 / 2030</u> 2.0 % / 11 % / 33 %

³² Insbesondere: ARE (2016a): Perspektiven des Schweizerischen Personen- und Güterverkehrs bis 2040, Hautbericht; ARE (2016b): Perspektiven des Schweizerischen Personen- und Güterverkehrs bis 2040, Technischer Bericht

Einflussfaktor	Weiter Wie Bisher (WWB)	Paris unter 2 Grad (PARIS<2)
Anteil FzKm mit erneuerbaren Treibstoffen in Verbrennungsmotoren (CO ₂ -Ausstoss bei 50 %)	<u>Anteile FzKm 2020 / 2025 / 2030</u> 1.2 % / 1.4 % / 1.5 %	<u>Anteile FzKm 2020 / 2025 / 2030</u> 1.2 % / 3.1 % / 5.0 %
CO ₂ -Ausstoss <u>Neuwagen</u> mit fossilen Treibstoffen (g/km)	<u>2017 / 2020 / 2025 / 2030</u> 152 / 140 / 121 / 105	<u>2017 / 2020 / 2025 / 2030</u> 152 / 140 / 108 / 84
CO ₂ -Ausstoss <u>wegfallende PW</u> mit fossilen Treibstoffen (g/km)	<u>2017 / 2020 / 2025 / 2030</u> 198 / 176 / 151 / 140	<u>2017 / 2020 / 2025 / 2030</u> 198 / 176 / 176 / 151
CO ₂ -Ausstoss <u>alle PW</u> mit fossilen Treibstoffen (g/km)	<u>2017 / 2020 / 2025 / 2030</u> 196 / 185 / 174 / 161	<u>2017 / 2020 / 2025 / 2030</u> 196 / 185 / 162 / 145
CO ₂ -Ausstoss <u>Alle PW</u> (g/km)	<u>2017 / 2020 / 2025 / 2030</u> 192 / 180 / 162 / 145	<u>2017 / 2020 / 2025 / 2030</u> 192 / 180 / 140 / 92

Tabelle 3: Annahmen zur Entwicklung der Kennzahlen des Verkehrs in den Szenarien WWB und PARIS<2; Bei den Emissionen pro km handelt es sich um top down kalibrierte reale Werte (Emissionen gemäss Treibhausgasinventar BAFU/Fahrzeugkilometer BFS, unabhängig von den auf Prüfzyklen beruhenden Zulassungswerten).

3.2.2 Vergleich der Szenarien für Treibhausgasemissionen des Verkehrs

Anschliessend werden einerseits die Treibhausgasemissionen des Personenverkehrs ex Post bis 2016 untersucht und andererseits die Szenarien WWB und PARIS>2 bis 2030 verglichen. Die Emissionen des Güterverkehrs sind ab Seite 31 behandelt.

Personenverkehr mit Fokus 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:

A: Bevölkerung * Personenkilometer/Person und Jahr = Personenkilometer

B: Personenkilometer * Modalsplit PW = Personenkilometer Personenwagen (PW)

C: Personenkilometer PW / mittlere Besetzung = Fahrzeugkilometer PW

Emissionen aus Transportleistung:

D: Fahrzeugkilometer PW * CO₂eq / Fahrzeugkilometer PW = THG-Emissionen PW

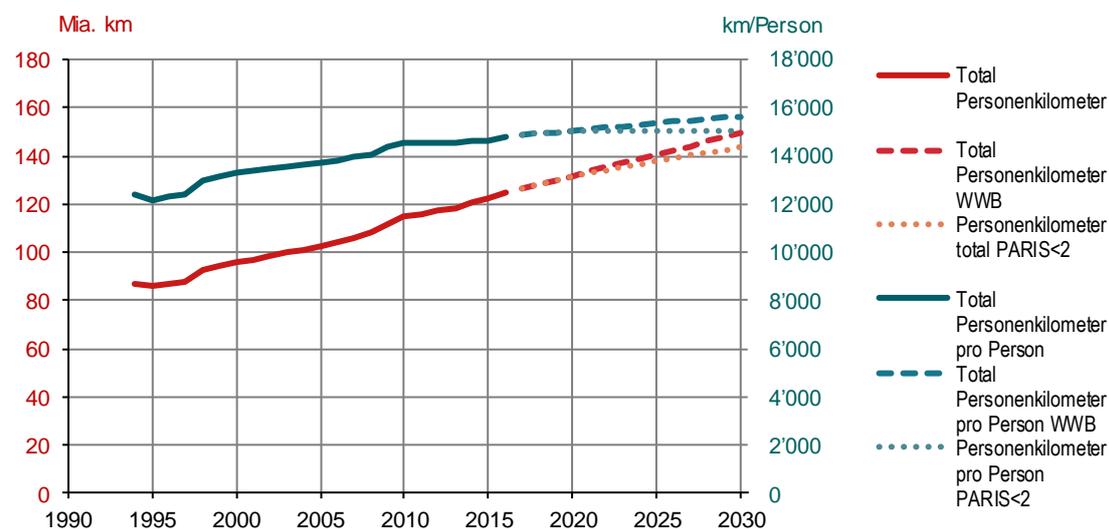
Die Schlüsselgrössen A bis D werden in den folgenden Abschnitten für die beiden Szenarien analysiert.

A: Personenkilometer

Die gesamte Verkehrsleistung über alle Verkehrsmittel weist seit Mitte der 1990er Jahre eine Zunahme von rund 85 Mia. km auf 125 Mia. km Personenkilometer im Jahr 2016 auf³³. Bezogen auf eine Person entspricht dies einem kontinuierlichen Anstieg von 12'000 km auf 14'800 km pro Person (Figur 12).

Im Szenario WWB wird für die Personenkilometer pro Person, der Trend der letzten fünf Jahre 2012-2016 linear fortgesetzt, was zu einer weiteren Zunahme auf 15'600 km führt. Aufgrund der Bevölkerungsentwicklung gemäss BFS-Szenario steigt die gesamte Verkehrsleistung bis 2030 auf 150 Mia. Personenkilometer³⁴.

Das Szenario PARIS<2 geht nach 2020 von einer Stabilisierung der Personenkilometer pro Person bei 15'000 km pro Person und Jahr aus. Bei steigender Bevölkerung ergibt sich damit ein gegenüber WWB geringerer Anstieg der gesamten Verkehrsleistung auf 144 Mia. Personenkilometern im Jahr 2030³⁵.



econcept, eigene Berechnungen und Annahmen (Daten BAFU/BFS)

Figur 12: Entwicklung der gesamten Verkehrsleistung in Personenkilometer (ohne Langsamverkehr) 1994 bis 2016 und in den Szenarien WWB und PARIS<2

B: Personenkilometer Personenwagen (PW) und C: Fahrzeugkilometer (FzKm PW)

Aufgrund des Modalsplit und der mittleren Besetzung der Personenwagen (PW) ergeben sich die Fahrzeugkilometer für PW. Die entsprechenden Vergangenheitswerte und Annahmen der Szenarien bis 2030 sind in Figur 13 illustriert:

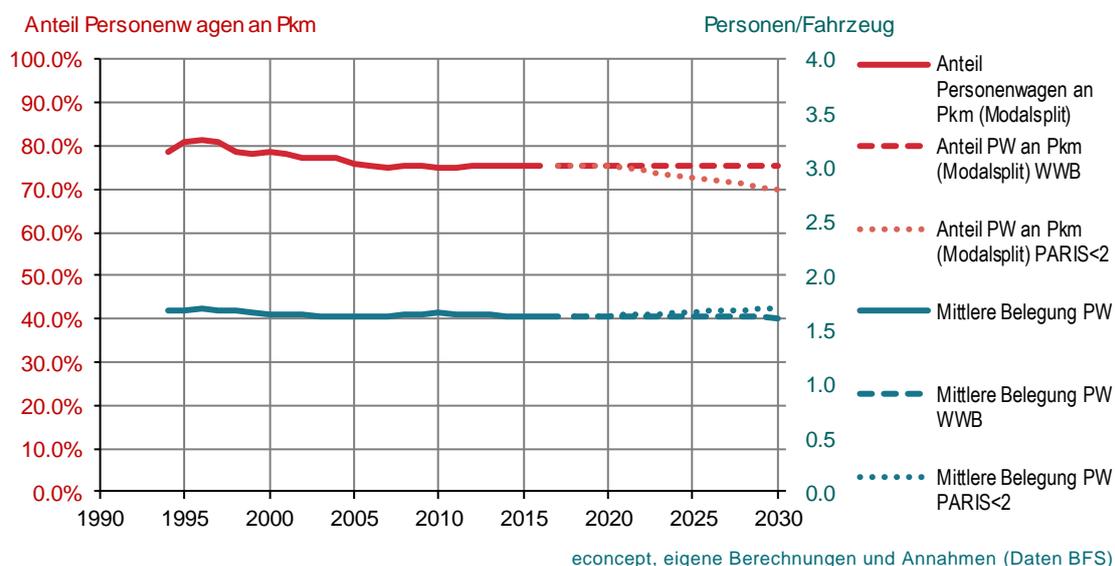
³³ Personenkilometer ohne Langsamverkehr gemäss BFS: <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/personenverkehr/leistungen.html> [23.11.2018]

³⁴ Gegenüber 2010 steigen die Personenkilometer im Szenario WWB bis 2030 um 30%. Dies ist gegenüber ARE (2016b) mit 20 % eine stärkere Zunahme. ARE (2016b) geht unter anderem von einem sinkenden MIV-Anteil um 2.7 Prozentpunkte zwischen 2010 und 2020 aus. Die effektive Entwicklung bis 2016 weist jedoch keinen Rückgang auf, was im Szenario WWB übernommen wird.

³⁵ Der Unterschied der gesamten Verkehrsleistung 2030 liegt bei PARIS<2 um 3.9 % tiefer als bei WWB; Der Unterschied der ARE-Szenarien REFERENZ und BALANCE liegt bei 3.1 %.

Der Modalsplit-Anteil der Personenwagen sinkt von über 80 % Mitte der 1990er Jahre bis 2016 auf rund 75 %. Im *Szenario WWB* wird die Stagnation der letzten Jahre bis 2030 fortgesetzt, für das *Szenario PARIS<2* ab 2020 eine verstärkte Reduktion auf 70 % bis 2030 angenommen. Diese Abnahmerate von 0.5 % pro Jahr ist insofern realistisch, als sie bereits im Mittel der Jahre 2000 bis 2007 erreicht wurde.

Die mittlere Besetzung der Personenwagen liegt seit 2000 relativ konstant bei 1.63 Personen, nur Mitte der 1990er Jahre wurden Werte von 1.70 Personen erreicht³⁶. Im *Szenario WWB* wird die leichte Abnahme der letzten 5 Jahre fortgeschrieben, was im Jahre 2030 zu einer mittleren Belegung von 1.61 Personen pro Personenwagen führt. Das *Szenario PARIS<2* geht ab 2021 von einem linearen Anstieg auf 1.70 Personen aus (+ 5 %)³⁷.



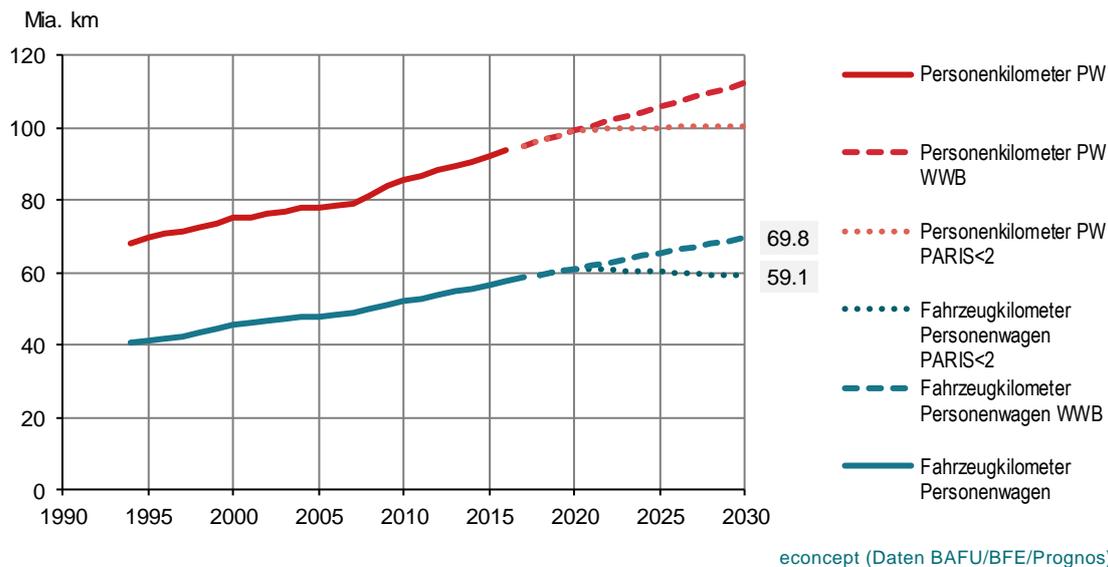
Figur 13: Entwicklung des Anteils Personenwagen an der gesamten Verkehrsleistung und der mittleren Belegung pro Fahrzeug 1994 bis 2016 und in den Szenarien WWB und PARIS<2

Aus der gesamten Nachfrage im Personenverkehr und dem Modalsplit-Anteil der Personenwagen leitet sich die Gesamtzahl der Personenkilometer PW ab (Figur 14). Zusammen mit der mittleren Belegung der Fahrzeuge ergeben sich daraus die Fahrzeugkilometer der Personenwagen. Diese erreichen im *Szenario WWB* knapp 70 Mia. km, gemäss *Szenario PARIS<2* liegt der Wert mit 59 Mia. km um 15 % tiefer. Diese deutliche Reduktion kommt gegenüber dem Szenario WWB durch die verschiedenen Nachfrage-seitigen Effekte zustande: der stabilen Verkehrsnachfrage pro Person, dem tieferen Modalsplit-Anteil der Personenwagen sowie der höheren Belegung pro Fahrzeug³⁸.

³⁶ Dabei handelt es sich um Vergangenheitswerte, die aus der Division von Personenkilometern durch Fahrzeugkilometer abgeleitet wurden. Sie entsprechen in der ARE-Perspektiven dem durchschnittlichen täglichen Verkehr (DTV), nicht zu verwechseln mit den tieferen Werten für den durchschnittlichen Werktag (DWV); ARE (2016b, S. 87)

³⁷ Diese Zunahme ist höher als die Annahme gemäss ARE (2016b, S. 89) mit einer Steigerung der Besetzung von 1.68 Personen auf 1.73 Personen pro Fahrzeug im Szenario BALANCE. Die qualitative Begründung in ARE (2016b, S. 129) kann auch für die höhere Zunahme im Szenario PARIS<2 herangezogen werden: «Die relative Verteuerung des MIV und die gleichzeitig starke Verbreitung und Akzeptanz von Sharing-Systemen führen durchgängig zu höheren Besetzungsgraden».

³⁸ In den ARE-Perspektiven fällt die Differenz der MIV-Fahrzeugkilometer zwischen den Szenarien REFERENZ und BALANCE mit 8 % geringer aus. Dies hängt unter anderem mit aus Umweltperspektive optimistischeren Annahmen in der REFERENZ zusammen (verlangsamtes Wachstum der Verkehrsleistungen pro Person und deutliche Senkung des MIV -



Figur 14: Entwicklung der Fahrzeugkilometer für Personenwagen und in den Szenarien WWB und PARIS<2

D: CO₂eq / Fahrzeugkilometer PW

Für die Treibhausgasemissionen von Personenwagen ist zusätzlich zur Gesamtleistung (Fahrzeugkilometer) massgebend, mit welchen Antrieben und damit verbundenen Emissionen diese Verkehrsleistung erbracht wird. Abgeleitet aus den Vergangenheitsdaten und für die Modellierung der Szenarien bis 2030 werden 3 Antriebsformen unterschieden: Voll-elektrische Fahrzeuge mit Null Emissionen (die Emissionen der Stromproduktion werden nicht dem Verkehr angerechnet), Verbrennungsmotoren mit erneuerbaren Treibstoffen (mit einem Drittel der Emissionen fossiler Treibstoffe³⁹) und Verbrennungsmotoren mit fossilen Treibstoffen.

Für den spezifischen Treibhausgas-Ausstoss (g CO₂eq/FzKm) der Personenwagen mit fossilen Treibstoffen zeigt die Entwicklung seit 1994 aufgrund verbesserter Technologien eine kontinuierliche Absenkung von über 250 g pro Kilometer auf unter 200 g im Jahr 2016. Diese Werte und alle folgenden Annahmen und Ergebnisse pro km sind aus dem Treibhausgasinventar (BAFU) und den Fahrzeugkilometern (BFS) abgeleitet⁴⁰. Aufgrund der geringen Bedeutung werden für diesen vergangenen Zeitraum die Effekte der elektrisch oder mit erneuerbaren Treibstoffen zurückgelegten Strecken vernachlässigt.

Im Szenario WWB wird angelehnt an die Energieperspektiven des Bundes für das Jahr 2030 angenommen, dass 9 % der Fahrleistung (PW) elektrisch erbracht und 1.5 % der Verbrennungsmotoren mit erneuerbaren Treibstoffen betrieben werden⁴¹. Bei den fossil

Anteils am Modalsplit (ARE 2016b). Die relative Zunahme der Fahrzeugkilometer 2030 gegenüber 2010 ist beim ARE-Szenario BALANCE mit 4 % geringer als im hier verwendeten Szenario PARIS<2 mit einer Zunahme von 14 %

³⁹ Aufgrund der Auflagen für die Herstellung von Biotreibstoffen (die heute den Hauptteil der erneuerbaren Treibstoffe ausmachen), kann von einer Begrenzung der mit der Produktion verbundenen Emissionen auf deutlich unter 50 % der Emissionen fossiler Treibstoffe ausgegangen werden.

⁴⁰ Die BFE-Daten zur Entwicklung der mittleren Emissionen pro Fahrzeugkilometer, die von den Typenprüfungen der importierten Fahrzeuge ausgehen, sind erheblich tiefer. Vgl. dazu auch Anhang A-4

⁴¹ BFE/Prognos 2012; Tab 7-38, S. 307 sowie Tab 7-42, S. 312: die 6% gemäss BFE/Prognos werden aufgrund der effektiv höheren Werte bis 2017 auf 9% angehoben. Dieser Anteil kann erreicht werden, wenn bis 2030 der Anteil Elektrofahrzeuge an den Neuwagen auf 15 % steigt.

betriebenen Neuwagen führt das *Szenario WWB* die Trendfortsetzung der Jahre 2012-2016 mit einer jährlichen Reduktion um 2.8 g pro Kilometer bis 2030 zu einem Rückgang auf 161 g pro Kilometer bei den fossil betriebenen Verbrennungsmotoren. Zusammen mit den oben erwähnten Anteilen elektrisch und mit erneuerbaren Treibstoffen gefahrener Kilometer ergibt sich ein Flottendurchschnitt von 145 g pro Kilometer im Jahr 2030.

Im *Szenario PARIS<2* wird für das Jahr 2030 angenommen, dass 33 % der Fahrleistung (PW) elektrisch erbracht und 5.0 % der Verbrennungsmotoren mit erneuerbaren Treibstoffen betrieben werden⁴². Der Anteil Elektrofahrzeuge bis 2030 kann erreicht werden, wenn bis 2030 deren Anteil an den Neuwagen auf 70 % steigt (35 % im Jahr 2025)⁴³. Dies ist aus technischer Sicht, unter Berücksichtigung der Erneuerungsraten für Fahrzeuge, ambitioniert, aber machbar (siehe auch internationale Vergleiche unten). Zurzeit erarbeitet das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) gemeinsam mit Branchenvertretern eine Roadmap zur Förderung der Elektromobilität⁴⁴. Diese soll das Ziel verfolgen, den Anteil der Elektrofahrzeuge an den Neuzulassungen bis 2022 auf 15 Prozent zu erhöhen.⁴⁵ Im Vergleich dazu wird im Szenario PARIS<2 per 2022 ein Anteil von knapp 17 % (inkl. Hybridfahrzeuge zur Hälfte angerechnet) angenommen.

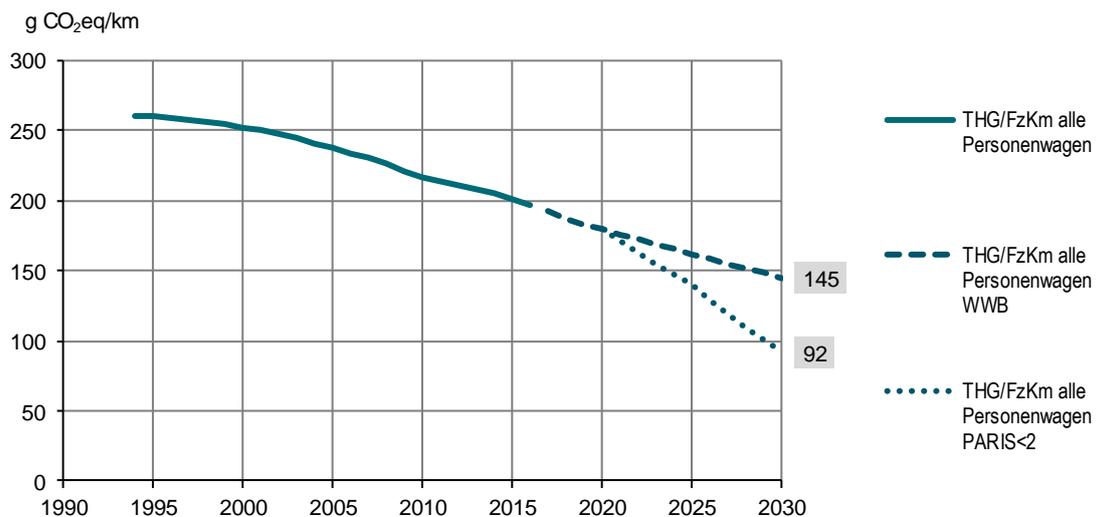
Für die Verbrennungsmotoren geht das *Szenario PARIS<2* aufgrund von drei Effekten von einem schnelleren Rückgang der spezifischen Emissionen aus. Erstens werden ältere Fahrzeuge schneller ersetzt (7 % statt 6 % pro Jahr), zweitens entfallen bei den Neuwagen höhere Anteile auf die besten Effizienzklassen und drittens sind die ausgemusterten Fahrzeuge in höherem Masse ineffiziente Fahrzeuge mit überdurchschnittlichem CO₂-Ausstoss. Zusammen mit den oben erwähnten Anteilen elektrisch und mit erneuerbaren Treibstoffen gefahrener Kilometer ergibt sich ein Flottendurchschnitt von 92 g pro Kilometer im Jahr 2030.

⁴² Der Anteil von 33 % Elektrofahrzeuge an der Gesamtflotte 2030 (und damit der elektrisch gefahrenen Fahrzeugkilometer) kann erreicht werden, wenn bis 2030 der Anteil Elektrofahrzeuge an den Neuwagen auf 70 % steigt (35 % im Jahr 2025). Diese Zielwerte können im Vergleich zum Anteil von Elektro- und Hybridfahrzeugen in Norwegen von 35% (Neuzulassungen 2017) und der geplanten Roadmap des UVEK als machbar bezeichnet werden. Ein höherer Anteil wäre bis 2030 erreichbar, wenn die Quote bei den Neuwagen schneller steigt und/oder die Ersatzrate des bestehenden Fahrzeugparks zunimmt. Vgl. dazu Anhang S. 49f

⁴³ Die Hybrid-Fahrzeuge sind dabei mit 50% angerechnet.

⁴⁴ <https://www.uvek.admin.ch/uvek/de/home/uvek/medien/medienmitteilungen.msg-id-70904.html?platform=hootsuite> [23.11.2018]

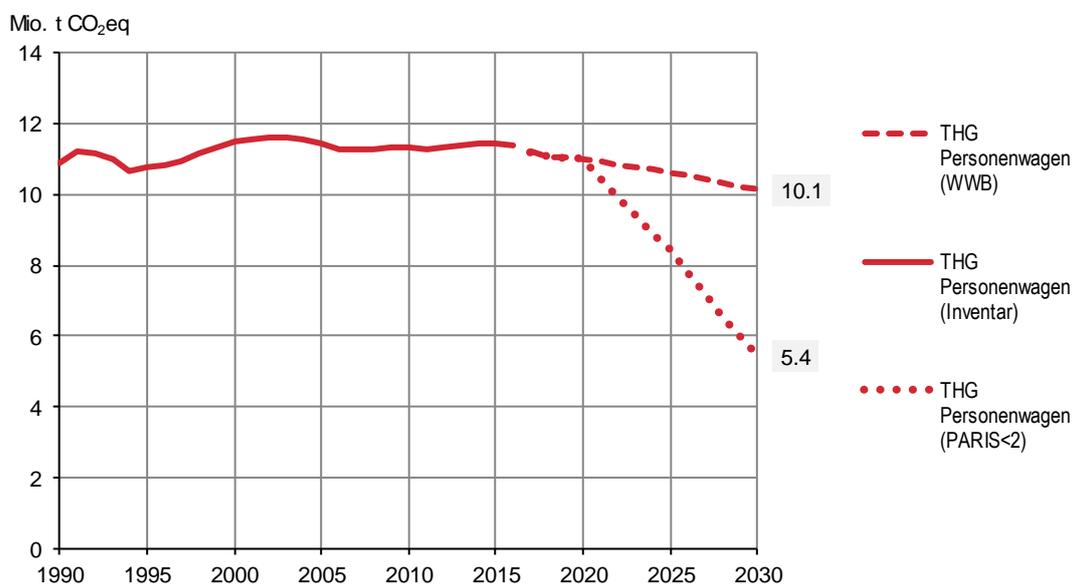
⁴⁵ Es wird angenommen, dass diese Zahl keine Hybridfahrzeuge enthält.



econcept (Daten BAFU/BFS)

Figur 15: Entwicklung der spezifischen Treibhausgasemissionen der Personenwagen pro Fahrzeugkilometer 1990 bis 2016 und Szenarien WWB und PARIS<2

Aus den im Szenario PARIS>2 gegenüber WWB um 15 % tieferen Fahrzeugkilometern von Personenwagen (Figur 14) und den um 37 % tieferen, mittleren Emissionen pro km (Figur 15) ergeben sich im Vergleich zum Szenario WWB in der Summe nahezu halbierte (-46 %) Emissionen von noch 5.4 statt 10.1 Mio. t CO₂eq.



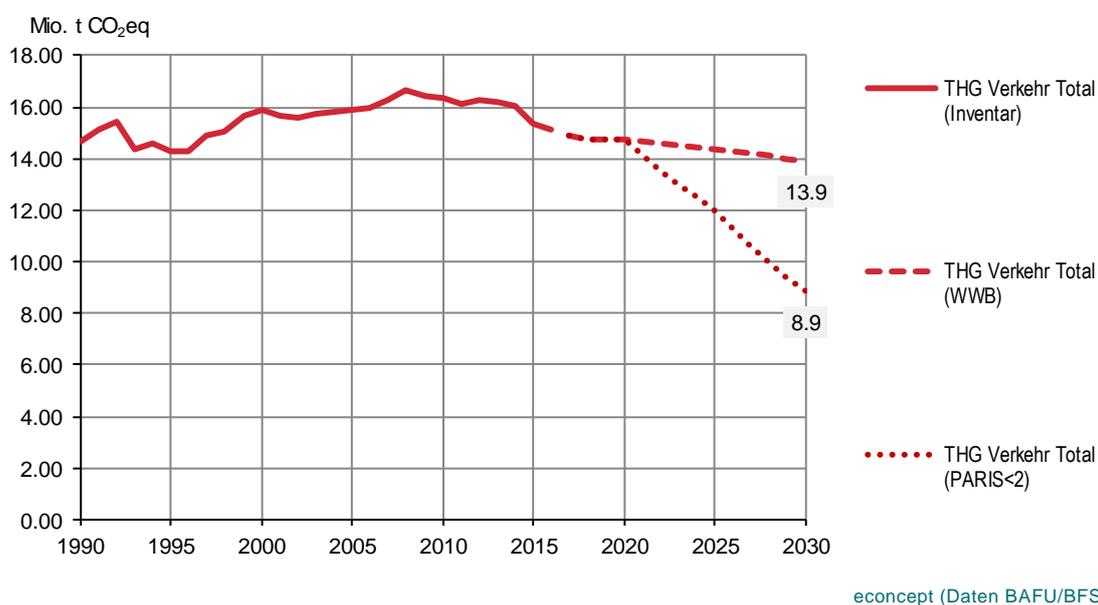
econcept (Daten BAFU/BFS)

Figur 16: Entwicklung der Treibhausgasemissionen (THG) der Personenwagen 1990 bis 2016 und Szenarien WWB und PARIS<2;
 Inventar: Treibhausgasinventar BAFU

Zusammenfassung der Emissionen aus Personenverkehr und Güterverkehr

Die Treibhausgasemissionen des Verkehrs insgesamt sinken im Szenario WWB von rund 15 Mio. t CO₂eq in den Jahren 2015 bis 2016 auf 14 Mio. t CO₂eq im Jahr 2030. Dieser Rückgang im Szenario WWB ist insofern plausibel, als er im Vergleich zu den Verkehrsszenarien von Infrac (2017) in derselben Grössenordnung wie im sogenannten «Alternativszenario (S1)» liegt⁴⁶. Während die Emissionen aus dem Güterverkehr auf der Strasse leicht steigen und die übrigen Emissionen stabil bleiben, kommt die Reduktion durch die Entwicklungen bei den Personenwagen zu Stande.

Im Szenario PARIS<2 wird eine stärkere Absenkung auf rund 9 Mio. t erreicht. Dies sind 36 % weniger als im Szenario WWB.



Figur 18: Entwicklung der Treibhausgasemissionen des Verkehrs: Inventar BAFU bis 2016, Szenarien WWB und PARIS<2 ab 2017

⁴⁶ Im Alternativszenario (S1) (INFRAS 2017, S. 37) werden im Vergleich zum Hauptszenario (EES 2020+) die CO₂-Zielwerte für PW nach 2025 nicht weiter verschärft, die Elektromobilitätsanteile nach 2025 nehmen damit weniger stark zu.

3.2.3 Massnahmenmix Verkehr

Um die Reduktionen gemäss Szenario PARIS<2 zu realisieren, sind die einleitend auf der Wirkungsebene genannten Veränderungen zu erzielen (vgl. Tabelle 3). Dies kann mit folgendem Massnahmen-Mix geschehen:

Massnahme	Beschreibung
Import- bzw. Zulassungsvorschriften	<ul style="list-style-type: none"> – Der CO₂-Zielwert für neue Personenwagen (Flottendurchschnitt über alle Antriebsformen) wird von aktuell 130 g/km CO₂-Ausstoss auf 95 g/km ab 2020 gesenkt. Weitere Absenkungen werden mindestens von der EU ohne zeitliche Verzögerung übernommen oder orientieren sich an den ambitioniertesten EU-Ländern (Anpassungen erfolgen bei leichten Nutzfahrzeugen analog). – Die Zielwerte für Neuwagen werden mit einer Übergangsfrist von den theoretischen Werten aus der Typenprüfung auf die effektiven Emissionen angepasst. – Anstelle der aktuellen Vorgaben für den Durchschnitt aller Neuwagen (inkl. Hybrid- und batterieelektrische Fahrzeuge etc.) ist zu prüfen, ob separate Bestimmungen für Neuwagen mit Verbrennungsmotoren zielführender sind.
Emissionsvorschriften für Bestandesfahrzeuge	<ul style="list-style-type: none"> – Für den Fahrzeuersatz werden Anreize gesetzt, damit <ul style="list-style-type: none"> – mit höherer Priorität Fahrzeuge mit sehr hohen CO₂-Emissionen aus dem Verkehr gezogen werden, – bei mehreren verfügbaren Fahrzeugen für eine bestimmte Fahrt bevorzugt die emissionsärmeren eingesetzt werden (leichtere, kleinere, jüngere, elektrische).
Steuern	<ul style="list-style-type: none"> – Kantonale Motorfahrzeugsteuern werden harmonisiert, konsequent verbrauchsabhängig ausgestaltet und leichte Fahrzeuge bevorzugt. – Fehlanreize aus der Sicht des Klimaschutzes werden konsequent abgeschafft (z.B. Steuerabzug für Pendler).
Reduktion der Fahrzeugkilometer	<ul style="list-style-type: none"> – Besetzungsgrade der Fahrzeuge erhöhen durch Unterstützung (Anschubfinanzierung) von Mitfahrzentralen, Haltestellen, Sicherheitskonzept für gemeinsame Fahrten, bevorzugte Behandlung höher belegter Fahrzeuge für den Zugang zu Kernzonen usw. – Förderung von Home-office oder Co-Working Spaces (Smart Work) zur Reduktion der Pendlerdistanzen
E-Mobilität	<ul style="list-style-type: none"> – Nationale Zielvorgabe für 35 % Elektro-Anteil an Fahrzeugkilometern per 2030 und Massnahmenpaket mit Orientierung an internationalen best practices, z.B. durch <ul style="list-style-type: none"> – staatlichen Anschub für den Aufbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur mit Fokus auf Koordination und Normierung; zudem Schwerpunkt der Förderung von Home Charging im Mietwohnungsbereich – befristete Gewährung steuerliche Vorteile, Bevorzugung bei Parkierung oder Benutzung von Busspuren
Erneuerbare Treibstoffe	<ul style="list-style-type: none"> – Der Anteil alternativer, erneuerbarer Treibstoffe (Biotreibstoffe oder synthetische) wird durch Beimischungspflicht, im Rahmen von Kompensationsprojekten oder durch Verknüpfung mit den Importvorschriften von Neuwagen erhöht.
Mobility Pricing	<p>Ausgestaltung im Bereich Personenwagen könnte analog zur LSVA im Güterverkehr als «Leistungsabhängige Verkehrsabgabe Personenwagen (LVPW)» erfolgen.</p> <p>Ein umfassendes Mobility Pricing kann folgende Elemente berücksichtigen bzw. Ziele verfolgen:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Kostenwahrheit im Verkehr herstellen und damit CO₂-arme Fahrten bevorzugen (insgesamt dämpfende Wirkung auf Mobilitätswachstum). Eine unterstützende CO₂-Abgabe auf Treibstoffen ist für eine Einführungsphase und zur Unterstützung einer klimafreundlichen Fahrzeugwahl zu prüfen. – Priorisierung bei der Verkehrsmittelwahl aufgrund Umweltwirkungen und Infrastrukturkosten bewirken: Langsamverkehr > ÖV > MIV mit geringer Umweltbelastung > MIV mit hoher Umweltbelastung – Verursachergerechte Finanzierung der Verkehrsinfrastruktur (auch bei Rückgang der Einnahmen aus Mineralölsteuer und anderen Zuschlägen auf Treibstoffen.) – Optimierte Engpassbewirtschaftung und damit Vermeidung von Investitionen in Kapazitätsausweitungen (MIV und ÖV)

Massnahme	Beschreibung
Wettbewerbliche Ausschreibungen	– 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. Ein Fokus soll auf der CO ₂ -armen Mobilität liegen.
Raumplanung	– Kürzere Wege durch eine entsprechende Fokussierung der langfristigen Entwicklung der räumlichen Strukturen für Arbeiten, Wohnen, Freizeit, Einkauf, Bildung
ÖV und Langsamverkehr	– Förderung/Attraktivierung von ÖV und Langsamverkehr mit Beeinflussung des Modalsplit zur Reduktion der Fahrzeugkilometer von Personenwagen
Mobility Sharing	– Schaffung optimaler Rahmenbedingungen für Mobility Sharing (Sharing Flotten zeichnen sich durch hohe km/Fahrzeug und Jahr und damit schnelleren Fahrzeuersatz aus und liegen bezüglich CO ₂ /km deutlich unter dem CH-Flottenmix)
Beratung und Sensibilisierung	– EnergieSchweiz: u.a. Weiterführung und verstärkte Promotion der Energieetikette, allgemeine Informations- und Sensibilisierungskampagnen etc.
Angewandte Forschung/Pilotprojekte	– Abbau der wichtigsten Hemmnisse für eine breite Marktdurchdringung CO ₂ -armer Technologien im Verkehr, z.B. in SCCER, KTI/Innosuisse, Ressortforschung und mit Pilotprojekten

Tabelle 4: Massnahmenmix im Verkehrsbereich für das Szenario PARIS<2

Kriterien zur Gestaltung eines optimalen Massnahmenmix' im Verkehrsbereich

Analog zu den Ausführungen beim Gebäudebereich (Kapitel 3.1.3) lassen sich die vorgeschlagenen Massnahmen in marktwirtschaftliche Regulierungen (wie die Mineralölsteuer oder ein Mobility-Pricing) und andere, nicht marktwirtschaftliche Massnahmen einteilen. Ein wirksames Massnahmenpaket kann grundsätzlich auf unterschiedlichen Gewichtungen dieser beiden Ansätze beruhen. So könnte für die Zielerreichung von 35 % CO₂-freien Fahrten im Jahr 2030 einerseits auf eine starke, direkte die Förderung der Elektromobilität mit Fahrzeug- oder Infrastruktur-Subventionen, Abwrackprämien oder steuerlichen Privilegien gesetzt werden. Andererseits kann das Ziel auch innerhalb des heutigen Systems mit strengen CO₂-Vorgaben für Neuwagen und allenfalls ergänzt mit einer marktwirtschaftlichen Lenkung durch ein entsprechendes ausgestaltetes Mobility Pricing erreicht werden. Zwischen den verschiedenen Ansätzen besteht eine gewisse Flexibilität, das heisst, auch bei gegebenem Ziel besteht ein gewisser politischer Handlungsspielraum.

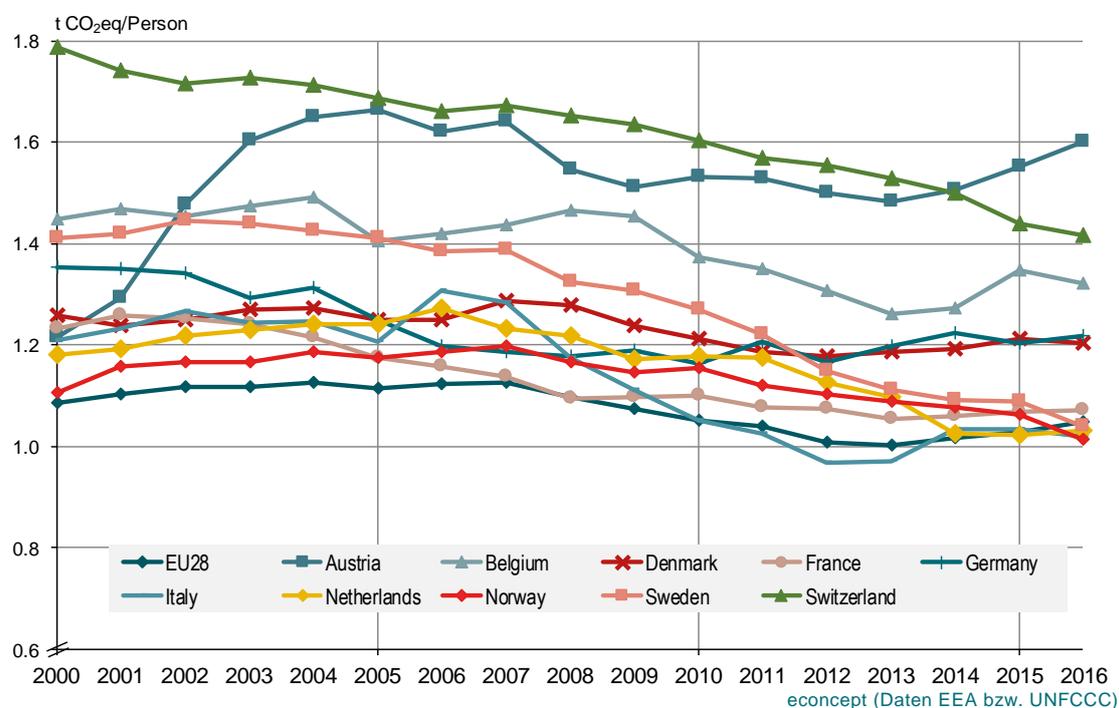
Ein wichtiger Faktor für die erfolgreiche Reduktion der Treibhausgasemissionen des Verkehrs wird auch darin liegen, wie bei einer gegebenen Zusammensetzung des Fahrzeugparks für eine einzelne Fahrt die Wahl des Fahrzeuges ausfällt. Bei weiterhin steigendem Motorisierungsgrad (Fahrzeuge/Person), immer mehr Haushalten mit mehreren Fahrzeugen und abnehmenden Kilometern pro Fahrzeug und Jahr ist es entscheidend, ob beispielsweise für die tägliche Pendlerfahrt das «Erstfahrzeug» mit 180 g CO₂/km oder das kleinere «Zweitfahrzeug» mit unter 100 g/km (oder Null bei batterieelektrischen Fahrzeugen) gewählt wird.

3.2.4 Internationale Vergleiche zu den Treibhausgasemissionen des Verkehrs

Die schweizerischen Treibhausgasemissionen des gesamten Verkehrs liegen 2016 höher als 1990, obwohl sie den letzten Jahren geringfügig gesunken sind (vgl. Figur 18).

Für eine internationale Einordnung dieser Entwicklung werden wie bereits bei den Emissionen der Gebäude in Kapitel 3.1.4 die vier Nachbarländer, Belgien und die Niederlande sowie die nordeuropäischen Länder Dänemark, Norwegen und Schweden herangezogen⁴⁷.

Die Analyse beschränkt sich auf die Emissionen der Personenwagen, um die strukturellen Einflüsse der unterschiedlichen Anteile des Güterverkehrs auszuschliessen. Zudem werden die Emissionen auf die Bevölkerung bezogen (pro Person).



Figur 19: Treibhausgasemissionen von Personenwagen («Cars») pro Kopf 2000 bis 2016

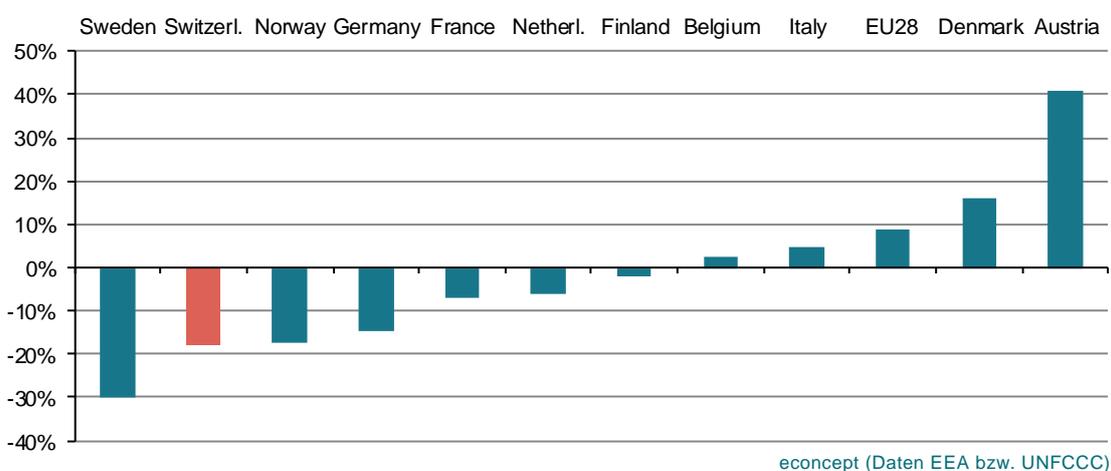
Der Vergleich in Figur 19 zeigt folgende Sachverhalte:

- Die Schweiz gehört seit 1990 mit Österreich und Belgien zu den Ländern mit den höchsten pro Kopf Emissionen von Personenwagen.
- Der Mittelwert der EU28 liegt immer unter 1.3 t - in der Darstellung werden vorwiegend wohlhabendere Länder mit überdurchschnittlichen Emissionen dargestellt. Die Süd- und osteuropäischen Länder weisen alle relativ tiefe Emissionen auf.

⁴⁷ Daten: Europäische Umweltagentur bzw. die nationalen Treibhausgasinventare abgestützt, wie sie der UNFCCC gemeldet werden. <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer> [14.11.2018] bzw. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)

Die Illustration beschränkt sich aus Gründen der Übersichtlichkeit auf die Periode ab 2000 und die Werte für Finnland von permanent über 1.8 t wurden weggelassen. Zu beachten ist zudem die gekürzte Darstellung der y-Achse.

- Die Emissionen pro Kopf gehen in der Schweiz aufgrund des Bevölkerungswachstums kontinuierlich zurück. Dies im Gegensatz zu den Gesamtemissionen des Personenwagenverkehrs, die 2016 höher liegen als 1990 (vgl. Figur 16).
- Norwegen wies bereits 2000 relativ tiefe pro Kopf Emissionen auf, lag 2005 bis 2010 im unteren Mittelfeld und hat 2016 den Spitzenplatz übernommen.
- Schweden weist den grössten Rückgang pro Kopf in Prozent aus (vgl. Grafik unten)
- Zahlreiche Länder liegen in den letzten Jahren einem engen Bereich zwischen 1.0 und 1.1. Tonnen pro Kopf.



Figur 20: Reduktion der Treibhausgasemissionen von Personenwagen pro Kopf zwischen 1990 und 2016
UNFCCC-Kategorie «Cars»

Die relative Reduktion der THG-Emissionen pro Kopf liegt im betrachteten Zeitraum in der Schweiz bei 18 % und damit in der Grössenordnung von Norwegen und Deutschland. Schweden weist einen deutlich stärkeren Rückgang um 30 % auf.

Die Regulierungen im Verkehrsbereich zählt zu den wichtigsten Klimaschutzmassnahmen auf EU-Ebene⁴⁸, z.B. durch die Reduktion des Flottendurchschnitts von Neuwagen (PW) von heute 130 g auf 95 g ab 2021. Grundsätzlich sind jedoch die EU-Mitgliedländer für die Reduktionen in den nicht EHS-Sektoren, zu denen der Verkehr zählt, zuständig. Dazu gehören Massnahmen zur Reduktion der Verkehrsnachfrage oder die Ablösung fossiler Treibstoffe.

Exkurs Norwegen

Bis 2050 will die norwegische Regierung den gesamten Verkehr im Land ohne Einsatz von Erdöl gestalten. Norwegen fördert unter anderem die Elektromobilität sehr stark und ist deshalb zurzeit führend beim Anteil der Elektrofahrzeuge.

⁴⁸ https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars_en [21.11.2018]

- Der nationale Transportplan sieht vor, dass ab 2025 nur noch Fahrzeuge mit Elektroantrieb zugelassen sind⁴⁹. Ausgenommen sollen davon nur schwere Nutzfahrzeuge und Spezialfahrzeuge sein. Ziel ist es, die CO₂-Emissionen des norwegischen Transportsektors dadurch bis 2030 zu halbieren.
- Der Anteil an neu zugelassenen Elektro- und Hybrid-Autos lag 2017 bereits bei 35 % und in der Hauptstadt sogar bei 40 %⁵⁰. Der Anteil der rein elektrisch betriebenen neuen Fahrzeuge (ohne Hybriden) lag bei rund 21 %⁵¹. In vier Jahren (2013 bis 2017) stieg der Marktanteil elektrischer Neuwagen (Batteriebetrieben und Plug-in Hybriden) bei Neuwagen von 6 % auf 39 %. Mit dieser Absatzsteigerung wurde 2017 ein Anteil an der Gesamtflotte von 6.4 % erreicht⁵².
- Zum Vergleich: Das schweizerische Szenario PARIS<2 geht von 35 % Marktanteil bis 2025 aus, der Anteil an der Gesamtflotte würde 2025 kumuliert 11 % betragen. Die mittleren CO₂-Emissionen pro km lagen 2017 bei den norwegischen neuen Personewagen durch den hohen Elektro-Anteil bei 82 g/km, in der Schweiz bei über 130 g/km⁵³.
- Vgl. zur Entwicklung und den Fördermassnahmen auch Anhang A-6

Exkurs Niederlande

Der niederländische Transportsektor bei Personewagen kann folgendermassen charakterisiert werden:

- Es besteht eine langjährige Förderung der Elektromobilität.
- Der Anteil elektrischer Fahrzeuge (batterieelektrische und Hybridfahrzeuge) ist 2017 mit 1.6 % in Europa der zweithöchste Wert (nach Norwegen)⁵⁴. Der Anteil von Plug-in Hybridfahrzeugen ist im Vergleich mit anderen Ländern sehr hoch.
- Der Marktanteil elektrischer Fahrzeuge ist von über 5 % im Jahr 2013 im Jahr 2017 deutlich gesunken. Der Grund liegt in einer Änderung der steuerlichen Behandlung des privaten Gebrauchs von Geschäftsfahrzeugen, wo ein Anreiz für Hybridfahrzeuge gestrichen wurde. Die Verkaufszahlen batterieelektrischer Fahrzeuge stieg auch 2017⁵⁵.

⁴⁹ <https://www.energiezukunft.eu/politik/norwegen-macht-ernst-mit-elektromobilitaet-qn103967/> [23.11.2018]

<https://www.welt.de/motor/modelle/article154606460/Diese-Laender-planen-die-Abschaffung-des-Verbrennungsmotors.html> [23.11.2018]

⁵⁰ <http://www.manager-magazin.de/politik/europa/oslo-e-auto-vereinigung-raet-vom-kauf-von-elektro-autos-ab-a-1168496.html> [23.11.2018]

⁵¹ <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/695029/umfrage/marktanteil-von-elektrofahrzeugen-in-norwegen/> [23.11.2018]

⁵² Global EV Outlook 2018: <https://webstore.iea.org/global-ev-outlook-2018>;

⁵³ Nordic EV Outlook 2018: <https://webstore.iea.org/nordic-ev-outlook-2018>

⁵⁴ Global EV Outlook 2018: <https://webstore.iea.org/global-ev-outlook-2018>; S. 20

⁵⁵ Global EV Outlook 2018: <https://webstore.iea.org/global-ev-outlook-2018>; S. 21

— Vgl. zur bisherigen Entwicklung und den Fördermassnahmen auch Anhang A-6

Exkurs Schweden

Das gesamte Reduktionsziel von 63 % bis 2030 (im nicht-EHS-Bereich) geht deutlich über den Schweden zugeteilten Beitrag von 40 % gemäss EU-Verordnung hinaus (jeweils gegenüber 1990). Dem Verkehrsbereich kommt dabei eine Schlüsselrolle zu. Unter anderem sind folgende Massnahmen bereits umgesetzt oder geplant:

- Für die Emissionen des Inlandverkehrs ist für 2030 ein Reduktionsziel um 70 % gegenüber 2010 vorgesehen⁵⁶.
- Eine weitere Massnahme ist die ab 2020 für die Städte geschaffene Möglichkeit, Niedrig-Emissions-Zonen einzurichten. Primär zur Verbesserung der Luftqualität geplant, wird die Bevorzugung von batterieelektrischen Fahrzeugen und die Einschränkung von Fahrzeugen mit hohen Emissionen auch eine hohe Klimawirkung aufweisen.
- Der Anteil erneuerbarer Treibstoffe («Biofuels») wird durch eine Beimischungspflicht laufend erhöht und soll 50 % bis 2030 erreichen. Bereits seit 2006 ist die jährliche Fahrzeugsteuer abhängig vom CO₂-Ausstoss pro km. Käufer/innen von Fahrzeugen mit maximal 50 g CO₂-Ausstoss pro km erhalten einen Rabatt, wobei die Umwandlung dieses Systems in ein gewichtsabhängiges Bonus/Malus-System diskutiert wurde. Aufgrund der Tatsache, dass rund die Hälfte der neu zugelassenen Fahrzeuge durch eine Firma angemeldet werden, werden die steuerlichen Anreize so gesetzt, dass die Anschaffung möglichst emissionsarmer Fahrzeuge auch für Firmen attraktiv ist.⁵⁷
- Mit einer Unterstützung von bis zu 50 % der Kosten von privaten Ladestationen (Charge at home) fördert der Staat die schnellere Verbreitung von elektrisch betriebenen Fahrzeugen⁵⁸.
- Der Jahresbericht 2019 des Rats für Klimapolitik wird den Überblick über die Entwicklung hin zu Null-Nettoemissionen mit einem besonderen Schwerpunkt auf dem Verkehrssektor und dem Ziel des fossilfreien Verkehrs enthalten.
- Vgl. zur Entwicklung und den Fördermassnahmen auch Anhang A-6

Konsistent mit Zielsetzung und Massnahmenplan lehnt Schweden bei den Emissionsvorschriften für neue PW per 2030 die von der EU-Kommission vorgeschlagene Reduktion von 30 % gegenüber 2021 ab und fordert eine Halbierung⁵⁹. Dies würde gegenüber dem in der EU festgesetzten Flottendurchschnitt von Neuwagen per 2021 von 95 g CO₂ pro km noch 48 g CO₂ /km im Jahr 2030 bedeuten.

⁵⁶ <https://www.klimatpolitiskaradet.se/summary-in-english/> [23.11.2018]

⁵⁷ https://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_natcom/application/pdf/6950713_sweden-nc7-1-swe_nc7_20171222.pdf [23.11.2018]

⁵⁸ <https://www.government.se/press-releases/2017/12/new-climate-decision-to-reduce-industry-and-transport-emissions/> [23.11.2018]

⁵⁹ <https://www.government.se/press-releases/2018/06/sweden-wants-tougher-eu-targets-for-co2-emissions-from-passenger-cars/>; vgl. dazu die EU-Richtlinien: https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars_en [23.11.2018]

Befristete Zulassung von Verbrennungsmotoren in verschiedenen Ländern

Eine wachsende Zahl von Ländern hat für die Dekarbonisierung des Verkehrs Fristen festgelegt, bis wann längstens noch neue Personenwagen mit fossil betriebenen Verbrennungsmotoren zugelassen werden sollen⁶⁰.

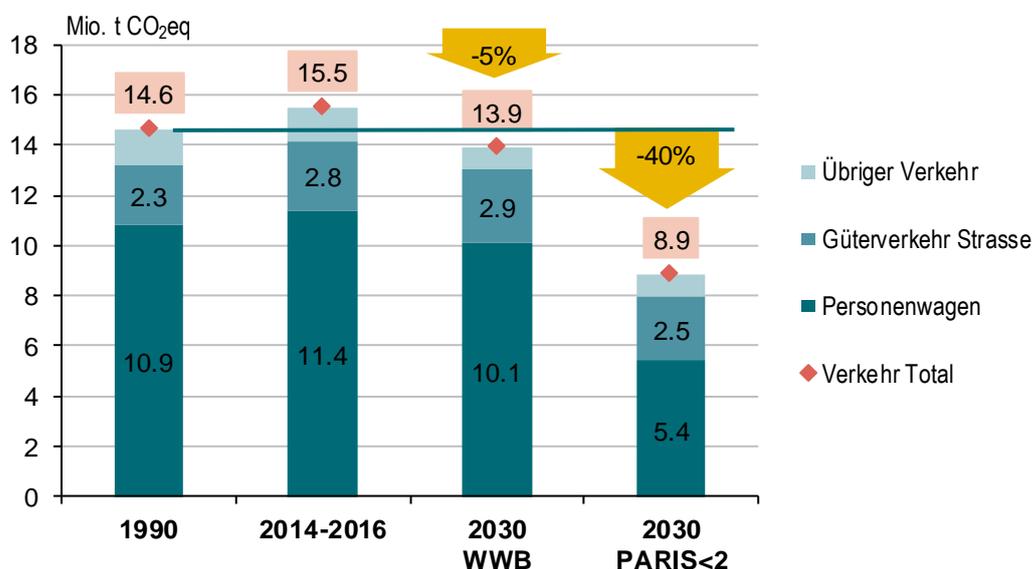
- Bis 2025: Norwegen
- Bis 2030: Niederlande, Österreich, Irland, Slowenien, Israel, China, Indien
- Bis 2032: Schottland
- Bis 2040: Vereinigtes Königreich, Frankreich, Sri Lanka, Taiwan

Vgl. auch Anhang A-6

3.2.5 Fazit zum Verkehrsbereich

Die gesamten schweizerischen THG-Emissionen aus dem Verkehrsbereich sinken von 14.6 Mio. Tonnen im Jahr 1990 im Szenario WWB auf 13.9 Mio. Tonnen im Jahr 2030 (Reduktion um 5 %). Mit den Massnahmen des Szenarios PARIS<2 kann eine Absenkung auf 8.9 Mio. Tonnen oder eine Reduktion um 40 % erreicht werden.

Die gegenüber WWB deutlich stärkere Dekarbonisierung des Verkehrs beruht im Szenario PARIS<2 vor allem auf einem Rückgang der Verkehrsleistung im PW-Bereich, einer deutlichen Senkung Emissionen der Neuwagen mit fossilen Treibstoffen und einer starken Ausdehnung der Elektromobilität.



econcept (Daten BAFU, BFE, eigene Berechnungen)

Figur 21: Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Verkehrsbereich (Personenwagen, Güterverkehr Strasse und übriger Verkehr) in den Szenarien WWB und PARIS<2

⁶⁰ <https://www.welt.de/motor/modelle/article154606460/Diese-Laender-planen-die-Abschaffung-des-Verbrennungsmotors.html> [23.11.2018]
<https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2018/06/CCC-2018-Progress-Report-to-Parliament.pdf> S. 167 [23.11.2018]

Im internationalen Vergleich wird deutlich, dass die Ambitionen des Szenarios PARIS<2 in anderen Ländern wie Norwegen, der Niederlande oder Schweden bereits heute umgesetzt sind und die entsprechenden Rahmenbedingungen geschaffen wurden. Im europäischen Vergleich gehören die schweizerischen Emissionen pro Kopf aus dem Personenwagenverkehr zu den höchsten. Mit einem Szenario WWB würde diese klimapolitisch wenig vorteilhafte Position zementiert.

3.3 Industrie

Da der Fokus der vorliegenden Arbeit auf den Bereichen Gebäude und Verkehr liegt, werden die Szenarien im Industriebereich in eher summarischem Sinne behandelt⁶¹.

Die Emissionen der Industrie setzen sich aus dem Energieeinsatz und den industriellen Prozessen (inkl. Lösungsmittel) zusammen. Für die Energiebereitstellung in der Industrie wurden im Mittel der Jahre 2014-2016 rund 5.0 Mio. t CO₂eq emittiert. Beim Energieeinsatz sind die bedeutendsten Sektoren die Chemie, die Lebensmittelverarbeitung und Zementherstellung, welche zusammen über 90 % der Treibhausgas-Emissionen bei der Energiebereitstellung der Industrie ausmachen. Die Zementherstellung alleine verursacht 60 % der energiebedingten THG-Emissionen der Industrie.

Im Bereich der industriellen Prozesse und Lösungsmittel betragen die Emissionen in den Jahren 2014-2016 im Durchschnitt 4.1 Mio. t CO₂eq. Rund 85 % der Treibhausgasemissionen aus den industriellen Prozessen stammen aus zwei Anwendungen: der Zementherstellung (50 %) und dem Verbrauch von Fluorkohlenwasserstoffen für Kühl- und Klimageräte (sogenannte F-Gase mit 35 %).

Insgesamt ist die Industrie für knapp 19 % der gesamten Treibhausgas-Emissionen verantwortlich.

Annahmen und Massnahmen zu Treibhausgasen aus der Industrie

Die zentralen Annahmen für die beiden Szenarien «Weiter Wie Bisher» (WWB) und «Paris unter 2 Grad» (PARIS<2) sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst. Begründungen der Annahmen finden sich in den nachfolgenden Texten beziehungsweise in der erwähnten Literatur.

Einflussfaktor	Weiter Wie Bisher (WWB)	Paris unter 2 Grad (PARIS<2)
Bevölkerungsentwicklung	Mittleres BFS-Szenario 2015 mit Anstieg der ständigen Wohnbevölkerung bis 2030 auf 9.5 Mio. Personen	
Wirtschaftliche Entwicklung	Mit der Trendfortsetzung und auch im Szenario PARIS<2 ist Wachstum wie bisher möglich.	

⁶¹ Die für die Industrie beschriebenen Wirkungsmechanismen und Massnahmen sind im «Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 für eine klimaverträgliche Schweiz» (econcept 2016) detailliert beschrieben.

Einflussfaktor	Weiter Wie Bisher (WWB)	Paris unter 2 Grad (PARIS<2)
Energieeinsatz (60 % Zementindustrie)	<ul style="list-style-type: none"> – Trendfortsetzung der Jahre 2012-2016, das heisst eine Abnahme von 5.0 Mio. t CO₂eq (Durchschnitt 2014-16) auf 3.1 Mio. t CO₂eq per 2030; (38 %) 	<ul style="list-style-type: none"> – Reduktion der energetischen Emissionen aus Zementindustrie gegenüber 2012-2016 bis 2030 um 45 % durch <ul style="list-style-type: none"> – Einsatz neuer Technologien und Prozesse (-20 %); – reduzierter Zementverbrauch durch alternative Bauweisen (-15 %); – weitere Optimierungen der Produktionsprozesse und Einsatz von Sekundärbrennstoffen (-10 %) – Rund 45 % Einsparungen der Unternehmen aller anderen Sektoren über das Emissionshandelssystem und Zielvereinbarungen – Insgesamt eine Reduktion von 5.0 Mio. t CO₂eq (Durchschnitt 2014-16) auf 2.8 Mio. t CO₂eq per 2030
Industrielle Prozesse und Lösungsmittel (davon 50 % von geogenen CO ₂ -Emissionen aus Zementproduktion: 35 % von F-Gasen) (vgl. Anhang)	<p>Trendfortsetzung 2012-2016, das heisst eine Abnahme 4.1 Mio. t CO₂eq (Durchschnitt 2014-16) auf 3.7 Mio. t CO₂eq per 2030 (-10 %)</p> <ul style="list-style-type: none"> – Zement (geogene Emissionen): leichte Abnahme bis 2030 gegenüber heute. – F-Gase: Stabilisierung der Emissionen auf dem aktuellen Niveau und dann eine leichte Abnahme bis 2030. 	<p>Insgesamt eine Reduktion von 4.1 Mio. t CO₂eq (Durchschnitt 2014-16) auf 2.2 Mio. t CO₂eq per 2030 (-45 %)</p> <ul style="list-style-type: none"> – Die Zementindustrie setzt vermehrt auf neuartige Technologien, welche den konventionellen Portland-Zement für gewisse Breitenanwendungen ersetzen können. (Potential -15 bis -20 % Reduktion der geogenen Emissionen) – Die Baubranche setzt auf alternative Bauweisen und senkt den Zementverbrauch und damit die geogenen Emissionen um ca. -15 bis -20 %. – Die Verwendung von fluorierten Gasen wird stark gesenkt (rund -80 % gegenüber heute); halogenfreie Kältemittel als Ersatz.

Tabelle 5: Annahmen zur Entwicklung der wichtigsten Einflussfaktoren für die Entwicklung der industriellen Emissionen in den Szenarien WWB und PARIS<2

Da bei den industriellen Prozessen die Zementherstellung und der Verbrauch von Kühlmitteln dominieren, fokussieren die Abschätzungen der Reduktionspotenziale auf diese Bereiche.

Bei der Zementherstellung entstehen CO₂-Emissionen einerseits aufgrund des Brennstoffverbrauchs sowie andererseits durch geogene CO₂-Emissionen (siehe Anhang A-9). Bei den industriellen Prozessen werden nur die geogenen CO₂-Emissionen betrachtet, Emissionen aus dem Einsatz von Brennstoffen werden dem Bereich Energieeinsatz zugeordnet.

Die Schweizer Zementindustrie hat ihre CO₂-Emissionen seit 1990 in etwa halbiert. Die weiteren Reduktionsbestrebungen fokussieren auf die folgenden Bereiche: Prozessoptimierungen und effiziente Anlagen, Einsatz alternativer Brennstoffe und Verringerung des Klinkerfaktors⁶². Die Verringerung des Klinkerfaktors reduziert die geogenen Emissionen, die anderen genannten Massnahmen reduzieren den fossilen Brennstoffeinsatz. Für das Szenario WWB wird davon ausgegangen, dass ohne zusätzliche Massnahmen die geogenen Emissionen aus der Zementproduktion nur noch leicht abnehmen.

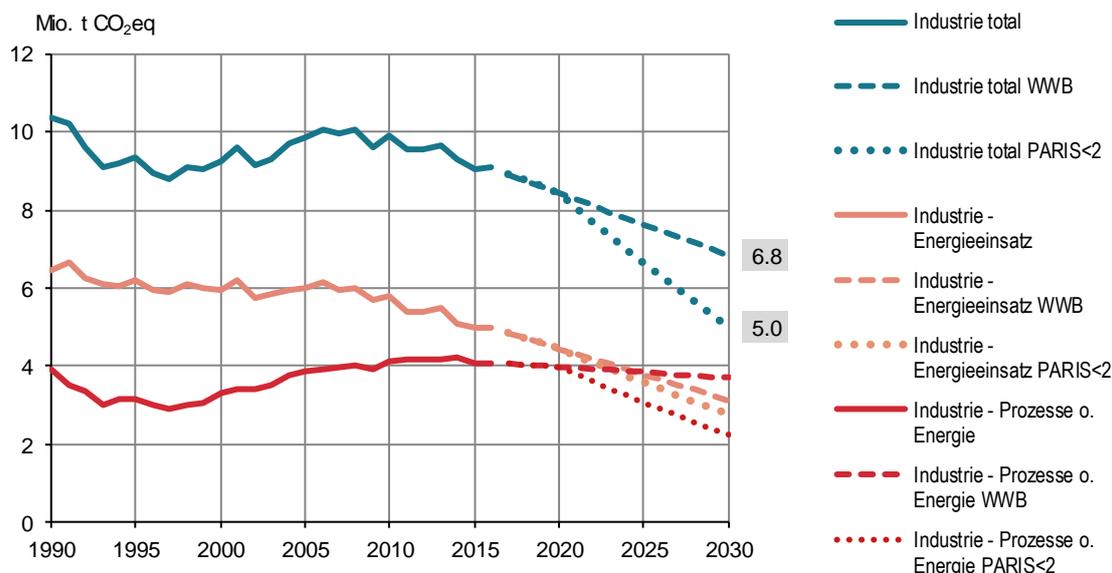
⁶² Mit dem Klinkerfaktor wird der Anteil des Klinkers (Anteil des gebrannten Steins) im Zement bezeichnet.

Bei den Kältemittelanwendungen wird für das Szenario WWB angenommen, dass sich die Emissionen bei den Kältemittelanwendungen bis 2030 ohne neue Massnahmen lediglich auf dem aktuellen Wert stabilisieren. In einigen Bereichen werden die Emissionen zwar abnehmen, in anderen jedoch weiter zunehmen. Für das Szenario PARIS<2 werden massive Reduktionen mit einem weitgehenden Ersatz klimaschädlicher Stoffe vorgesehen (vgl. Massnahmen unten).

Entwicklung der Treibhausgase aus der Industrie

Die Trendfortsetzung der letzten Jahre führt im Szenario WWB zu einem Rückgang der gesamten industriellen THG-Emissionen auf 6.8 Mio. t CO₂eq im Jahr 2030.

Mit den zusätzlichen Massnahmen des Szenario PARIS<2 wird eine Reduktion auf 5.0 Mio. t CO₂eq erreicht.



econcept (Daten BAFU, BFE, eigene Berechnungen)

Figur 22: Entwicklung der industriellen Treibhausgasemissionen in den Szenarien WWB und PARIS<2

Massnahmenmix Industrie

Um die Reduktionen gemäss Szenario PARIS<2 zu realisieren, sind die einleitend auf der Wirkungsebene genannten Veränderungen zu erzielen (vgl. Tabelle 5). Dies kann mit folgendem Massnahmen-Mix geschehen:

Massnahme	Beschreibung
Verschärfung EHS	– Die jährliche Abnahme der Gesamtmenge der Emissionszertifikate wird von 1.74% auf 2.2% verschärft (ab 2021) und bis 2030 weitergeführt. (Hinweis: Eine Kopplung mit dem EU Emissionshandelssystem wird möglicherweise gegenläufige Effekte haben durch Kauf von ausländischen Emissionsrechten mit Anrechnung im Inland)
Verstärkung non-EHS	– Weiterführung und Ausbau des non-EHS (Zielvereinbarungen)

Massnahme	Beschreibung
	– Das bestehende System wird weitergeführt, aber mit zusätzlichen Anreizen für die Teilnahme ausgestattet: (1) Erhöhung CO ₂ -Abgabe, (2) Kriterien der Wirtschaftlichkeit erhöhen, (3) Erweiterung des Grossverbraucher-Artikels (MuKE _n)
Alternatives Bauen	– Programm zur Förderung innovativer Bauten und neuen Ansätzen, welche mit weniger Zement auskommen – Durch die erhöhten Zielsetzungen im Emissionshandelssystem (EHS) werden die Zementproduzenten dazu veranlasst, alternative Bindemittel und neue Ansätze zum Ersatz des klassischen Portlandzements zu verfolgen; – Normen bezüglich Zement-Rezepturen werden angepasst.
Weitere Verschärfung der ChemRRV	– Kontinuierliche Verschärfung der Verwendungsverbote in der Chemikalien-Risikoverordnung ChemRRV mit Entwicklung des Stands der Technik
Treibhausabgabe 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.
Phase-down mit Quotenregelung für fluorierte Kohlenwasserstoffe wie in EU	– Hersteller und Importeure von Stoffen, Zubereitungen oder Produkten mit fluorierten Kohlenwasserstoffen erhalten dabei jährlich abnehmende Quoten zugeteilt für das Inverkehrbringen der jeweiligen fluorierten Kohlenwasserstoffe. – Zusätzlich: Förderung der Neuanschaffung von energieeffizienten Kälteanlagen mit halogenfreien Kältemitteln, des Ersatzes von Bestandanlagen und der entsprechenden Beratung ⁶³

Tabelle 6: Massnahmenmix im Bereich Industrie für das Szenario PARIS<2

Die entscheidenden Wirkungen des Szenario PARIS<2 im Industriebereich stammen von den nicht energiegebundenen Emissionen der Zementindustrie und von F-Gasen.

3.4 Landwirtschaft, Abfall und andere Treibhausgasemissionen

Landwirtschaft

Der Bereich Landwirtschaft trägt in den Jahren 2014 bis 2016 im Durchschnitt 6.0 Mio. Tonnen CO₂eq oder 12 % zu den schweizerischen Treibhausgasemissionen bei. Nicht eingeschlossen ist dabei der Energieeinsatz (Diesel für Traktoren, Strom für Heubelüftung etc.). Mehr als die Hälfte der Emissionen entfällt auf die Nutztierhaltung, wobei die Rindviehhaltung 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).

Im Szenario WWB wird die jährliche Abnahme um 0.011 Mio. Tonnen CO₂eq der Jahre 2012-2016 linear fortgeschrieben, was bis 2030 zu einer gesamten Emission von 5.8 Mio. Tonnen CO₂eq führt (-0.9 Mio. t gegenüber 1990).

⁶³ Vgl. <http://www.europarl.europa.eu/eplibrary/140772REV1-Fluorinated-greenhouse-gases-DE.pdf> [23.11.2018]

Das Szenario PARIS<2 geht für die Landwirtschaft bis 2030 von einem Reduktionspotenzial von 1.6 Mio. Tonnen CO₂eq gegenüber 1990 (-24%) aus. Dies ist zurückhaltend (konservativ) gegenüber dem Zielkorridor der Klimastrategie Landwirtschaft⁶⁴, gemessen an der technischen Reife der vorgeschlagenen Massnahmen jedoch teilweise ambitioniert. Diese Reduktion kann mit Anpassungen in folgenden 3 Bereichen erreicht werden⁶⁵:

- Reduktionen der Methanemissionen Rindviehhaltung
- Reduktionen der Emissionen aus der Hofdüngerbewirtschaftung
- Reduktionen der Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden

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

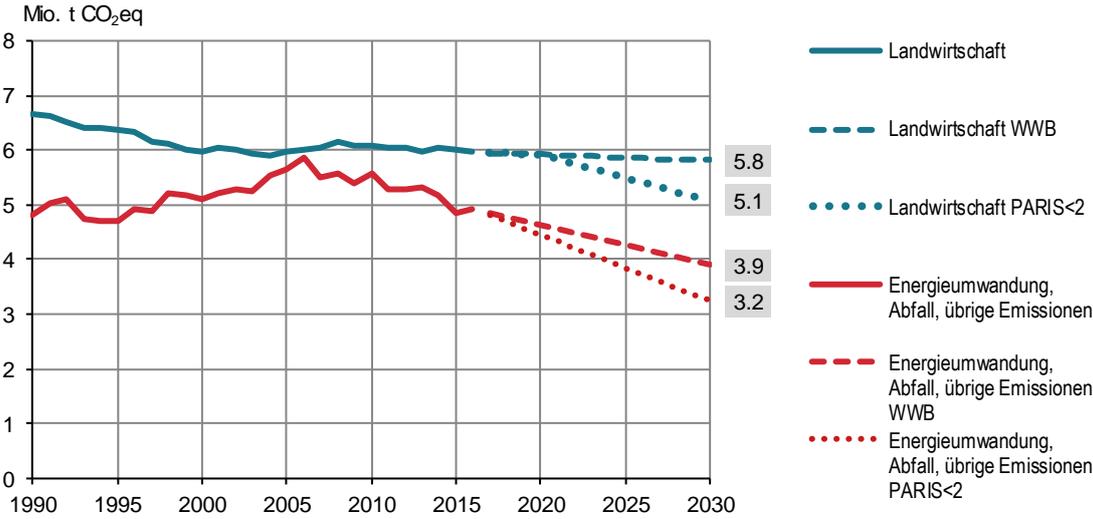
Abfall, Energieumwandlung, andere Emissionen

Die bisher nicht betrachteten Bereiche des Treibhausgasinventars nach Kyoto-Protokoll umfassen die Emissionen der Abfallwirtschaft, der Energieumwandlung (vor allem aus der fossilen Spitzenlastabdeckung der Fernwärmeproduktion) sowie kleinere Aktivitäten wie Energieeinsatz in der Land- und Forstwirtschaft oder im Militär.

Aus der Entwicklung der letzten 5 Jahre 2012-2016 kann als linearer Trend eine jährliche Reduktion um 0.12 Mio. Tonnen CO₂eq abgeleitet werden (vgl. Figur 23). Dies führt bis 2030 zu einer starken Reduktion auf 3.2 Mio. Tonnen CO₂eq (- 32 % gegenüber 1990). Mit Blick auf die zugrundeliegenden Aktivitäten wird diese Absenkung als sehr anspruchsvoll betrachtet und dem Szenario PARIS<2 zugrunde gelegt. Für das Szenario WWB wird der 10-jährige Trend 2007-2016 verwendet, der zu einer Absenkung auf 3.9 Mio. Tonnen CO₂eq führt. Zur Plausibilisierung und den erforderlichen Massnahmen wird auf econcept (2016) verwiesen.

⁶⁴ BLW, 2011. Klimastrategie Landwirtschaft. Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel für eine nachhaltige Schweizer Land- und Ernährungswirtschaft

⁶⁵ Detaillierte Aufteilung: siehe MKK2030 econcept (2016), Kapitel 3.7



econcept (Daten BAFU, BFE, eigene Berechnungen)

Figur 23: Entwicklung der Treibhausgasemissionen Landwirtschaft, Abfall, Energieumwandlung und übrige Emissionen in den Szenarien WWB und PARIS<2

4 Einordnung der schweizerischen Absenkpfade in die internationale Post Paris-Diskussion

Der Bundesrat hat in der Botschaft zum neuen CO₂-Gesetz als Inlandziel für das Jahr 2030 eine Reduktion der Treibhausgasemissionen um mindestens 30 % gegenüber 1990 formuliert. Dieses Reduktionsziel entspricht auch der im Vorfeld der Klimakonferenz in Paris von Dezember 2015 deklarierten, nationalen Verpflichtung der Schweiz (NDC: nationally determined contributions). Über dieses Inlandziel hinaus will der Bundesrat auch mit Massnahmen im Ausland bis zu 20 % der Emissionen im Jahr 1990 reduzieren.

Gegenüber dem schweizerischen Inland-Reduktionsziel von -30 % gehen die Ziele anderer europäischer Länder teilweise deutlich weiter. Die nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über nationale oder überregionale Zielsetzungen, die anschliessend diskutiert werden. Ohne andere Angabe sind immer Reduktionen gegenüber 1990 gemeint. Es handelt sich in der Regel um Inlandziele, da nur die Schweiz und Schweden (vgl. unten) einen Teil der Reduktion im Ausland realisieren will.

Land/Region	Reduktionsziel für 2030 gegenüber 1990
EU	40 % (in Diskussion 45/55 %)
Deutschland	55 %
Niederlande	49 %
Schweden	63 % (in den Nicht-ETS-Sektoren)
UK	57 %

Tabelle 7: Emissionsreduktionsziele verschiedener Länder und Regionen für 2030 gegenüber 1990

4.1 Klimapolitik EU

Die EU hat im Rahmen ihrer Klima- und Energiepolitik bis 2030 drei Hauptziele festgelegt⁶⁶:

- Senkung der Treibhausgasemissionen um mindestens 40 % (gegenüber dem Stand von 1990)
- Steigerung der Energieeffizienz um mindestens 27 % (Beschluss 2018: 32.5 %)
- Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energiequellen auf mindestens 27 % (Beschluss 2018: 32 %)

Diese Ziele wurden im Oktober 2014 von den EU-Staats- und Regierungschefs angenommen und 2015 auch in den Prozess des Klimaabkommens von Paris eingebracht. Im Jahr 2018 gibt es verschiedene Bestrebungen, das Reduktionsziel zu erhöhen. Einerseits wurde die Zielsetzung für 2030 im Sommer 2018 bezüglich Energieeffizienz (Steigerung von 27 %

⁶⁶ European Commission (ohne Datum): Rahmen für die Klima- und Energiepolitik bis 2030 https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_de [15.11.2018]

auf 32.5 %) und der Nutzung erneuerbarer Energien (Anteil von 27 % auf 32 %) erhöht⁶⁷: Aufgrund dieser Erhöhung ergeben sich stärkere Reduktionen um 45 % bei den Treibhausgasemissionen⁶⁸.

In einer Resolution des Europäischen Parlaments vom 25. Oktober 2018 wird andererseits verlangt, das Reduktionsziel für 2030 auf -55 % gegenüber 1990 zu erhöhen und bis 2050 Netto-Null Emissionen zu erreichen. Dabei wird insbesondere auf den 1.5-Grad-Bericht des IPCC und auf die Notwendigkeit verwiesen, bis 2050 Netto-Null Emissionen zu erreichen:

«The European Parliament ...

... whereas essential elements of EU legislation contributing to fulfilling the EU NDC, in particular the Renewable Energy Directive and the Energy Efficiency Directive, have been concluded with an increased level of ambition, bringing the EU to a GHG emissions reduction target of at least 45 % by 2030; whereas a 45 % reduction in the EU by 2030 does not yet make a sufficient contribution to attaining the goals of the Paris Agreement and the mid-century goal of net-zero emissions;

whereas the IPCC's 1,5°C report further demonstrates that the impacts of such a temperature increase are likely to be significantly less severe than those of a 2°C increase;

Stresses the importance of an ambitious climate policy for the EU to act as a credible and reliable partner globally, of maintaining the EU's global climate leadership, and of adherence to the Paris Agreement; welcomes the agreement by the European Parliament and the Council to raise the targets for renewables and energy efficiency to 32 % and 32,5 % respectively by 2030, which will result in GHG emission reductions of over 45 % by 2030;

welcomes, therefore, the Commission's comments on updating the EU's NDC to take this higher ambition into account and increase its 2030 emissions reduction target;

calls on the Commission to prepare, by the end of 2018, an ambitious mid-century zero emissions strategy for the EU, providing a cost-efficient pathway towards reaching the net-zero emissions goal adopted in the Paris Agreement and a net-zero carbon economy in the Union by 2050 at the latest, in line with a Union fair share of the remaining global carbon budget;

supports an update of the Union's NDC with an economy-wide target of 55 % domestic GHG emission reductions by 2030 compared with 1990 levels; ...»⁶⁹

Das 2018 noch gültige Reduktionsziel um 40 % (gegenüber 1990) wurde in der Verordnung (EU) 2018/842 in verbindliche nationale Jahresziele umgelegt⁷⁰. Dies bedeutet für die im Emissionshandelssystem der Europäischen Union (EHS) erfassten Sektoren eine Emissionsreduktion um 43 % (gegenüber 2005) und in den nicht-EHS-Sektoren (Gebäude, Verkehr, Landwirtschaft, Abfall) eine Emissionsreduktion um 30 % (gegenüber 2005). Abhängig vom relativen Bruttoinlandprodukt (BIP) pro Kopf, variieren die Ziele von 0 % (gegenüber 2005) für Bulgarien über Werte von 38 % bis 40 % für Deutschland, Dänemark, Finnland, Luxemburg oder Schweden.

⁶⁷ https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CONSIL:ST_10308_2018_INIT&from=EN [23.11.2018]

http://europa.eu/rapid/press-release_STATEMENT-18-3997_en.htm [23.11.2018]

http://europa.eu/rapid/press-release_STATEMENT-18-4155_en.htm [23.11.2018]

⁶⁸ <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+TA+P8-TA-2018-0430+0+DOC+XML+V0//EN&language=EN> [23.11.2018]

⁶⁹ <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+TA+P8-TA-2018-0430+0+DOC+XML+V0//EN&language=EN> [15.11.2018]

⁷⁰ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0842&from=EN> [21.11.2018]

Zu den wichtigsten Massnahmen auf EU-Ebene zählen neben dem Emissionshandelssystem EHS (betrifft primär die Emissionen der Industrie und der Energieerzeugung) die Regulierungen zum Verkehrsbereich⁷¹ (z.B. die Reduktion des Flottendurchschnitts von Neuwagen auf 95 g ab 2021), zu fluorierten Gasen⁷² oder zur Unterstützung im Gebäudebereich⁷³. Grundsätzlich sind jedoch die EU-Mitgliedländer für die Reduktionen in den nicht EHS-Sektoren zuständig. Dazu zählen Massnahmen zur Reduktion der Verkehrsnachfrage, die Ablösung fossiler Treibstoffe, erneuerbare Energien im Gebäudebereich usw.⁷⁴

Verschiedene Länder oder Staatengruppen haben bereits 2015 stärkere Reduktionsverpflichtungen angekündigt und in den letzten drei Jahren wurden viele der Ziele revidiert und teilweise markant erhöht. Die «Green Growth Group»⁷⁵ ist ein informeller Zusammenschluss von Klimaverantwortlichen aus 15 EU-Mitgliedsländern und Norwegen, die sich für eine ambitionierte Klimapolitik einsetzen.

Diese national unterschiedlichen Reduktionsziele lassen sich aufgrund der Darstellung in Anhang A-10 mit den Emissionen pro Kopf für ausgewählte Länder auch im Kontext des Niveaus der Emissionen 1990 und der bisher erreichten Absenkungen einordnen.

4.2 Klimapolitik Deutschland

Laut dem von der Bundesregierung im November 2016 beschlossenen Klimaschutzplan 2050⁷⁶ soll Deutschland bis 2050 «weitgehend treibhausgasneutral» sein. Für das Jahr 2030 bedeutet dies, die Treibhausgasemissionen gegenüber 1990 um 55 % zu reduzieren. Dieses hohe Reduktionsziel ist nicht einfach damit erklärbar, dass durch die energiewirtschaftlichen Strukturen 1990 (mit viel Kohleinsatz) ein besonders hohes Potenzial im Ausgangsjahr bestand. Auch bezogen auf die Emissionen im Jahr 2014 ist das Ziel ambitioniert und entspricht einer Reduktion um 38 bis 40 %. Zum Vergleich: Das schweizerische Inlandziel von 30 % bis 2030 entspräche gegenüber dem Durchschnitt der Jahre 2014-2016 einer Reduktion um 22 %.

Der Klimaschutzplan wird als Strategie zur Modernisierung der Volkswirtschaft gesehen und soll in den verschiedenen Handlungsfeldern mit klaren Rahmenbedingungen helfen, Fehlinvestitionen und Strukturbrüche zu vermeiden.

Erstmals hat sich die Bundesregierung auf Sektorziele verständigt und folgende strategische Massnahmen beschlossen:

⁷¹ https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars_en [21.11.2018]

⁷² <http://www.europarl.europa.eu/eplibrary/140772REV1-Fluorinated-greenhouse-gases-DE.pdf> [21.11.2018]

⁷³ https://ec.europa.eu/clima/policies/effort_de [21.11.2018]

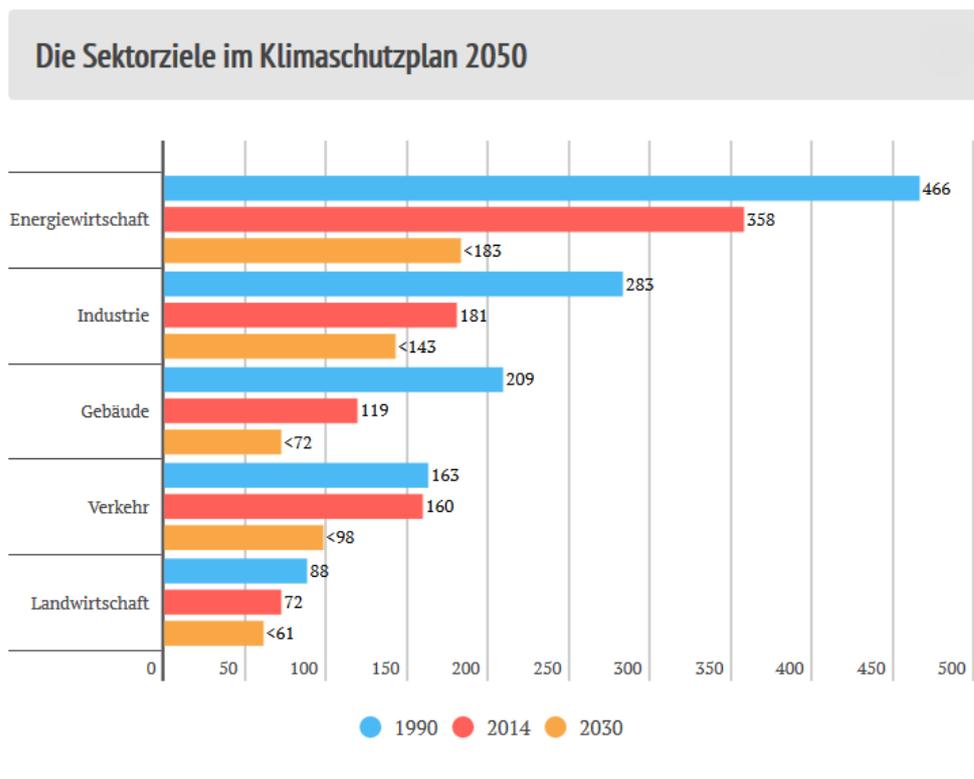
⁷⁴ https://ec.europa.eu/clima/policies/effort_de [21.11.2018]

⁷⁵ The Green Growth Group is an informal grouping of like-minded climate ministers from 15 EU Member States (UK, Ireland, Germany, France, Italy, Spain, Belgium, Portugal, Sweden, Denmark, Finland, Slovenia, Estonia, Luxemburg and the Netherlands) and Norway. <https://www.government.nl/topics/climate-change/eu-policy> [23.11.2018]

⁷⁶ https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf [23.11.2018]

- Einsetzung einer Kommission für «Wachstum, Strukturwandel und Regionalentwicklung», die zur Unterstützung des Strukturwandels einen Massnahmenmix entwickelt, der wirtschaftliche Entwicklung, Strukturwandel, Sozialverträglichkeit und Klimaschutz zusammenbringt
- Fahrplan für den Gebäudebestand mit Weiterentwicklung der energetischen Standards und Konzentration auf Heizsysteme mit erneuerbaren Energien
- Klimaschutzkonzept Strassenverkehr inklusive Infrastruktur für treibhausgasfreie Mobilität und Sektorkopplung
- Forschungs- und Entwicklungsprogramm für die Industrie
- Massnahmen in der Land- und Forstwirtschaft
- Überprüfung des Steuer- und Abgabensystems zur Verstärkung der ökonomischen Anreize

Die Sektorziele und der bis 2014 erreichte Stand sind in der folgenden Abbildung dargestellt⁷⁷:



Dargestellt sind die Sektorziele 2050 aus dem Klimaschutzplan 2050 (in Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten), Quelle: Bundesumweltministerium (2017). Klimaschutz in Zahlen 2017.

Bundesumweltministerium 2017

Figur 24: Sektorziele des deutschen Klimaschutzplans 2050

⁷⁷ <https://www.bmu.de/themen/klima-energie/klimaschutz/nationale-klimapolitik/> [23.11.2018]

Eine Gegenüberstellung der deutschen Reduktionsziele der Bereiche Gebäude und Verkehr mit den für die Schweiz berechneten Absenkungen im Szenario PARIS<2 zeigt eine weitgehende Übereinstimmung: Im Gebäudebereich beträgt die Reduktion rund zwei Drittel, beim Verkehr sind es um 40 %.

Der zentrale Unterschied liegt darin: Die Reduktionen in Deutschland beruhen auf einem Beschluss der Bundesregierung, während die Werte für die Schweiz aus dem Szenario PARIS<2 stammen, also einem an der Machbarkeit orientierten Szenario für einen verstärkten Klimaschutz, das im Rahmen der vorliegenden Arbeit entwickelt wurde.

Diese Gegenüberstellung ist auch insofern aussagekräftig, dass die grossen strukturellen Unterschiede der beiden Länder im Jahr 1990, mit einem vergleichsweise sehr hohen deutschen Anteil der Treibhausgasemissionen aus der Energiewirtschaft (Kohlestrom), im Gebäude- und Verkehrsbereich eine untergeordnete Rolle spielen. Das heisst mit anderen Worten: Das Argument, dass ein Land wie Deutschland durch einen (teilweisen) Ausstieg aus dem Kohlestrom und die teilweise Deindustrialisierung höhere Reduktionspotenziale bei den Treibhausgasen als die Schweiz aufweist, trifft zwar teilweise für die Gesamtemissionen zu, nicht aber für die Teilbereiche Gebäude und Verkehr.

Bereich	Deutschland Klimaschutzplan 2017			Schweiz Szenario PARIS<2 (econcept)		
	1990	2030	Veränderung	1990	2030	Veränderung
	Mio.t CO ₂ -eq	Mio.t CO ₂ -eq	%	Mio.t CO ₂ -eq	Mio.t CO ₂ -eq	%
Gebäude	209	<72	mind. - 66 %	17.1	5.5	- 68 %
Verkehr	163	<98	mind. - 40 %	14.6	8.9	- 39 %

Tabelle 8: Vergleich der Reduktionsziele 2030 gegenüber 1990 in den Bereichen Gebäude und Verkehr im deutschen Klimaschutzplan und im Szenario PARIS<2 für die Schweiz

4.3 Klimapolitik Niederlande

Im Rahmen der EU-Klimaziele ist die Niederlande zu einer Reduktion der Treibhausgasemissionen um 40 % bis 2030 verpflichtet⁷⁸. Im Februar 2018 stiess die Regierung einen Stakeholder-Prozess an, um die Machbarkeit eines Absenkpfeils von -49 % bis 2030 zu prüfen⁷⁹. Ende Juni 2018 legt eine breite Koalition von 7 Parteien, die über eine grosse Mehrheit verfügen (GroenLinks, PvdA, SP, D66, ChristenUnie, VVD and CDA) ein Klimagesetz vor, das die bisherigen Ziele deutlich erhöht⁸⁰. Das Klimagesetz setzt drei Ziele:

- Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2050 um 95 % gegenüber 1990
- Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2030 um 49 % gegenüber 1990
- 100 % Kohlenstoff-neutrale Stromproduktion bis 2050

⁷⁸ <https://www.government.nl/topics/climate-change/eu-policy> [21.11.2018]

⁷⁹ <https://www.government.nl/topics/climate-change/news/2018/02/23/government-kicks-off-climate-agreement-efforts> [21.11.2018]

⁸⁰ <https://groenlinks.nl/nieuws/netherlands-presents-ambitious-climate-law> [21.11.2018]

Darüber hinaus wird der 4. Donnerstag im Oktober zum Klima-Tag erklärt, an dem die Regierung zum Stand der Klimapolitik Bericht erstatten muss. Diese Berichterstattung wird jeweils vorgängig zur jährlichen Budgetdebatte im Parlament diskutiert.

Die für die Zielerreichung erforderlichen Massnahmenpakete sollen bis Ende 2018 ausgearbeitet werden, die Umsetzung ab 2019 erfolgen.

4.4 Klimapolitik Schweden

Im Juni 2017 beschloss das nationale Parlament das sogenannte «climate policy framework»⁸¹, das bis 2045 Netto-Null Treibhausgasemissionen und danach negative Emissionen vorsieht. Für 2030 beträgt das Reduktionsziel 63 % gegenüber 1990, bezogen auf die Emissionen ausserhalb des EHS. Maximal 8 Prozentpunkte des 2030-Ziels können durch Massnahmen im Ausland angerechnet werden, das heisst das Inland-Reduktionsziel im nicht EHS-Bereich beträgt mindestens 55 %. Mit dem «climate policy framework» ist der Anspruch verbunden, dass Schweden einer der weltweit ersten, fossil-freien Wohlfahrtsstaaten sein wird⁸².

Die Zielsetzung Schwedens ist aus Schweizer Sicht insofern interessant, dass die Pro Kopf Emissionen 2016 von Treibhausgasen auf einem ähnlichen Niveau bei knapp 6 Tonnen und damit deutlich unter dem EU28 Durchschnitt von gut 8 Tonnen liegen (vgl. Anhang A-10).

Das Reduktionsziel von 63 % geht deutlich über den Schweden zugeteilten Beitrag von 40 % gemäss EU-Verordnung hinaus. So erstaunt es beispielsweise nicht, dass Schweden bei den Emissionsvorschriften für neue PW per 2030 die Reduktion der EU-Kommission von 30 % gegenüber 2021 ablehnt und eine Halbierung fordert⁸³. Dies würde gegenüber dem Flottendurchschnitt per 2021 von 95 g CO₂ pro km noch 48 g CO₂ /km im Jahr 2030 bedeuten. Für die Emissionen des Inlandverkehrs ist für 2030 ein Reduktionsziel um 70 % gegenüber 2010 vorgesehen⁸⁴. Eine weitere Massnahme ist die ab 2020 für die Städte geschaffene Möglichkeit, Niedrig-Emissions-Zonen einzurichten. Primär zur Verbesserung der Luftqualität geplant, wird die Bevorzugung von batterieelektrischen Fahrzeugen und die Einschränkung von Fahrzeugen mit hohen Emissionen auch eine hohe Klimawirkung aufweisen.

⁸¹ <https://www.government.se/articles/2017/06/the-climate-policy-framework/>
<https://www.klimatpolitiskaradet.se/summary-in-english/> [23.11.2018]

⁸² Premierminister Stefan Löfven <https://www.government.se/press-releases/2017/02/government-proposes-historic-climate-reform-for-sweden/> [21.11.2018]

⁸³ <https://www.government.se/press-releases/2018/06/sweden-wants-tougher-eu-targets-for-co2-emissions-from-passenger-cars/> [23.11.2018]

⁸⁴ <https://www.klimatpolitiskaradet.se/summary-in-english/> [23.11.2018]

Wesentliche Elemente für die Umsetzung sind 4-jährliche Aktionsprogramme und eine jährliche Berichterstattung im Budgetprozess. Als wichtigen positiven Aspekt der ambitionierten Zielsetzung nennt die stellvertretende Premierministerin Isabella Lövin die Planungssicherheit für Unternehmen und Bürger/innen⁸⁵.

4.5 Klimapolitik Vereinigtes Königreich (UK)

Das Vereinigte Königreich (UK) hat 2008 im Climate Change Act das Ziel einer Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2050 um 80 % gegenüber 1990 festgelegt⁸⁶. Mit diesem Gesetzesakt wurde auch das Committee on Climate Change (CCC) als unabhängiges Gremium gegründet, das die Zielerreichung überprüft und Empfehlungen abgibt.

Die Umsetzung auf der Zielebene erfolgt in Form von «Carbon Budgets» für jeweils 5 Jahre, die 12 Jahre zum Voraus festgelegt werden müssen. So stehen aktuell die Emissions-Budgets bis 2032 fest. Für das Jahr 2030 ergibt sich eine Reduktion um 57 % gegenüber 1990.

Budget	Carbon budget level	Reduction below 1990 levels
1st carbon budget (2008 to 2012)	3,018 MtCO _{2e}	25%
2nd carbon budget (2013 to 2017)	2,782 MtCO _{2e}	31%
3rd carbon budget (2018 to 2022)	2,544 MtCO _{2e}	37% by 2020
4th carbon budget (2023 to 2027)	1,950 MtCO _{2e}	51% by 2025
5th carbon budget (2028 to 2032)	1,725 MtCO _{2e}	57% by 2030

Tabelle 9: UK five-yearly carbon budgets
Committee on Climate Change (<https://www.theccc.org.uk/>)

Die Emissionen 2017 lagen 43 % unter dem Niveau von 1990 und gemäss dem Committee on Climate Change (CCC)⁸⁷ liegt das Land noch auf dem Zielpfad, zusätzliche Massnahmen seien aber erforderlich, um das Carbon Budget ab 2023 einzuhalten. Der grösste Beitrag zur Reduktion seit 1990 stammt bisher aus dem Energiesektor (Strom und Fernwärmeproduktion) und der Industrie, während die Abnahmen beim Gebäude deutlich geringer ausfallen und der Verkehrsbereich stagniert.

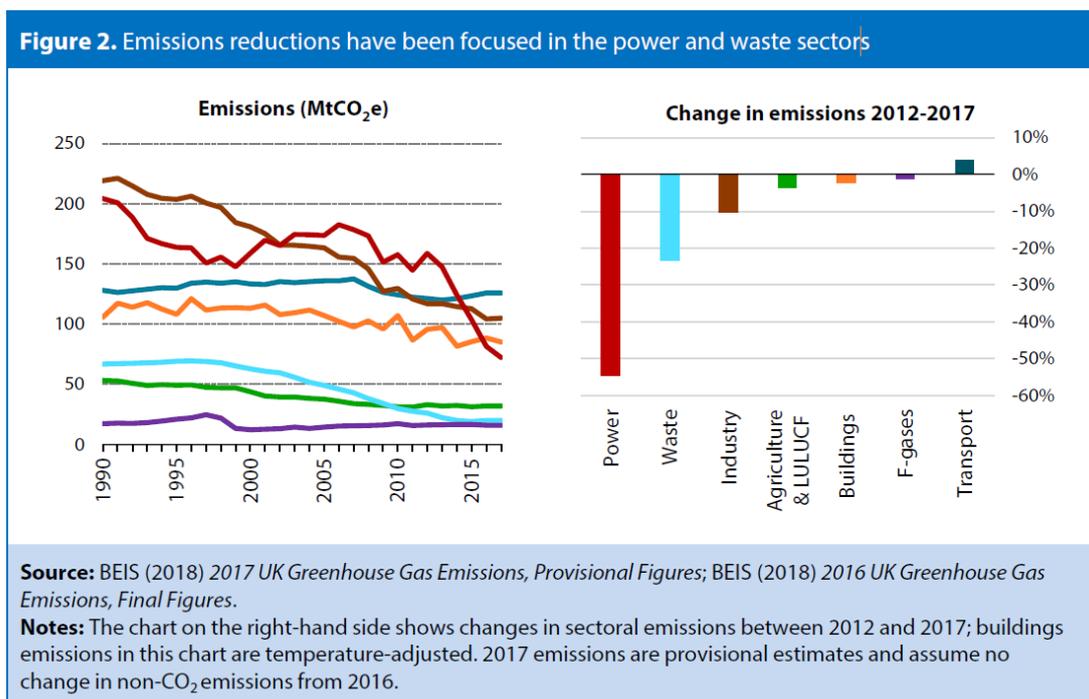
Eine Problematik aus Sicht des beratenden CCC besteht in der Kürzung oder Streichung von Massnahmen, die zu unberechenbaren Situationen für die Unternehmen oder Bürger/innen führen. Dies betrifft beispielsweise Subventionen für energetische Gebäudesanierungen oder Einspeisevergütungen für erneuerbaren Strom.

⁸⁵ «Climate laws deliver something that in a healthy democracy is invaluable for businesses and citizens: certainty. Our companies know that fossil fuels will be virtually eliminated over the next 25 years; coal has already gone, and oil and gas will follow. Certainty helps citizens, companies, investors and the government itself to make better decisions». <https://www.government.se/opinion-pieces/2018/04/to-lead-on-climate-countries-must-commit-to-zero-emissions/> [23.11.2018]

⁸⁶ <https://www.theccc.org.uk/tackling-climate-change/reducing-carbon-emissions/carbon-budgets-and-targets/> [21.11.2018]

⁸⁷ <https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2018/06/CCC-2018-Progress-Report-to-Parliament.pdf> [23.11.2018]

Eine wichtige Rolle wird der technischen Entnahme von Treibhausgasen durch CCS-Technologien (Carbon Capturing and Storage) zugeschrieben. Zur weiteren Dekarbonisierung der Stromerzeugung dienen unter anderem Auktionen von erneuerbarem Strom, mit denen die kosteneffiziente On-shore Windenergie und Solarenergieproduktion unterstützt wird. Zudem ist der Bau neuer Kernkraftwerke geplant. Im Gebäudebereich werden neben Effizienzmassnahmen eine Wärmepumpenstrategie, die Erhöhung des Biogasanteils im Gasnetz und eine Förderung von CO₂-armen Wärmenetzen verfolgt. Beim Verkehr werden bis 2030 unter anderem ein Anteil von 60 % für Elektromobile und 11 % erneuerbare Treibstoffe angestrebt.



Committee on Climate Change

Figur 25: Entwicklung der Treibhausgasemissionen des Vereinigten Königreiches 1990 bis 2017 (Reducing UK emissions - 2018 Progress Report to Parliament, Committee on Climate Change, June 2018, Seite 16⁸⁸)

4.6 Fazit zum internationalen Vergleich der Reduktionsziele

Der Vergleich der Reduktionsziele in der EU und ausgewählten Ländern mit den Zielen der Schweiz und den Szenarien WWB und PARIS<2 zeigt zusammenfassend folgende Aspekte auf.

- Die EU als Ganzes und mehrere Mitgliedsstaaten haben bis zum Jahr 2030 deutlich ambitioniertere Reduktionsziele als die Schweiz und es laufen Bestrebungen, diese weiter zu erhöhen.
- Was in der vorliegenden Arbeit für die Schweiz als ambitioniertes PARIS<2 Szenario abgebildet wird, ist in den untersuchten Ländern Schweden, Deutschland, Vereinigtes

⁸⁸ <https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2018/06/CCC-2018-Progress-Report-to-Parliament.pdf> [23.11.2018]

Königreich oder der Niederlande bereits offizielle und beschlossene Politik, zumindest was die Zielsetzung und teilweise auch was die Massnahmen betrifft. Wichtig ist auch die Feststellung, dass die hohen Reduktionsziele nicht einfach mit hohen Emissionen im Bezugsjahr 1990 und deshalb besonders grossen Potenzialen begründet werden können. Vielmehr sind die Ziele auch mit Bezug zu den aktuellen Emissionen ambitioniert. Insbesondere beim Verkehr ist das schweizerische Szenario PARIS<2 im internationalen Vergleich eher als zurückhaltend zu beurteilen.

- Bei den Massnahmen fällt auf, dass oft auch auf institutioneller Ebene Strukturen geschaffen werden, die der Zielerreichung dienen sollen: So das britische Committee on Climate Change (CCC) oder die schwedische Bildung von 4-jährlichen Aktionsprogrammen und die Bindung an den Budgetprozess.

5 Schlussfolgerungen zur Machbarkeit eines Inland-Reduktionsziels von 45-50 %

Im Rahmen der Zusagen zum Pariser Klimaabkommen und in der Vorlage zur Totalrevision des CO₂-Gesetzes strebt die Schweiz zurzeit an, bis 2030 die Treibhausgasemissionen im Inland gegenüber 1990 um 30 % zu reduzieren. Der im Oktober 2018 erschienene «1.5 Grad-Bericht» des IPCC zeigt auf, dass für einen Absenkpfad, der die globale Erwärmung mit hoher Wahrscheinlichkeit auf 1.5-Grad begrenzt, die globalen CO₂-Emissionen (gegenüber 2010) bis 2030 um rund 45 % gesenkt werden müssen, damit sie bis 2050 Netto-Null erreichen⁸⁹.

Die vorliegende Arbeit zeigt anhand eines Szenario PARIS<2, wie mit einer konsequenten Weiterentwicklung der Massnahmen im Gebäudebereich und in der Industrie, verstärkten Anstrengungen in der Landwirtschaft und einem neuen klimapolitischen Schwerpunkt beim Verkehr die Treibhausgasemissionen in der Schweiz bis 2030 um rund 48 % gegenüber 1990 gesenkt werden können (vgl. Figur 27) .

Aufgrund der beschriebenen Wirkungsmechanismen und der erforderlichen Massnahmen, kann das Szenario PARIS<2 als ambitioniert und machbar bezeichnet werden. Die Machbarkeit schliesst nicht nur technische Aspekte mit ein, sondern auch wirtschaftliche Überlegungen, indem die Erneuerungszyklen von Investitionsgütern berücksichtigt werden, um Sonderabschreibungen oder «stranded investments» zu vermeiden.

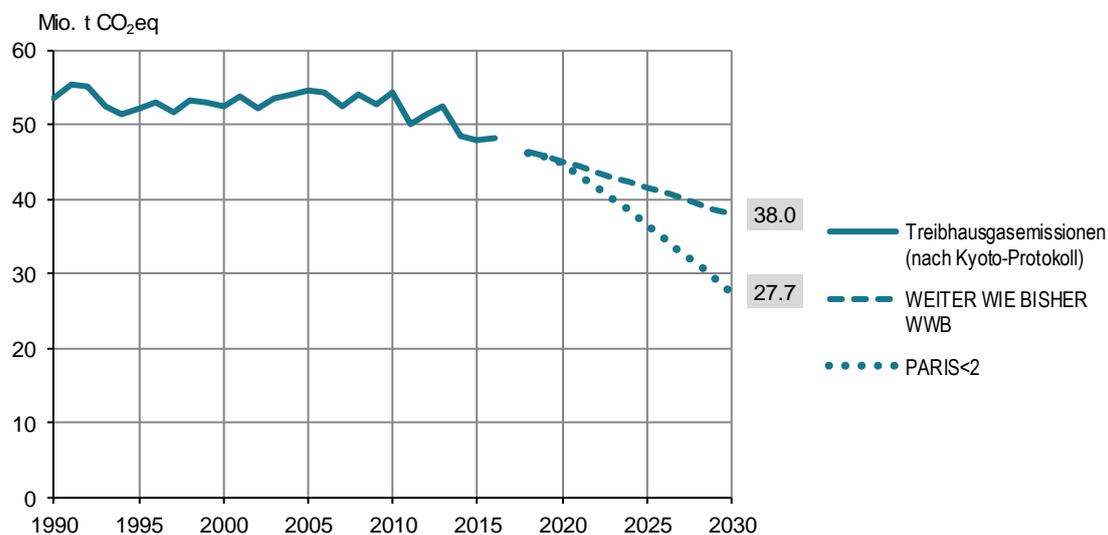
Im Vergleich mit anderen europäischen Ländern fällt auf, dass die Schweiz als Dienstleistungsland mit einem CO₂-armen Strom-Mix zwar eher tiefe Gesamtemissionen pro Kopf aufweist, bei Gebäuden und beim Autoverkehr jedoch zu den Spitzenreitern gehört. Somit sind gerade in diesen Bereichen grosse Potenziale vorhanden, die im Szenario PARIS<2 aktiviert werden. Insbesondere in den nordischen Ländern Dänemark, Schweden und Norwegen finden sich nicht nur deutliche ambitioniertere Zielsetzungen mit Treibhausgasreduktionen gegenüber 1990 von teilweise über 50 %, sondern auch gute Beispiele von erprobten Massnahmen für den klimaverträglichen Umbau der Wärmeversorgung oder die Dekarbonisierung des Verkehrs.

Im Szenario PARIS<2 liegen die Emissionen 2030 mit 28 Mio. Tonnen CO₂eq gegenüber einem Weiter Wie Bisher (WWB)-Szenario mit 38 Mio. Tonnen CO₂eq deutlich tiefer. Die wichtigsten Beiträge zu dieser zusätzlichen Reduktion um über 10 Mio. Tonnen stammen vom Verkehr (5 Mio. Tonnen) und von den Gebäuden (2 Mio. Tonnen), also denjenigen Bereichen, in denen die Schweiz europaweit im Rückstand ist. Die Beiträge dieser beiden Bereiche bringen eine zusätzliche Reduktion der 1990er Emissionen um 13 %.

Gerade auch der Blick auf die Entwicklungen in anderen europäischen Ländern zeigt die Notwendigkeit auf, die Emissionen des gesamten Energiesektors im Blick zu halten. Auf-

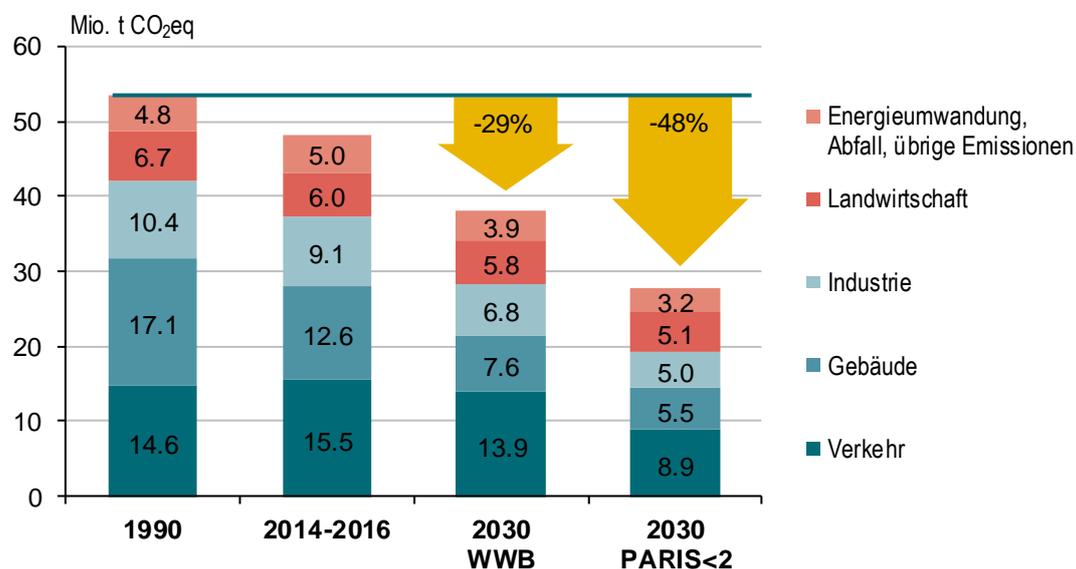
⁸⁹ http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/sr15/sr15_spm_final.pdf ,[23.11.2018] Seite 14

grund des zunehmenden Strombedarfs des Gebäudesektors zur Nutzung von Umweltwärme mittels Wärmepumpen und durch die Elektrifizierung des Verkehrs gewinnen die Energieeffizienz und die CO₂-arme Stromerzeugung zusätzlich an Bedeutung.



econcept (Daten BAFU, BFE, eigene Berechnungen)

Figur 26: Entwicklung der gesamten Treibhausgasemissionen (Inventar gemäss Kyoto-Protokoll) der Schweiz 1990 bis 2016 und in den Szenarien WWB und PARIS<2



econcept (Daten BAFU, BFE, eigene Berechnungen)

Figur 27: Entwicklung der Treibhausgasemissionen der Schweiz nach Sektoren in den Szenarien WWB und PARIS<2

Für eine deutliche Erhöhung des schweizerischen Inland-Reduktionsziels bis 2030 von 30 % auf einen Wert von 45-50 % (jeweils gegenüber 1990) sprechen zusammenfassend folgende Gründe:

- Das Eingrenzen der globalen Erwärmung auf 1.5 Grad ermöglicht eine deutlich stärkere Reduktion der Klimarisiken als bei einer Erwärmung um 2 Grad. Das 1.5 Grad Ziel erfordert global das Erreichen von «Netto-Null» der CO₂-Emissionen bis 2050 und eine Reduktion bis 2030 von 45 %. Die bisher von den Vertragsstaaten des Pariser Klimaabkommens geäusserten Ziele, zu denen das 30 % Ziel der Schweiz gehört, würden zu einer globalen Erwärmung von über 3 Grad führen⁹⁰.
- Gemäss dem vorliegenden Bericht ist die Machbarkeit im Rahmen wirtschaftlich sinnvoller Erneuerungszyklen gegeben, ohne dass ausserordentliche Abschreibungen oder «stranded investments» entstehen.
- Bereits eine Trendfortsetzung («Weiter Wie Bisher» WWB) erreicht eine Reduktion von rund 29 % bis 2030. Mit zusätzlichen oder verstärkten bisherigen Massnahmen kann dieser Wert auf einfache Art und Weise übertroffen werden.
- Die Reduktionsziele vieler wirtschaftlich starker europäischer Länder mit vergleichbarer Ausgangslage und der EU als Ganzes sind deutlich höher und verschiedene Bestrebungen zur weiteren Erhöhung der Reduktionsziele sind im Gang.
- In den Sektoren Gebäude und Verkehr (Personenwagen) liegen die schweizerischen Emissionen pro Person bei den höchsten in Europa. Viele Länder haben spezifisch in diesen Sektoren ambitionierte Ziele beschlossen, ausgehend von bereits heute tieferen Emissionen. Ohne eine rasche Verstärkung der Reduktionsziele und Massnahmen in diesen Bereichen kommt der Schweiz im europäischen Umfeld zunehmend die Rolle des Schlusslichtes zu.
- Durch eine konsequente Weiterentwicklung der Massnahmen im Gebäudebereich und einen neuen klimapolitischen Schwerpunkt beim Verkehr können die gesamten Treibhausgasemissionen bis 2030 gegenüber 1990 im Vergleich zu einem «Weiter Wie Bisher» (WWB) um zusätzliche 7.1 Mio. Tonnen CO₂ oder 13 % reduziert werden. Das heisst alleine mit Massnahmen im Gebäude- und Verkehrsbereich liesse sich das aktuelle Reduktionsziel von 30 % auf deutlich über 40 % erhöhen.
- Entscheidend ist bei den Reduktionen im Gebäude- und Verkehrsbereich, dass diese standortgebunden sind und zwingend in der Schweiz erfolgen. Das heisst, im Gegensatz zu Massnahmen in der Industrie spielen die internationale Wettbewerbsfähigkeit und damit verbunden die Risiken der Abwanderung von Tätigkeiten inkl. deren Emissionen ins Ausland keine Rolle.
- Mit einer ambitionierten klimapolitischen Zielsetzung und den dazugehörigen Massnahmen werden nicht nur bis 2030 höhere Reduktionen der Treibhausgasemissionen erreicht. Es wird auch sichergestellt, dass Investitionsentscheidungen mit langfristigen Wirkungen über das Jahr 2030 hinaus die globale Begrenzung der Klimaerwärmung

⁹⁰ http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/sr15/sr15_spm_final.pdf [23.11.2018] Seite 20

unterstützen. Demgegenüber führt ein Zuwarten mit späterer Verschärfung der Zielsetzung zu häufigeren Fehlentscheidungen mit Investitionen in CO₂-intensive Infrastrukturen und Technologien. Dies erhöht auch das Risiko, dass nach 2030 in deutlich kürzerer Zeit und mit höheren Kosten schnelle Strukturveränderungen durchgesetzt werden müssen.

- Die erwarteten Vorteile einer Pionierrolle im Bereich der grünen Technologien⁹¹ für den Innovationsstandort Schweiz sind auch auf eine Einbettung in eine ambitionierte Klimapolitik mit entsprechender Anwendung dieser Technologien im Inland angewiesen.

⁹¹ Vgl. Mastplan Cleantech des Bundes und Umsetzungsbericht 2014
http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_830138070.pdf [23.11.2018]
vgl. Grüne Wirtschaft: Massnahmen des Bundes für eine ressourcenschonende, zukunftsfähige Schweiz. Bericht an den Bundesrat https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/wirtschaft-konsum/fachinfo-daten/bericht_an_den_bundesratgruenewirtschaft.pdf.download.pdf/bericht_an_den_bundesratgruenewirtschaft.pdf [23.11.2018]

Literatur

Titel
ARE, 2016a. Perspektiven des Schweizerischen Personen- und Güterverkehrs bis 2040, Hautbericht
ARE, 2016b. Perspektiven des Schweizerischen Personen- und Güterverkehrs bis 2040, Technischer Bericht
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.
BAFU, 2015a. Treibhausgasemissionen-Emissionen der Schweiz - Emissionsperspektiven bis 2050
BAFU, 2015b. (Aktualisierung 3.7.2015). Emissionen von Treibhausgasen nach revidiertem CO ₂ -Gesetz und Kyoto-Protokoll, 2. Verpflichtungsperiode (2013–2020)
BAFU, 2016: CO ₂ -Emissionsfaktoren des schweizerischen Treibhausgasinventars
BAFU, 2017. Kenngrößen zur Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen in der Schweiz 1990-2015
BAFU, 2018. Emissionen von Treibhausgasen nach revidiertem CO ₂ -Gesetz und Kyoto-Protokoll, zweite Verpflichtungsperiode (2013-2020, Version Juli 2018)
BAFU, 2018. Entwicklung der Emissionen von Treibhausgasen seit 1990 (April 2018) (EXCEL)
BAFU, 2018. Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990–2016, National Inventory Report 2018 Including reporting elements under the Kyoto Protocol Submission of April 2018 under the United Nations Framework Convention on Climate Change and under the Kyoto Protocol
BAFU/ETH/Infras, 2012. Emission Pathways to reach 2°C Target – Model Results and Analysis. Final Report Zurich, 23 April 2012
BFE, 2018. Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2017
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)
BLW, 2011. Klimastrategie Landwirtschaft. Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel für eine nachhaltige Schweizer Land- und Ernährungswirtschaft
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)
Bundesrat, 2017. Botschaft zur Totalrevision des CO ₂ -Gesetzes
econconcept, 2016. Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 für eine klimaverträgliche Schweiz, Schlussbericht vom 8. Januar 2016
econconcept, 2017. Kosten und weitere Auswirkungen energiepolitischer Szenarien, Schlussbericht vom 24. April 2017.
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. CO ₂ -Emissionen 2008 bis 2012 Kurzfrist-Perspektiven der energiebedingten CO ₂ -Emissionen der Schweiz, Schlussbericht
Ecoplan, 2015. Auswirkungen eines Klima- und Energielenkungssystems für 2030, Analyse mit einem berechenbaren Gleichgewichtsmodell für die Schweiz, Bern.
EnDK, 2014a. Die MuKE 2014 – Ein wesentlicher Schritt zur Umsetzung der Energiestrategie 2050. Beschrieb 6 Seiten.
INFRAS 2017: Pilotstudie zum Treibstoffverbrauch und den Treibhausgasemissionen im Verkehr 1990-2050 - Szenarien für den Strassenverkehr. Schlussbericht

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

IPCC Global Warming of 1.5 °C. an IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty

Kanton Genf, 2014. Directive relative au calcul de l'Indice de dépense de chaleur. Office cantonal de l'énergie de Genève (OCEN), Décembre 2014.

Tabelle 10: Quellenverzeichnis

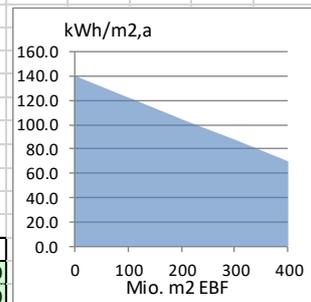
Anhang

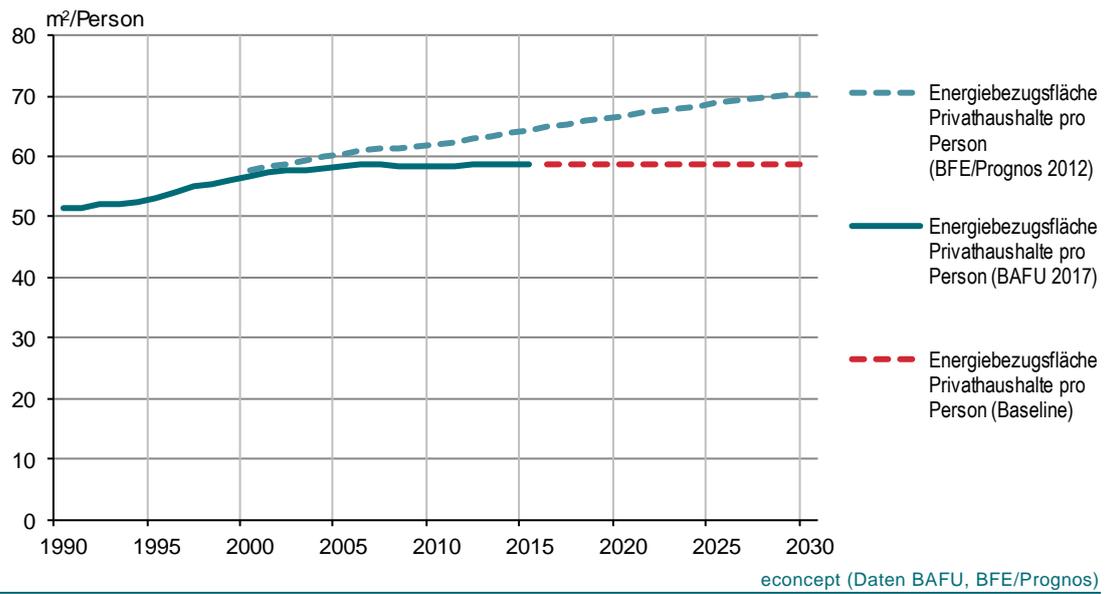
A-1 Abkürzungen

ARE	Bundesamt für Raumentwicklung
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 (Treibhausgasemissionen)
COP21	United Nations Framework Convention on Climate Change, 21st Conference of the Parties
EHS (ETS)	Schweizer bzw. EU-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 2030
MuKE _n	Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich
MWh	Megawattstunde (10 ³ kWh)
N ₂ O	Stickstoffoxid (Lachgas)
NDC	Nationally Determined Contributions
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 Gebäudeparkmodell und weitere Annahmen Gebäudebereich

Farbkonvention						
Farbe gelb = Vorgabe						
Farbe hellgrün= abgeleitete Berechnung						
Zugrundegelegte Annahmen (Auswahl):						
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 "MuKE n 2008"	47.0	169.2				
Neubau Energieniveau "Niedrigenergie"	40.0	144.0				
Neubau Energieniveau "Passivhaus/Nullenergie"	10.0	36.0				
Annahme Weiter Wie Bisher WWB						
Zwischenjahre werden linear interpoliert	Einheit	2000	2010	2020	2025	2030
% Neubaufäche "Durchschnitt 2000" WWB	%	90%	30%	0%		0%
% Neubaufäche "MuKE n 2008" WWB	%	8%	50%	35%		0%
% Neubaufäche "Niedrigenergie" WWB	%	2%	15%	40%		40%
% Neubaufäche "Passivhaus/Nullenergie" WWB	%	0%	5%	25%		60%
spez. Heizwärmebedarf (NE) /m2 EBF Neubau gewichtet WWB	kWh/m2, a	76.6	54.0	35.0		22.0
Ersatzneubaurate Wohnen WWB	% von 2000	0.15%	0.15%	0.15%		0.15%
Energetische Sanierungsrate Wohnen (o. Ersatzneubau) WWB	% von 2000	1.00%	1.00%	1.00%		1.00%
Total Rate Ersatzneubau und energetische Sanierung WWB	% von 2000	1.15%	1.15%	1.15%		1.15%
Spez. Heizwärmebedarf (Nutzenergie) nach Sanierung in % Neubau	%	120%	130%	140%		150%
Spez. Heizwärmebedarf (Nutzenergie) nach Sanierung in kWh/m2, a	kWh/m2, a	91.9	70.2	48.9		33.0
Annahme Paris<2						
Zwischenjahre linear interpoliert	Einheit	2000	2010	2020	2025	2030
% Neubaufäche "Durchschnitt 2000" Paris<2	%	90%	30%	0%		0%
% Neubaufäche "MuKE n 2008" Paris<2	%	8%	50%	35%		0%
% Neubaufäche "Niedrigenergie" Paris<2	%	2%	15%	40%		10%
% Neubaufäche "Passivhaus/Nullenergie" Paris<2	%	0%	5%	25%		90%
spez. Heizwärmebedarf (NE) /m2 EBF Neubau gewichtet Paris<2	kWh/m2, a	76.6	54.0	35.0		13.0
Ersatzneubaurate Wohnen Paris<2*	% von 2000	0.15%	0.15%	0.15%	0.30%	0.30%
Energ. Sanierungsrate Wohnen (o. E'neubau) Paris<2*	% von 2000	1.00%	1.00%	1.00%	2.00%	2.00%
Total Rate Ersatzneubau und energ. Sanierung Paris<2*	% von 2000	1.15%	1.15%	1.15%	2.30%	2.30%
* höhere Werte gelten ab 2020						
Spez. Heizwärmebedarf (Nutzenergie) nach Sanierung in % Neubau	%	120%	130%	140%		200%
Spez. Heizwärmebedarf (Nutzenergie) nach Sanierung in kWh/m2, a	kWh/m2, a	91.9	70.2	48.9		26.0

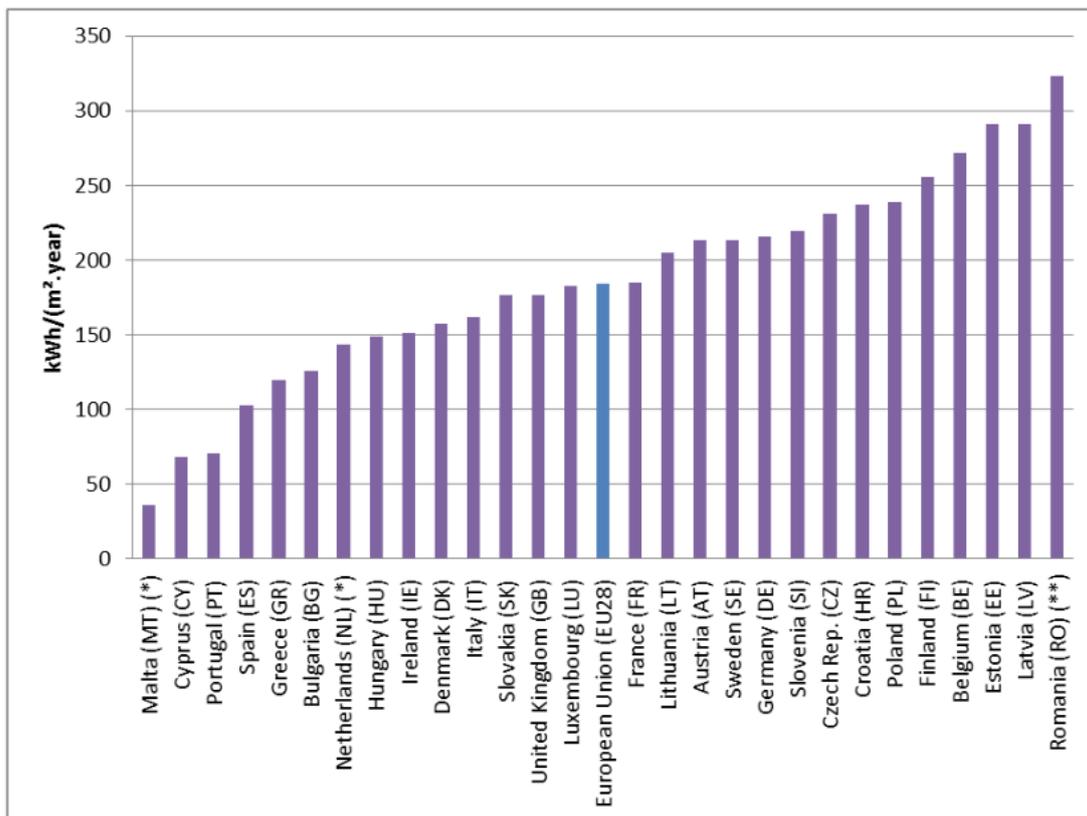




Figur 28: Entwicklung der Energiebezugsflächen pro Person in privaten Haushalten

A-3 Europäischer Vergleich des spezifischen Energieverbrauchs pro m² in Privathaushalten

Figure 16: Latest known annual final energy consumption per square meter in the residential sector (2013 value for all Member States, except (*) 2012 and (**) 2011)



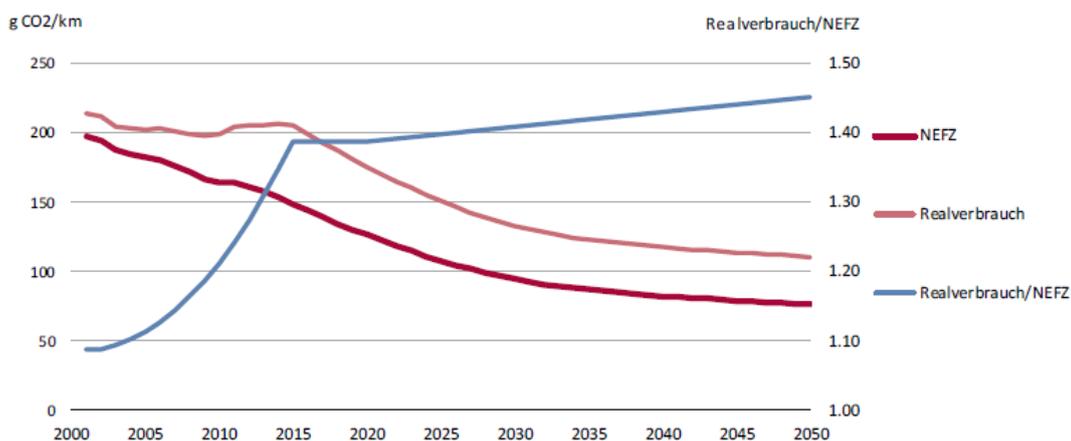
European Commission, 2016. COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT
EVALUATION of Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings (S. 69)

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52016SC0408&from=EN> [23.11.2018]

A-4 Anhang Verkehr – Realverbrauch und Verbrauch nach Testzyklus

Die Treibhausgasstatistik der Schweiz wurde im Verkehrsbereich (UFCCC-Kategorie 1A3) stark überarbeitet⁹². Dabei bildete die INFRAS-Pilotstudie zum Treibstoffverbrauch und den Treibhausgasemissionen im Verkehr eine wesentliche Grundlage⁹³. Wie die nachstehende Grafik zeigt, liegen die CO₂-Emissionen im Realverbrauch rund 40 % über den Werten des bisher massgebenden NEFZ-Zyklus («Neuer Europäischer Fahrzyklus»). Dabei ist zu beachten, dass der ab 2017 eingeführte und ab 2020 ausschliesslich zu verwendende WLTC Prüfzyklus («Worldwide harmonized light vehicles test procedure», auch WLTP abgekürzt) rund 6 % bis 8 % höhere Testwerte ergibt, die Differenz zum Realverbrauch jedoch bestehen bleiben wird.

Abbildung 24: Entwicklung der Diskrepanz zwischen Realverbrauch und NEFZ bis 2050



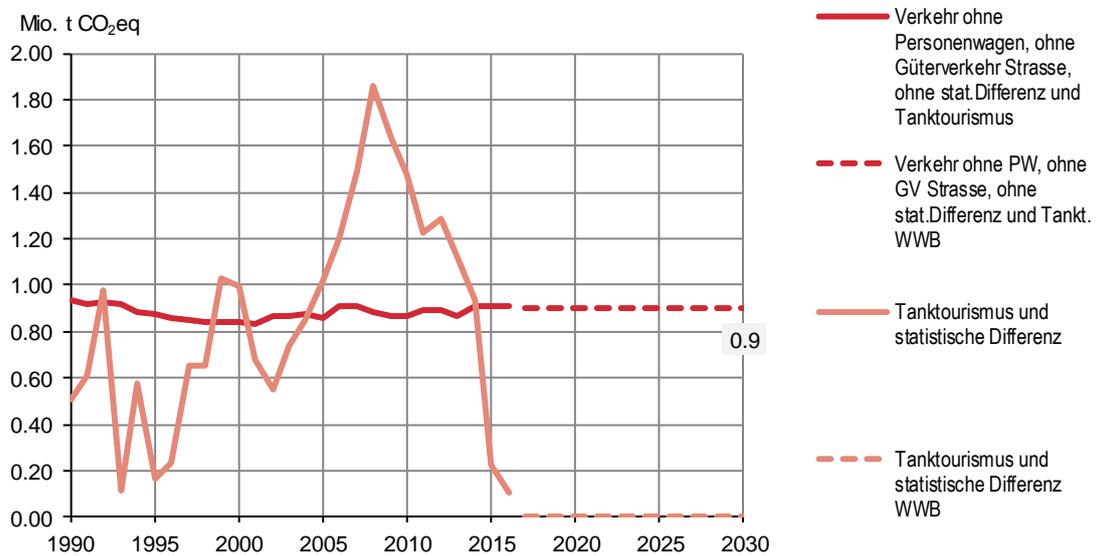
NEFZ (linke Skala): CO₂-Ausstoss eines neu zugelassenen Benzin-PW in der Schweiz (am Bsp. 1.4-2 L Hubraum) im NEFZ
 Realverbrauch (linke Skala): CO₂-Ausstoss eines neu zugelassenen Benzin-PW in der Schweiz (am Bsp. 1.4-2 L Hubraum) im Realverbrauch
 Realverbrauch/NEFZ (rechte Skala): Verhältnis zwischen Realverbrauchs- und NEFZ-Wert

Grafik INFRAS. Quelle: BFE 2016d, ICCT 2016b, eigene Berechnungen

⁹² BAFU 2018, S. 178, S. 487

⁹³ INFAS 2017, u.a. Abbildung S. 46

A-5 Anhang Verkehr – Emissionen ohne Personenwagen und Strassen-Güterverkehr



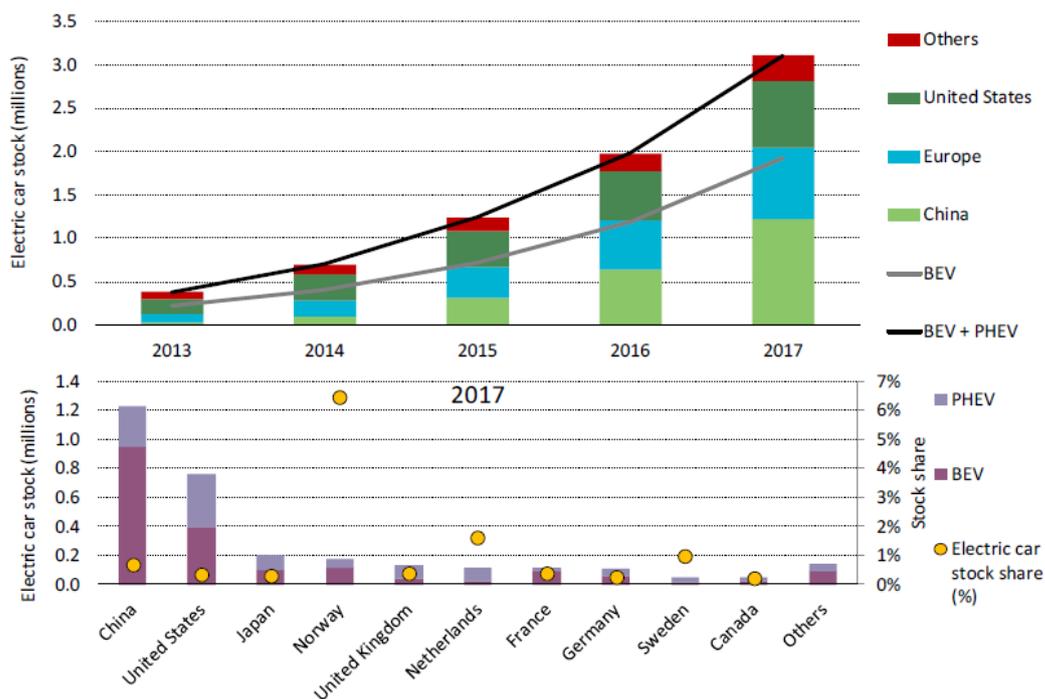
econcept (Daten BAUFU/BFS)

Figur 29: Entwicklung der Treibhausgasemissionen Verkehr ohne Personenwagen und ohne Strassen-Güterverkehrs im Szenario WWB bzw. PARIS<2

A-6 Anhang Verkehr – Internationale Entwicklung der Elektromobilität

Die beiden Jahresberichte zur Elektromobilität der IEA (Global EV Outlook, Nordic EV Outlook) geben einen guten Überblick zum Stand und zur Entwicklung der E-mobilität, inklusive der verschiedenen nationalen Regulierungen. Nachstehend sind Kernelemente der Analysen wiedergegeben.

Figure 2.1 • Passenger electric car stock in major regions and the top-ten EVI countries



Note: BEV = battery electric vehicle; PHEV = plug-in hybrid electric vehicle. Stock shares are calculated based on country submissions and estimates of the rolling vehicle stocks developed for the IEA Mobility Model. The vehicle stocks are estimated based on new vehicle registration data, lifetime range of 13-18 years, and vehicle scrappage using a survival curve that declines linearly in the last five years of the active vehicle life. Lifetimes at the low end of the range are used for countries with higher income levels (and vice versa).

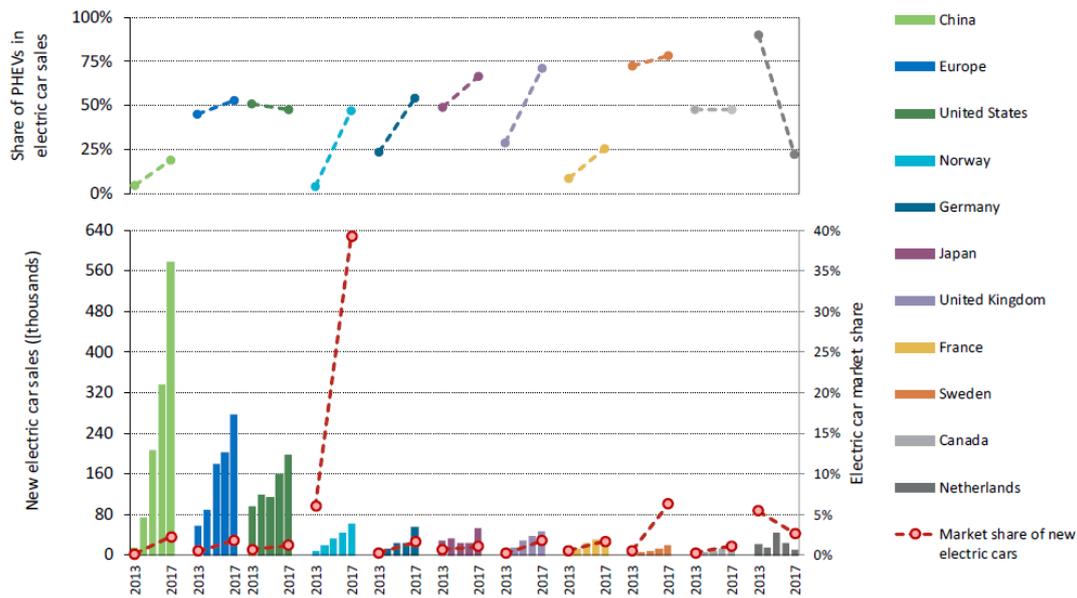
Source: IEA analysis based on country submissions, complemented ACEA (2018), EAFO (2018a).

Key point: There were more than 3 million electric passenger cars on the road worldwide in 2017, 40% of which were in People’s Republic of China (“China”).

Quelle: Global EV Outlook 2018, S. 19

(<https://webstore.iea.org/global-ev-outlook-2018>) [16.11.2018]

Figure 2.2 • Electric car sales and market share in the top-ten EVI countries and Europe, 2013-17



Note: The countries in Figure 2.2 represent the ten leading EVI countries. This ranking closely resembles the ten leading countries worldwide in terms of sales - the only exception is Korea (not an EVI member), which is in the top-ten countries with 14 780 electric car sales in 2017.

Source: IEA analysis based on country submissions, complemented by ACEA (2018) and EAFO (2018a).

Quelle: Global EV Outlook 2018, S. 21

(<https://webstore.iea.org/global-ev-outlook-2018>) [16.11.2018]

Table 2.2 • Incentives for electric car purchase in the Nordic region, 2017

Country	Incentives
Denmark <ul style="list-style-type: none"> • Registration tax benefits • Registration tax exemption 	<p>Until the end of 2015, BEV cars were exempt from paying the (very significant) registration tax (VAT was still applied) (ACEA, 2017c). In 2016, the government decided to gradually phase in a vehicle registration tax for BEVs: 20% of the full registration tax in 2016, 40% in 2017, 65% in 2018, 90% in 2019 and 100% in 2020. The registration tax for cars has also decreased since 2015. These changes paralysed electric car sales. To re-boot the market, the Danish government introduced a deduction based on battery capacity in April 2017. At the same time it decided to maintain the registration tax for BEV cars at 20% for two additional years or until reaching the threshold of 5 000 new registrations (Government of Denmark, 2017). In October 2017, a new reduced registration tax for cars was enforced. This includes new incentives for electric and efficient cars (SKAT, 2018).</p>
Finland <ul style="list-style-type: none"> • Registration tax benefits 	<p>In Finland, the registration tax rate applicable to cars and LCVs is based on CO₂ emissions as reported by the manufacturer. The highest tax rate (50% of the import price) applies when the emissions are above 360 gCO₂/km (ACEA, 2017c). The lowest tax rate applies when vehicle CO₂ emissions are 0 grammes per kilometre. The lowest tax rate is changing in four steps from 3.8% in 2017 to 2.7% in 2019.</p>
Iceland <ul style="list-style-type: none"> • Registration tax and VAT exemption 	<p>Iceland uses a registration tax scheme based on CO₂ emission levels. Since 2010, cars emitting less than 80 gCO₂/km are exempt from the registration tax (ACEA, 2017c). Above that threshold, taxes increase gradually. BEVs are also exempt from VAT up to ISK 1 440 000 (USD 13 500) and PHEV up to ISK 9 600 000 (USD 9 000). The upper level limits the incentive for luxury cars.</p>
Norway <ul style="list-style-type: none"> • Registration tax benefits • Registration tax and VAT exemption • Tax credits 	<p>Norway has a long history in offering electric car incentives, dating back to 1990 (Haugneland et al., 2017). A clear, stable policy framework and political commitment has been crucial to create a long-term reliable EV market conditions. Particularly strong incentives apply to the purchase of zero-emission vehicles (ZEVs), i.e. BEVs and FCEVs. These have been exempted from registration tax since 1990 and from VAT on purchase since 2001. In 2015, the VAT exemption was extended to include leasing. In 2017, PHEVs have been granted a 26% reduction of the registration tax as a deduction on the calculation of the weight tax.</p>
Sweden <ul style="list-style-type: none"> • Registration tax benefits and rebates • Tax credits 	<p>In 2006, Sweden introduced purchase rebates for “green cars”, i.e. energy efficient vehicles and those fuelled by renewables. In 2012, “super green cars”, i.e. vehicles with tailpipe emissions lower than 50 g CO₂/km qualified for a purchase subsidy (<i>supermiljöbilspremie</i>). In 2016, the subsidy was differentiated for BEVs (SEK 40 000 [USD 4 700]) and PHEVs (SEK 20 000 [USD 2 300]) (BilSweden, 2017). Both private and company cars are eligible for this rebate. In addition, the taxation on the benefits from the private use of company cars is lower for electric cars than for traditional ICE cars (Box 2.1).</p>

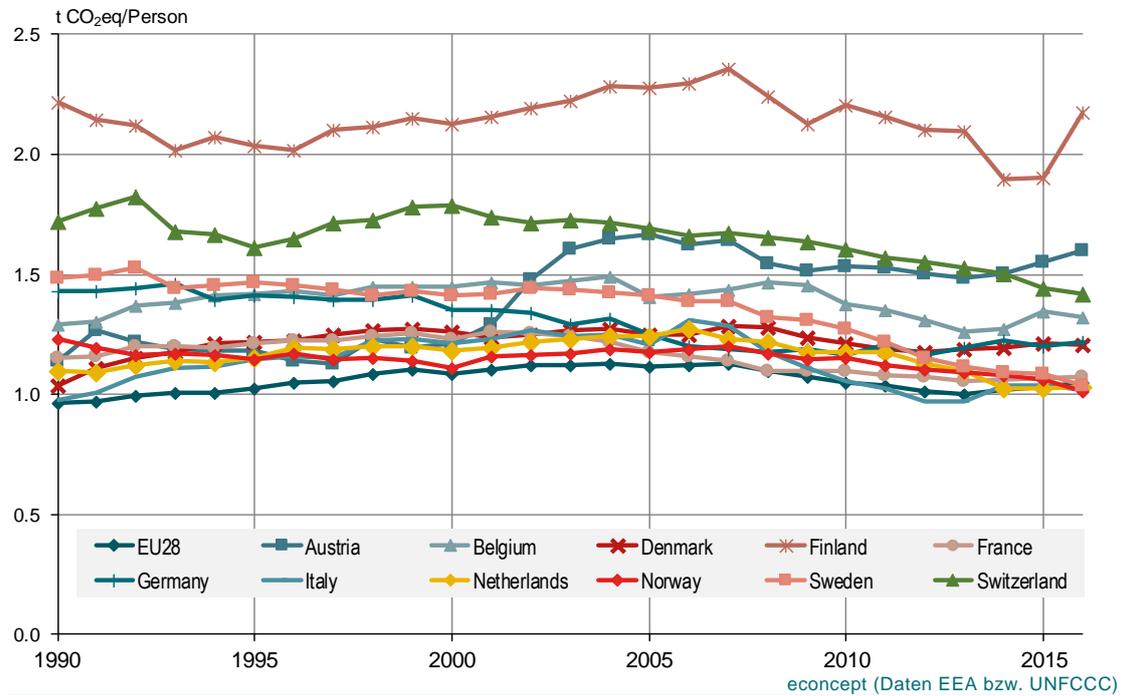
Sources: IEA analysis based on Nordic country submissions; Haugneland et al. (2017); Government of Norway (2017a); ACEA (2017c, 2017d) and EAFO (2017).

Key point: All Nordic countries provide purchase incentives for electric cars, primarily having the form of differentiated registration taxes based on CO₂ emissions or fuel economy ratings.

Quelle: Nordic EV Outlook 2018, S. 21

<https://webstore.iea.org/nordic-ev-outlook-2018> [16.11.2018]

A-7 Anhang Verkehr – Emissionen Personenwagen pro Kopf im internationalen Vergleich



Figur 30: Treibhausgasemissionen von Personenwagen («Cars») pro Kopf (inkl. Finland)

A-8 Anhang Plausibilisierung Ölheizungsersatz

Die Machbarkeit des starken Rückgangs von Heizöl im Szenario PARIS<2 von 18.2 Mia. kWh (2020) auf 3.5 Mia. kWh (-81 %) kann folgendermassen plausibilisiert werden:

- Einerseits bringt bereits die lineare Trendfortsetzung aus der Periode 2013-2017 im Szenario WWB eine Reduktion auf rund 7 Mia. kWh. Wird zudem berücksichtigt, dass sich die jährlichen Abnahmen des Heizöleinsatzes seit dem Jahr 2000 beschleunigt haben und die aktuellen Rahmenbedingungen (CO₂-Abgabe, ausgebautes Gebäudeprogramm usw.) gegenüber dem Trend in WWB eine stärkere Reduktion bewirken, ist auch ohne zusätzliche Massnahmen ein Rückgang deutlich unter 7 Mia. kWh plausibel.
- Andererseits ist in der Periode 2020 bis 2030 mit einem Ersatz von gut der Hälfte der Ölheizungen zu rechnen (bei einer angenommenen Nutzungsdauer von 18 Jahren).
Wenn
 - dieser Ersatz in einem Szenario PARIS<2 vorwiegend ältere Gebäude (GEAK-Klassen F und G) mit überdurchschnittlichem Verbrauch betrifft (z.B. 55 % der Gebäude mit 82 % des Heizölverbrauchs, wenn die betroffenen Gebäude 150% des Durchschnittsverbrauchs aufweisen),
 - nur in 10 % der Fälle wieder eine Ölheizung installiert werden (die anderen wechseln zu erneuerbaren Energieträgern oder Gas) und alle diese Fälle mit einer energetischen Sanierung (Reduktion um 60 %) zu kombinieren sind,
 - ... so brauchen diese Gebäude mit Heizungsersatz statt 82 % noch 3 % ($82\% \cdot 10\% \cdot 40\%$) des gesamten Heizöls von 2020 oder sparen 79 %.
 Wenn zudem die übrigen Liegenschaften ohne Heizungsersatz (mit $100-83=17$ % des Verbrauchs im Jahr 2020)
 - durch Sanierungen und erneuerbare Energien (Solarthermie) eine weitere Reduktion auf 15 % des gesamten Verbrauchs von 2020 erreichen (indem z.B. in 10 Jahren 1/5 der Gebäude um 50% weniger Öl verbrauchen, $17\% \cdot 20\% \cdot 50\%$), also eine Einsparung um 2 % des gesamten Verbrauchs von 2020
- resultiert insgesamt eine Reduktion $79\% + 2\% = 81\%$ oder von 18.2 Mia. kWh (2020) auf 3.5 Mia. kWh (2030).

Diese Abschätzungen beruhen in hohem Masse darauf, dass Liegenschaften mit überdurchschnittlichem Verbrauch erfasst und (bei einem Öl-Öl Heizungsersatz) umfassend saniert werden. Dies müsste durch die Ausgestaltung der Massnahmen berücksichtigt werden.

A-9 Anhang Industrie – Nicht energiebezogene Emissionen

Geogene CO₂-Emissionen aus der Zementherstellung

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.

Fluorierte Gase

Fluorierte Gase sind besonders starke Treibhausgase. Sie werden auch als «in der Luft stabile Stoffe» bezeichnet. Ihr Treibhauspotenzial 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). Die 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.

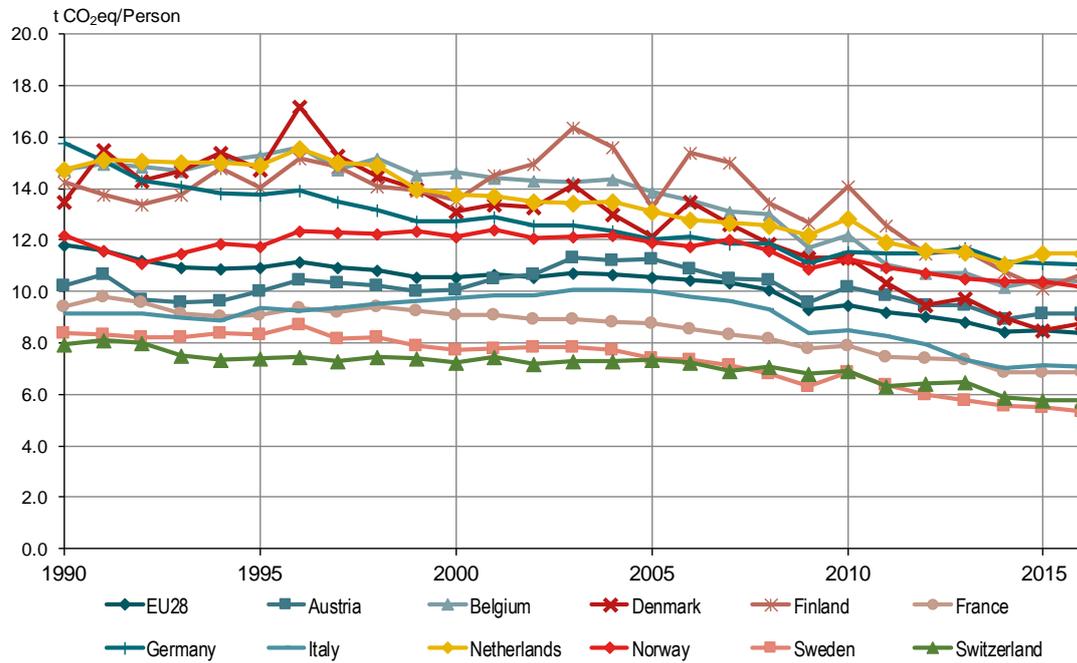
Seit dem Jahr 2000 wurden die Vorschriften zur Limitierung des Einsatzes von F-Gasen laufend verschärft. Bereits im Jahr 2003 wurde beispielsweise ein Verbot für die Herstellung, Einfuhr und Abgabe folgender Geräte und Anlagen erlassen, die mit in der Luft stabilen Kältemitteln betrieben werden: Kühl- 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 Klimaanlage generell die Nachfrage nach fluorierten Gasen steigt.

Rund ein Drittel der Emissionen bei Kühlmitteln stammt aus mobilen Klimaanlage⁹⁴. Die EU verbietet für diese Anwendung seit 2011 die Verwendung von Kältemitteln mit einem Treibhauspotenzial von mehr als 150⁹⁵. 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 Kühlmittel in Diskussion.

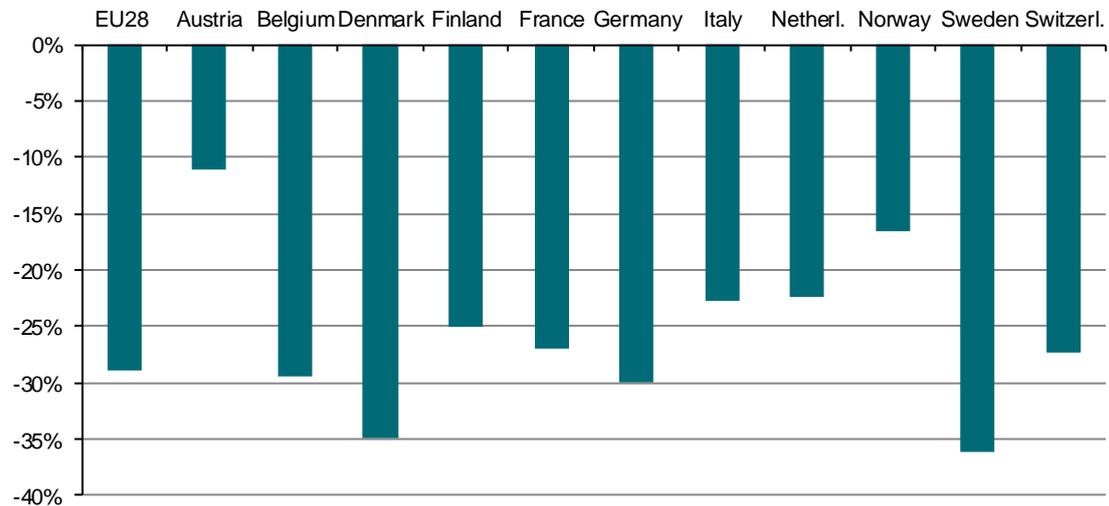
⁹⁴ BAFU, 2015. Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990-2013, National Inventory Report Including reporting elements under the Kyoto Protocol. Submission of 15 April 2015 under the United Nations Framework Convention on Climate Change and under the Kyoto Protocol

⁹⁵ Richtlinie 2006/40/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Emissionen aus Klimaanlage in Kraftfahrzeugen und zur Änderung der Richtlinie 70/156/EWG des Rates

A-10 Treibhausgasemissionen pro Kopf in ausgewählten europäischen Ländern



Veränderung der THG-Emissionen pro Kopf 1990-2016



econcept (Daten EEA bzw. UNFCCC)

Figur 31: Treibhausgasemissionen pro Kopf in ausgewählten europäischen Ländern 1990 bis 2016

