

## 3.4 Energie

Das Energiesystem, bestehend aus Energiebereitstellung und Energienutzung, verursacht heute 75 Prozent der globalen und 80 Prozent der Schweizer Treibhausgasemissionen. Ob die Ziele zur Minderung der Treibhausgase erreicht werden, hängt daher zentral vom Erfolg des Umbaus zu einem CO<sub>2</sub>-armen Energiesystem ab. Ein grosser Teil der globalen Treibhausgase entsteht durch die Stromerzeugung, und ohne Gegenmassnahmen wird hier eine Verdoppelung der CO<sub>2</sub>-Emissionen erwartet. Diese Emissionen könnten mit dem weitgehenden Ersatz durch die Produktion aus erneuerbaren und CO<sub>2</sub>-armen Quellen praktisch eliminiert werden. Auch im Industriesektor lässt sich global eine Halbierung der Emissionen durch effizientere Energienutzung erreichen. In der Schweiz beschränkt sich die Treibhausgasminde rung auf die Energienutzung, da die Elektrizitätsproduktion bereits heute praktisch CO<sub>2</sub>-frei ist. Die grössten Minderungspotenziale bestehen hierzulande im Gebäudereich und im Verkehrssektor.

Alexander Wokaun (Paul Scherrer Institut), Christoph Ritz (ProClim/SCNAT)

### Energiesystem spielt entscheidende Rolle beim Klimawandel

Die Verfügbarkeit von Energie ist essentiell für die soziale Wohlfahrt der Weltbevölkerung, und die Energie ist ein zentraler Produktionsfaktor der Weltwirtschaft. Die Energiebereitstellung basiert heute weitgehend auf der thermischen Nutzung fossiler Energieträger und verursachte 2010 weltweit 37 Gigatonnen der insgesamt ausgestossenen 49 Gigatonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente. Die Nutzung und Bereitstellung von Energie sind mit 75 Prozent für den dominierenden Anteil der weltweiten Treibhausgasemissionen verantwortlich; dabei werden 65 Prozent in Form von CO<sub>2</sub> und 5 Prozent in Form von Methan ausgestossen. Da CO<sub>2</sub> eine lange Verweildauer in der Atmosphäre hat (mehrere hundert Jahre bis Jahrtausende [Solomon 2009]), spielt das Energiesystem eine zentrale Rolle, wenn man den Klimawandel langfristig limitieren will (IPCC 2014/WGIII/Chap. 7).

In der Schweiz stammen sogar 80 Prozent der Treibhausgasemissionen aus dem Energiesystem (41,5 Megatonnen von total 52,6 Megatonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente im Jahr 2013). Grund für den im globalen Vergleich höheren Anteil ist primär der geringere Anteil der Emissionen aus der Landwirtschaft. Da die Bereitstellung (Gewinnung, Raffinierung und Transport) der fossilen Energieträger im Ausland erfolgt und die Stromerzeugung durch Wasserkraft und Kernkraft CO<sub>2</sub>-arm ist, lassen sich in der Schweiz energiebedingte Treibhausgasminde rungen praktisch nur in der Energienutzung realisieren (BAFU 2015).

### Energiesystem: Treibhausgasemissionen in den Sektoren

Die Aufteilung der globalen Treibhausgasemissionen aus der Energiebereitstellung und der Energienutzung auf die vier Sektoren Industrie, Transport, Gebäude und Landnut-

### Das Energiesystem und dessen Treibhausgasemissionen

Um die verschiedenen Quellen von Treibhausgasemissionen zu verstehen, ist es zweckmässig, das ganze Energiesystem zu betrachten. Das Energiesystem setzt sich zusammen aus Energiebereitstellung und Energienutzung:

#### Energiebereitstellung:

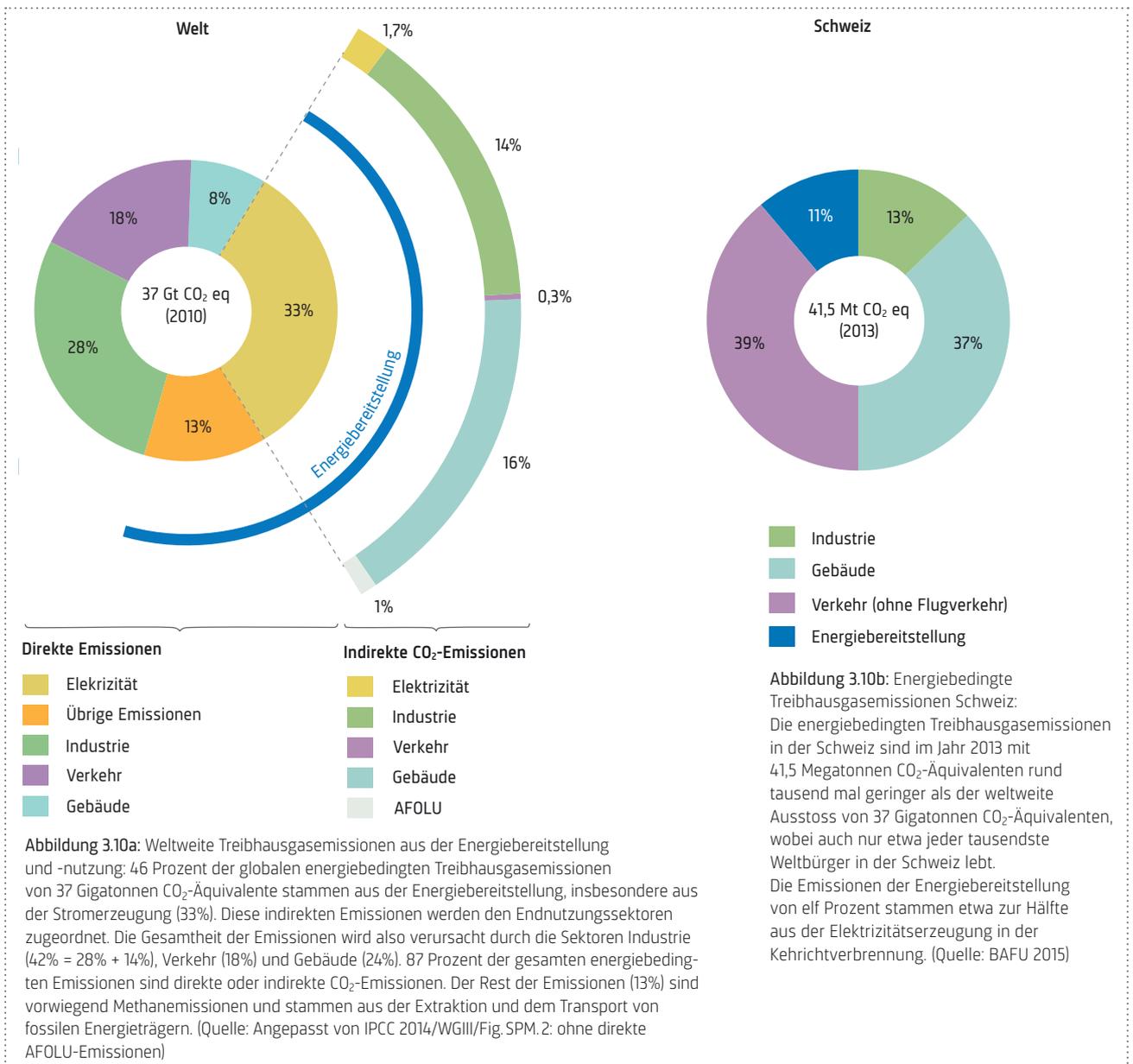
- Gewinnung der Primärenergien (z.B. Kohle, Kernbrennstoff, Wasser, Wind),
- deren Umwandlung zu Sekundärenergie (z.B. in Raffinerien, fossil befeuerten Elektrizitätswerken, Wasserkraftanlagen, Windturbinen, Solarzellen),
- Transport der Sekundärenergie mit Schiffen, Pipelines und Elektrizitätsnetzen zu den Kunden, die diese als Endenergie beziehen.

#### Energienutzung:

- Umwandlung der Endenergie in Nutzenergie (z.B. mechanische Antriebsenergie, Wärme) für Energiedienstleistungen (z.B. Transport von Gütern und Personen, Trocknen von Gütern).

Bei den daraus entstehenden Emissionen kann unterschieden werden zwischen direkten und indirekten Emissionen:

- **Direkte Emissionen** sind diejenigen, die bei der Nutzung der Energie vor Ort anfallen (z.B. beim Fahren eines benzingetriebenen Fahrzeugs oder dem Verbrennen von Öl in einer Ölheizung).
- **Indirekte Emissionen** entstehen bei der Nutzung von Produkten oder von Elektrizität, deren Erzeugung an einem anderen Ort bzw. in einem anderen Land Emissionen erzeugt hat (z.B. Betrieb eines Elektrofahrzeugs mit Kohlestrom).
- **Graue Emissionen** sind indirekte Emissionen, die im Ausland erzeugt wurden und mit den Gütern und deren Transport in die Schweiz importiert werden oder aus dem Flugverkehr stammen.



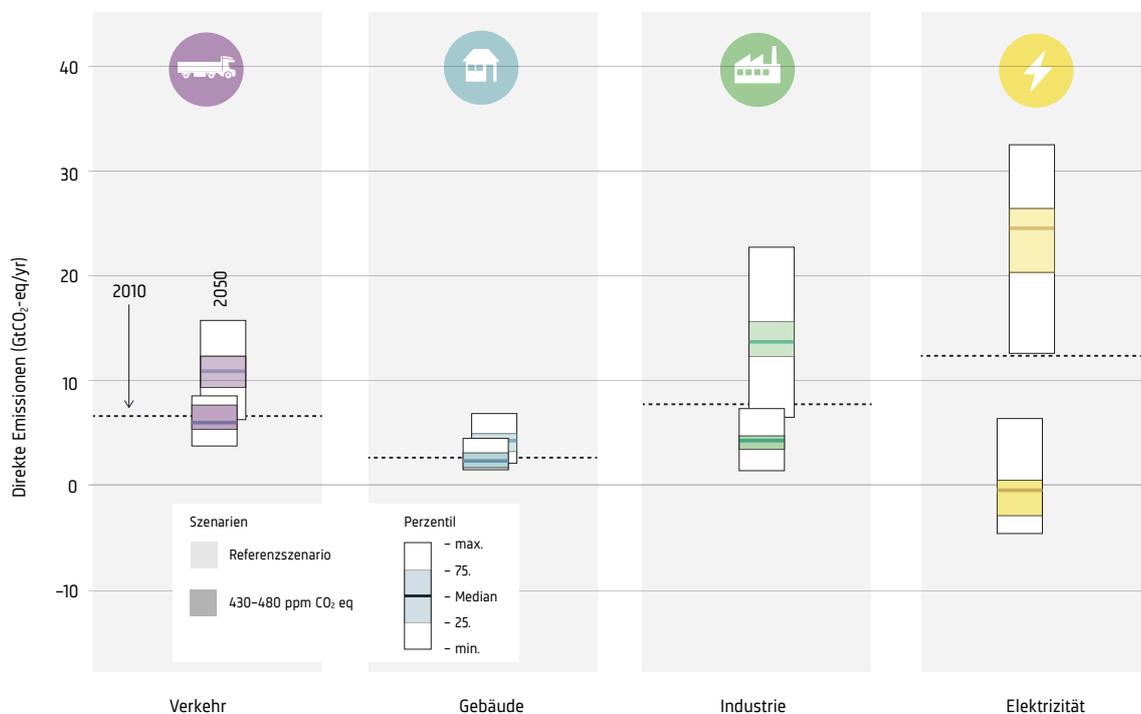
zung unterscheiden sich von derjenigen in der Schweiz beträchtlich (Abb. 3.10a und 3.10b).

### Globale Situation

In Abbildung 3.10a sind die direkten und indirekten Treibhausgasemissionen ersichtlich, die weltweit durch die bedeutendsten Sektoren ausgestossen werden. Fast die Hälfte (46 Prozent) der energiebedingten Treibhausgasemissionen stammen aus der **Energiebereitstellung**. Der grössere Teil davon (33 Prozent vom Total) entsteht bei der Elektrizitätserzeugung (bzw. -bereitstellung) durch fossil befeuerte thermische Kraftwerke, vor allem Kohle-

kraftwerke. Die in thermischen Kraftwerken anfallende Wärme («Abwärme») wird meist nicht genutzt. Die anderen 13 Prozent stammen aus der Gewinnung der fossilen Energieträger, deren Bearbeitung in Raffinerien und beim Transport zu den Endverbrauchern.

Bei der **Energienutzung** ist die Industrie mit 42 Prozent die grösste Quelle von Treibhausgasen. Die Industrie verbraucht fast die Hälfte des gesamten Stroms weltweit und verursacht damit beträchtliche indirekte CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die direkten Emissionen der Industrie (s. a. Box Das Energiesystem und dessen Treibhausgasemissionen, S. 168) stammen rund zur Hälfte aus der Erzeugung von Prozesswärme für die Zement- und Metallproduktion so-



**Abbildung 3.11:** Direkte globale Treibhausgasemissionen nach Sektoren. Die Emissionen 2010 sind als gepunktete Linie dargestellt (sie entsprechen den Werten aus Abb. 3.10a). Die direkten Emissionen steigen in den Sektoren Transport, Industrie und Elektrizitätserzeugung bis 2050 unter der Annahme «Weiter Wie Bisher» (RCP8.5, Balken in schwächeren Farben) verglichen mit heute massiv an. Die Emissionen im Gebäudesektor bleiben etwa auf heutigem Stand. Um das 2-Grad-Ziel zu erreichen (Balken in intensiven Farben) muss insbesondere der Elektrizitätssektor CO<sub>2</sub>-neutral werden. Die Veränderung des Elektrizitätsbedarfs in den einzelnen Sektoren (d.h. die indirekten Emissionen) sind dem Sektor Elektrizität zugerechnet. (Quelle: Angepasst von IPCC 2014/SYR/Fig. SPM.14)

wie die chemische Industrie. Gebäude und Verkehr sind weltweit für 24 Prozent beziehungsweise 18 Prozent der Emissionen verantwortlich, wobei zwei Drittel der Emissionen der Gebäude aus indirekten Emissionen durch den Stromverbrauch bestehen.

### Situation Schweiz

In der Schweiz (Abb. 3.10b) sind die Treibhausgasemissionen aus der **Energiebereitstellung** mit 11 Prozent gering, insbesondere weil die Stromerzeugung mit 60 Prozent Wasserkraft und 40 Prozent Nuklearstrom praktisch CO<sub>2</sub>-frei ist.

Bei der **Energienutzung** dominieren die Treibhausgasemissionen von Verkehr (39 Prozent) und Gebäuden (37 Prozent). Die Emissionen der Industrie sind mit 13 Prozent relativ gering. Der prozentuale Anteil der Emissionen aus dem Verkehrssektor ist damit etwa doppelt so hoch wie in der ganzen Welt.

### Ziele und Massnahmen

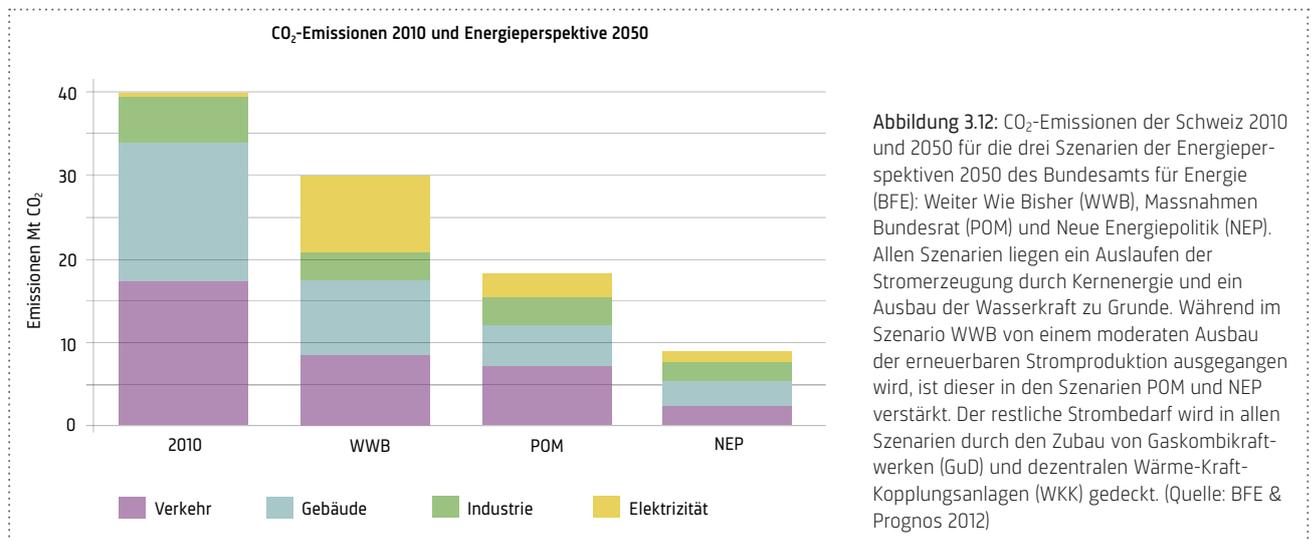
Sowohl auf globaler Ebene wie auf Ebene Schweiz sind die übergeordneten Ziele zur Emissionsminderung dieselben – und sie betreffen in erster Linie den Bereich Energie:

- Die Substitution fossiler Energieträger durch CO<sub>2</sub>-arme Energieträger, welche die Umwelt wenig belasten und
- Eine verminderte Energienutzung durch höhere Energieeffizienz und durch Anpassung des Verhaltens (s. a. Kap. 3.3 Verhaltensänderungen, S. 164).

### Global

#### Energiebereitstellung

Für das Szenario ohne explizite Massnahmen zum Klimaschutz (kurz: Referenzszenario) RCP8.5 wird erwartet, dass sich der Bedarf an Primärenergie weltweit bis 2050 in allen Sektoren gegenüber 2010 fast verdoppelt (Abb. 3.11). Für eine Minderung der Treibhausgasemissionen braucht es somit eine entsprechende Umgestaltung des Energiesystems, wie in den verschiedenen Klimaszenarien diskutiert (s. a. Kap. 1.5 Szenarien für die zukünftigen Treibhausgasemissionen, S. 38). **Elektrizität** gilt dabei



als eine wichtige Alternative zu anderen Endenergien, da eine Dekarbonisierung grosser Kraftwerke einfacher umsetzbar und kostengünstiger ist als in den Sektoren Gebäude, Verkehr und Industrie. Unabhängig vom Szenario ist die Dekarbonisierung der Stromerzeugung dringend, da die Nachfrage nach Elektrizität weltweit steigt. Es stehen prinzipiell folgende Möglichkeiten zur Verfügung:

- Starker Ausbau der erneuerbaren Energien, insbesondere von Windkraftanlagen und Photovoltaik. Die energetische Nutzung der Biomasse kann zusätzlich einen wesentlichen Beitrag leisten. Erwähnt werden auch geothermische Kraftwerke und Ozeanenergie (Gezeiten, Wellen),
- Ersatz von Kohlekraftwerken durch hocheffiziente Gaskombi-Kraftwerke (Wirkungsgrade höher als 60 Prozent),
- Abtrennung des CO<sub>2</sub> aus den Abgasströmen von Kohle- und Gaskraftwerken und geologische Speicherung (Carbon Capture and Storage, CCS) und
- Nutzung der Kernenergie, sofern die Anforderungen an Sicherheit, Brennstoffkreislauf und Abfallmanagement erfüllt werden können.

Nach Einschätzung der IPCC-Autoren sind *alle* diese Massnahmen erforderlich, um eine Stabilisierung des Klimas zu erreichen; im Fünften IPCC-Sachstandsbericht ist deshalb keine Priorisierung zu finden. Die Auswahl aus diesem Portfolio wird von länderspezifischen Gegebenheiten, volkswirtschaftlicher Optimierung und politischen beziehungsweise gesellschaftlichen Präferenzen bestimmt.

### Energienutzung

Die Steigerung der Energieeffizienz ist eine essentielle Voraussetzung für die Erreichung jedes Klima-Stabilisierungsziels, da die Energieeffizienz die Gesamtnachfrage nach Primärenergie wesentlich beeinflusst. Die mögli-

chen Effizienzsteigerungen sind je nach Sektor verschiedenen (Abb. 3.11).

Im **Verkehrssektor** dominieren die direkten Emissionen durch den Treibstoffverbrauch, hauptsächlich von CO<sub>2</sub>. Um hier den Energiebedarf zu vermindern, sind neben technischen Effizienzmassnahmen auch Änderungen im Nutzungsverhalten erforderlich. So müssen die zurückgelegten Distanzen im Personen- und Warenverkehr gesenkt sowie Leerfahrten oder parallele Fahrten von Einzelpersonen auf gleichen Wegstrecken vermieden werden. Die Entwicklung muss in Richtung eines auf mehrere Träger abgestimmten Verkehrssystems gehen. Massnahmen dazu können auf den folgenden Handlungsebenen ergriffen werden:

- Gezielte Raumplanung zur Senkung des Mobilitätsbedarfs und Optimierung des Modalsplits (Verteilung auf die Verkehrsmittel),
- Verhaltensänderungen und Einsatz von Telekommunikation und Informationstechniken zur Reduktion von physischen Transporten,
- Förderung der Verwendung lokaler/regionaler Produkte und einer geographisch konzentrierten Warenherstellung durch einen adäquaten CO<sub>2</sub>-Preis auf dem Gütertransport,
- Effizienzsteigerung der Transportinfrastruktur,
- Effizienzsteigerung der Verkehrsträger und
- Ersatz der fossilen durch kohlenstoffarme Treibstoffe, wobei jeweils der gesamte Herstellungszyklus betrachtet werden muss.

Im **Gebäudebereich** wird bis 2050 weltweit eine Zunahme des Nutzenergiebedarfs um rund 80 Prozent erwartet; Gründe dafür sind im Wohnbereich der wachsende Flächenbedarf pro Person insbesondere in den Schwellen- und Entwicklungsländern sowie das Bevölkerungs-

wachstum und der erhöhte Kühlungsbedarf. Mit ähnlich wachsendem Energiebedarf wird bei kommerziell genutzten Gebäuden gerechnet. Trotzdem ist die Veränderung der direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Gebäude auch ohne klimapolitische Massnahmen verglichen mit den anderen Sektoren relativ gering (schwach gefärbte Balken in Abb. 3.11). Die wichtigsten Gründe dafür sind:

- Bessere Gebäudeisolation und Gebäudetechnik,
- Substitution der fossilen Wärmeerzeugung für Heizung und Warmwasser durch andere Energien, zum Beispiel durch Solarthermie oder Erdwärme und
- Zurechnung des wachsenden Verbrauchs von Elektrizität im Sektor Gebäude zum Sektor Elektrizität.

Die direkten Treibhausgasemissionen im **Industriesektor** wachsen im Basisszenario «Weiter Wie Bisher» rasch an (Abb. 3.11). Nur ein Teil davon sind direkte Emissionen, die aus einem erhöhten Energiebedarf, insbesondere bei der Prozesswärme, resultieren. Der Fünfte IPCC-Sachstandsbericht rechnet damit, dass diese direkten Treibhausgasemissionen um rund die Hälfte gesenkt werden können, und zwar im Wesentlichen durch heute verfügbare Techniken. Auch bei den indirekten Emissionen, das heisst im Elektrizitätsverbrauch, sind in der Industrie massive Einsparungen möglich; diese werden im Sektor Elektrizität verbucht. Weitere Minderungen des Energiebedarfs und damit der Treibhausgasemissionen sind durch eine Steigerung der Materialeffizienz und durch das Recycling energieintensiver Werkstoffe möglich. Die Bewirtschaftung und Wiederverwertung von Abfallströmen wie die Verwendung der Abwärme aus dem Kühlbereich als Prozesswärme liefern weitere Hebel zur Minderung des Energieverbrauchs in der Industrie.

Biomasse, insbesondere Holz, aus dem **Bereich Landwirtschaft, Forstwirtschaft und andere Landnutzung (AFOLU)** war vor Beginn der industriellen Revolution die zentrale Energiequelle, hat aber in den Industrieländern wegen der billigen fossilen Ressourcen an Bedeutung verloren. Die Diskussion über nachhaltige Formen der grossmasstäblichen energetischen Nutzung von Biomasse wird international intensiv geführt. Neben der Konkurrenzierung der Nahrungsmittelproduktion durch den Anbau von Pflanzen für die energetische Nutzung stehen dabei vor allem die Vermeidung von Feinstaub- und Stickoxidemissionen und damit die Luftreinhaltung im Zentrum. In der Schweiz sind entsprechende Konzepte mit der Konzentration auf die Nutzung von Abfällen relativ weit fortgeschritten.

## Schweiz

Die Szenarien der Energieperspektiven 2050 (BFE & Prognos 2012) bilden die Grundlage der Energiestrategie 2050 und sind seit ihrer Veröffentlichung Gegenstand der po-

litischen Diskussion. Das vom Bundesrat dem Parlament vorgelegte erste Massnahmenpaket der Energiestrategie 2050 wird dabei im Szenario «Politische Massnahmen» (POM) abgebildet, wohingegen die langfristigen Ziele der Energiestrategie dem Szenario der «Neuen Energiepolitik» (NEP) folgen. Das Szenario «Weiter Wie Bisher» (WWB) bildet die Entwicklung der bisher in Kraft befindlichen Massnahmen ab (Abb. 3.12).

- **NEP:** Zielszenario mit einer Entwicklung des Energieverbrauchs und der Stromproduktion der Schweiz, die eine Senkung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen bis ins Jahr 2050 auf 1 bis 1,5 Tonnen pro Kopf ermöglicht. Dieses Szenario bedingt eine international abgestimmte CO<sub>2</sub>-Minderungs- und Energieeffizienzpolitik.
- **POM:** Das Szenario ist massnahmenorientiert und zeigt auf, wie sich die Massnahmen des ersten Massnahmenpakets zur Konkretisierung der Energiestrategie auf die Energienachfrage und das Elektrizitätsangebot auswirken. Gezielt gefördert werden in diesem Szenario energetische Massnahmen auf der Energienutzungsseite, der Einsatz erneuerbarer Energien in Gebäuden und erneuerbare Energien auf der Elektrizitätsangebotsseite. Dieses Szenario ist wenig abhängig von der internationalen Energiepolitik.
- **WWB:** Alle heute in Kraft befindlichen energiepolitischen Instrumente, Massnahmen und Gesetze werden während des betrachteten Zeithorizonts bis 2050 weiter geführt und lediglich – allenfalls verzögert – dem technischen Fortschritt angepasst. Dieses Szenario beinhaltet keine Veränderungen im Verhalten oder der Nachfrageentwicklung.

Alle Szenarien gehen davon aus, dass die bestehenden Kernkraftwerke am Ende ihrer Betriebszeit nicht durch neue ersetzt werden. Bei einer Betriebszeit von 50 Jahren ginge im Jahre 2034 das letzte Kernkraftwerk vom Netz. In allen Szenarien wird von einem weiteren Ausbau der Wasserkraft und einem moderaten Zubau von Wärmekraftkopplungsanlagen (WKK) ausgegangen. Während im Szenario WWB (Variante C) von einem moderaten Ausbau der erneuerbaren Stromproduktion ausgegangen wird, ist dieser in den Szenarien POM und NEP deutlich verstärkt (Varianten C und E). Der restliche Strombedarf wird jeweils durch den Zubau von Gaskombikraftwerken (GuD) gedeckt. Damit steigen die CO<sub>2</sub>-Emissionen in allen Szenarien aufgrund des teilweisen Ersatzes der Kernkraftwerke durch Nutzung fossiler Brennstoffe mehr oder weniger stark an.

Nur das Szenario NEP ist kompatibel mit dem politisch deklarierten 2-Grad-Ziel<sup>1</sup>. Es mindert die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2050 um zirka 75 Prozent gegenüber

<sup>1</sup> Am internationalen Klimagipfel COP21 in Paris im Dezember 2015 wurde von den Mitgliedsländern sogar ein Wunschziel von 1,5 Grad Celsius formuliert.

2010, verbunden mit einer Minderung der Nachfrage nach Endenergie um zirka 45 Prozent bei einem angenommenen gleichzeitigen Wachstum der Volkswirtschaft um zirka 45 Prozent (Energieperspektive 2050). Vor allem im Gebäudebereich nimmt der Anteil fossiler Energien für Heizzwecke massiv ab – einerseits dank verbesserter Isolation und andererseits durch die Substitution fossiler Brennstoffe durch alternative Energieträger (vor allem Wärmepumpen, dazu Wärme-Kraft-Kopplung und Fernwärmenetze). Ein zweiter wesentlicher Beitrag wird durch eine drastische Substitution der fossilen Treibstoffe Benzin und Diesel im Verkehrssektor angestrebt. Die Elektrizitätserzeugung beruht vor allem auf Wasserkraft und neuen erneuerbaren Energien. Aufgrund dieser Vorgaben gelingt es im ambitioniertesten Szenario NEP, die inländischen CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2050 um zirka 75 Prozent gegenüber 2010 zu mindern.

## Herausforderungen für die Schweiz

Der Erfolg der Schweizer Massnahmen zur Minderung der Treibhausgasemissionen hängt stark davon ab, wie griffig die Instrumente zur Umsetzung der Energie- und Klimapolitik ausgestaltet werden. Besondere Herausforderungen bestehen in jenen Bereichen, in denen Investitionen einen sehr langen Zeithorizont haben, beispielsweise beim Ausbau von Speicherkraftwerken oder Verkehrsinfrastrukturen.

Eine Herausforderung bildet auch der hohe Anteil der «grauen» beziehungsweise indirekten Emissionen (s.a. Box Das Energiesystem und dessen Treibhausgasemissionen, S. 168) der Schweiz aufgrund des hohen Güterimports und des Tourismus. Diese Emissionen werden bei der Produktion den entsprechenden Ländern zugewiesen und bei Schiffs- und Flugtransporten in keinem Land erfasst. (Jungbluth et al. 2011)

Die Schweiz mit ihrer dichten Siedlungsstruktur und dem gut ausgebauten öffentlichen Verkehr bietet eigentlich gute Voraussetzungen für die Veränderung des Modalsplits und den Einsatz optimierter Antriebskonzepte, sofern die Herstellung der Treibstoffe (Strom und Biotreibstoffe) möglichst CO<sub>2</sub>-arm erfolgt. Vielen Massnahmen im Verkehrsbereich stehen allerdings politische Hindernisse im Weg.

Im Gebäudebereich liegt die Problematik vor allem bei der Sanierung von Altbauten. Diese ist essentiell, um den CO<sub>2</sub>-Ausstoss durch Heizungen mit fossilen Brennstoffen entscheidend zu vermindern. Die aktuelle Sanierungsrate von rund einem Prozent pro Jahr müsste mindestens verdoppelt werden, um die Minderungsziele bis 2050 zu erreichen.

Mit der geplanten massiven Minderung des Verbrauchs fossiler Energieträger nimmt zwar die Auslandsabhängigkeit mit ihren geopolitischen Implikationen bezüglich

dem Import von Rohstoffen ab. Demgegenüber erhält die Elektrizität eine noch bedeutendere Rolle als bis anhin. Dies bedingt auch eine gute Einbindung der Schweiz in das europäische Elektrizitätsnetz. Insbesondere beim Importstrom bestehen massive Marktverzerrungen durch Billig-Strom aus Wind- und Photovoltaikanlagen aufgrund von ausländischen Einspeisevergütungen sowie aus Kohlekraftwerken, weil der Preis für das Emissionsrecht einer Tonne CO<sub>2</sub> heute vernachlässigbar ist. Dies führt zu Rentabilitätsproblemen für die einheimische Wasserkraft – die nach Abschaltung der Kernkraftwerke wichtigste einheimische Stromquelle – die überdies in der Lage ist, Strom saisonal zu speichern.

Der vermehrte Einsatz variabler erneuerbarer Energiequellen bedingt auch einen Ausbau von Redundanzen im Schweizer Stromnetz. Eine Herausforderung sind auch kleine, unabhängige Netze («Microgrids») mit Eigenproduktion wegen des Ausfallrisikos und der Entsolidarisierung. Die Stromversorgung stellt zukünftig besonders im Winter eine Herausforderung dar, da die Produktion der Laufwasserkraftwerke und der Photovoltaik vermindert ist bei gleichzeitig erhöhtem Wärme- und Strombedarf.

Eine weitere Herausforderung ist der Übergang der Stromproduktion von Kernkraftwerken zu erneuerbaren Energiequellen. Der Ausbau von Letzteren wird wahrscheinlich nicht schnell genug erfolgen, um die nach Abschalten der Kernkraftwerke wegfallende Stromproduktion rechtzeitig ersetzen zu können. Sollten in einer Übergangsperiode fossil befeuerte Gaskraftwerke eingesetzt werden, müssten die verursachten Emissionen in anderen Sektoren kompensiert werden, zum Beispiel durch vermehrten Einsatz von Wärmepumpen für die Gebäudeheizung.

## Referenzen

- BAFU (2015) **Treibhausgasinventar 2015**. [www.bafu.admin.ch/treibhausgasinventar](http://www.bafu.admin.ch/treibhausgasinventar)
- BFE, Prognos (2012) **Die Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050. Energienachfrage und Elektrizitätsangebot in der Schweiz 2000 – 2050**. Ergebnisse der Modellrechnungen für das Energiesystem.
- IPCC (2014) **Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change (WGIII)**. Chapter 7 «Energy Systems». [www.ipcc.ch/report/ar5/wg3](http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3)
- IPCC (2014) **Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change (WGIII)**. Summary for Policymakers (SPM). [www.ipcc.ch/report/ar5/wg3](http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3)
- IPCC (2014) **Climate Change 2014: Synthesis Report (SYR)**. [www.ipcc.ch/report/ar5/syr](http://www.ipcc.ch/report/ar5/syr)
- IPCC (2014) **Climate Change 2014: Synthesis Report (SYR)**. Summary for Policymakers (SPM). [www.ipcc.ch/report/ar5/syr](http://www.ipcc.ch/report/ar5/syr)
- Jungbluth N, Nathani C, Stucki M, Leuenberger M (2011) **Environmental Impacts of Swiss Consumption and Production**. A combination of input-output analysis with life cycle assessment. Federal Office for the Environment, Bern. Environmental studies 1111: 171.
- Solomon S, Plattner GK, Knutti R, Friedlingstein P (2009) **Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions**. PNAS 106: 1704–1709.