

Energie Trialog Schweiz

Energie-Strategie 2050

Impulse für die
schweizerische Energiepolitik

Grundlagenbericht

energie trialog
SCHWEIZ



Einheiten und Umrechnungsfaktoren

Vorsätze	Leistungseinheiten	Arbeits- oder Energieeinheiten	Umrechnung von Energie- einheiten in CO ₂ -Emissionen
Kilo k Tausend 10 ³	1 W = 1 Watt = 1 J/s	1 J = 1 Joule = 1 Ws = 0,000278 Wh	Energieträger [t CO ₂ pro TJ]
Mega M Million 10 ⁶		1 Wh = 3600 Ws = 3600 J	Benzin/Diesel 74
Giga G Milliarde 10 ⁹		1 TWh = 3,6 PJ	Erdöl HEL 74
Tera T Billion 10 ¹²			Erdgas 55
Peta P Billiarde 10 ¹⁵			

Mitglieder der Kerngruppe des Energie Trialog Schweiz

Markus Arnet, Zürcher Kantonalbank
Bruno Bébié, Stadt Zürich
Peter C. Beyeler, Kanton Aargau, Präsident Energie Trialog Schweiz
Ernst A. Brugger, Geschäftsführer Energie Trialog Schweiz
Maurus Büsser, Kanton Aargau
Rémy Chrétien, SBB AG
Bernhard de Quervain, Holcim (Schweiz) AG
Philipp Dietrich, Paul Scherrer Institut
Ralph Eichler, ETH Zürich
Hans-Peter Fricker, WWF Schweiz
Walter Gränicher, Alstom (Schweiz) AG
Martin Hofmann, Allreal Generalunternehmung AG
Tony Kaiser, Alstom (Schweiz) AG
Heinz Karrer, Axpo Holding AG
Daniel Koch, SBB AG
Christoph Koellreuter, Metrobasel
Kurt Lötscher, ABB (Schweiz) AG
René Meyer, Migros-Genossenschafts-Bund
Michel Monteil, Holcim (Schweiz) AG
Andreas Münch, Migros-Genossenschafts-Bund
Stefan Nünlist, Swisscom AG
Ivan Raffainer, ABB (Schweiz) AG
Rolf Schaumann, ABB (Schweiz) AG
Jasmin Staiblin, ABB (Schweiz) AG, Vizepräsidentin Energie Trialog Schweiz
Ralph Stalder, Shell (Switzerland)
Andres Türlér, Stadt Zürich
Thomas Vellacott, WWF Schweiz
Kaspar E. A. Wenger, Holcim (Schweiz) AG
Peter Voser, Shell International
Alexander Wokaun, Paul Scherrer Institut
Niklaus Zepf, Axpo Holding AG

2 / 3

Redaktionsteam

Ernst A. Brugger, BHP – Brugger und Partner AG, Energie Trialog Schweiz (Leitung)
Philipp Dietrich, Paul Scherrer Institut
Rahel Gessler, BHP – Brugger und Partner AG, Energie Trialog Schweiz (Programme Management)
Tony Kaiser, Alstom (Schweiz) AG
Thomas Vellacott, WWF Schweiz
Alexander Wokaun, Paul Scherrer Institut
Niklaus Zepf, Axpo Holding AG
Deborah Wettstein-Strässle, BHP – Brugger und Partner AG,
Energie Trialog Schweiz (Assistenz)



Energie Trialog Schweiz: Chancen ergreifen

Vorwort	7
----------------------	---

Teil I *Ausgangslage: Herausforderungen annehmen*

1 Energie – eine globale Herausforderung	
1.1 Die globale Situation	11
1.2 Die aktuellen Herausforderungen für die Schweizer Energiepolitik	13
2 Aktuelle klima- und energiepolitische Verpflichtungen	
2.1 Kyoto-Protokoll	16
2.2 CO ₂ -Gesetz	16
2.3 Energiegesetz	17
2.4 Programm EnergieSchweiz	17
2.5 Energie-Agentur der Wirtschaft	17
2.6 Branchenvereinbarung mit der Cemsuisse	17
2.7 Zielvereinbarung mit den Schweizer Autoimporteuren	18
2.8 Neuausrichtung Energiepolitik durch den Bundesrat	18
2.9 Aktionspläne Energieeffizienz und erneuerbare Energien	18
2.10 Ziele und Förderprogramme auf Kantonebene	19
2.11 Initiativen auf Gemeindeebene	19
3 Perspektiven des künftigen Energieverbrauchs	
3.1 Gesamtenergie	20
3.2 Elektrizität	23

Teil II *Kompass: Lebensqualität sichern*

4 Eine nachhaltige und wettbewerbsfähige Energiepolitik	
4.1 Hohe Lebensqualität dank nachhaltiger Energiepolitik	27
4.2 Vielfältige Anspruchshaltungen	27
4.3 Ziele für eine nachhaltige und wettbewerbsfähige Energiepolitik	32
4.4 Methodisches Vorgehen zur Erarbeitung der Strategie	33

Teil III *Potenziale: Möglichkeiten nutzen*

5 Potenziale für eine effizientere Energienutzung	
5.1 Perspektiven der künftigen Entwicklung	37
5.2 Aktuelle Verwendung von Strom, thermischen Energieträgern und Treibstoffen	38
5.3 Sektor Haushalte	40
5.4 Sektor Dienstleistungen	41
5.5 Sektor Industrie	42
5.6 Sektor Verkehr	43
5.7 Zusammenfassung	46
6 Erwartete Potenziale der erneuerbaren Energien in der Schweiz	
6.1 Stromerzeugung im Inland	52
6.2 Wärmegewinnung	55
6.3 Treibstoffproduktion im Inland	57
6.4 Zusammenfassung	58

7	Einschätzungen zum Energiehandel	
7.1	Einschätzung zum Stromhandel heute und in Zukunft	60
7.2	Risiken beim Import von Erdölprodukten und Erdgas	73
7.3	Import von Uran in Zukunft	74
8	Zwischenbilanz zur Entwicklung von Energienachfrage und Energieangebot	
8.1	Berechnung der Energiebilanz	76
8.2	Resultate bezüglich Gesamtenergienachfrage und -angebot in Zukunft	76
8.3	Entwicklung von Angebot und Nachfrage im Bereich Brennstoffe, Fern- und Umweltwärme	78
8.4	Entwicklung von Angebot und Nachfrage im Bereich Treibstoffe	78
8.5	Entwicklung der Stromnachfrage und des Stromangebots	80
8.6	Abschätzung der Entwicklung der CO ₂ -Emissionen	82
9	Ergänzende volks- und betriebswirtschaftliche Modellrechnungen	
9.1	Energiepreise und Wettbewerbsfähigkeit von Volkswirtschaften	84
9.2	Reduktion der CO ₂ -Emissionen: Kosten oder Investitionen?	85
9.3	Kostenoptimierungsmodell MARKAL	86

Teil IV *Strategie: Massnahmen umsetzen*

10	Konkrete und messbare Ziele		
10.1	Konkrete Zielsetzungen des Energie Trialog Schweiz	93	
11	Strategien für den Umbau unseres Energiesystems		
11.1	Strategische Herausforderungen	98	
11.2	Die strategischen Prioritäten im Überblick	98	
11.3	Die sieben strategischen Pfeiler	99	
12	Die zehn entscheidenden Massnahmen		
12.1	Die optimale Wahl und Ausgestaltung von Massnahmen	102	
12.2	Der Vorschlag der ETS-Kerngruppe für die zehn entscheidenden Massnahmen	104	
12.3	Volkswirtschaftliche Folgen der Energie-Strategie: Kosten oder Investitionen?	109	

4/5

Teil V *Fazit: Zukunft gestalten*

13	Ein starker und gemeinsam getragener Vorschlag	
13.1	Zielerreichung im Überblick	111
13.2	Das CO ₂ -Reduktionsziel	114
13.3	Stromversorgung: Sieben Stossrichtungen für die energiepolitische Diskussion	116
13.4	Vergleichende Beurteilung der Stossrichtungen und weiterführende Arbeiten	121
13.5	Engagement für Lern- und Innovationsprozesse	123

Anhang

14	Abbildungsverzeichnis	126
15	Glossar	129
16	Quellen und weiterführende Literatur	
16.1	Auftragsstudien des Energie Trialog Schweiz	133
16.2	Quellen, weiterführende Literatur und Datenmaterial	134
17	Liste der Teilnehmenden am ETS-Prozess	139



Peter C. Beyeler,
Präsident Energie Trialog Schweiz

Ernst A. Brugger,
Geschäftsführer Energie Trialog Schweiz

Energie Trialog Schweiz: Chancen ergreifen

Wir wollen alle eine langfristige, nachhaltige und wettbewerbsfähige Energiepolitik. Aber der Weg zu diesem anspruchsvollen Ziel ist umstritten.

Deshalb fehlt in der Schweiz eine breit getragene, längerfristig ausgerichtete Energiestrategie.

Der Energie Trialog Schweiz legt hiermit eine solche Strategie vor: erarbeitet als gemeinsamer

Vorschlag zwischen Vertretern aus Wissenschaft, Gesellschaft und Wirtschaft. Gedacht als Impuls für die nötige energiepolitische Diskussion in der Schweiz.

Wir brauchen Energie! Brauchen wir eine Strategie?

Die Schweiz ist ein kleines, weltoffenes und rohstoffarmes Land. Ihr Wohlstand und ihre Lebensqualität hängen von einer sicheren, effizienten und nachhaltigen Energieversorgung ab. Die Schweiz verfügt heute über eine gute Ausgangsposition. Die absehbaren globalen Herausforderungen können diese jedoch grundsätzlich gefährden. Da die Schweiz auch in Zukunft eine ausreichende Energieversorgung benötigt, ist eine langfristig orientierte Energiestrategie nicht nur wünschenswert, sondern notwendig.

Global gesehen sind zwei grosse Herausforderungen zu erkennen:

- Die weltweite Nachfrage nach Energie wird anhaltend und markant ansteigen. Die Weltbevölkerung wird bis 2050 auf rund 9 Mrd. Menschen zunehmen. Auch ihre Kaufkraft und damit ihr Energiekonsum nehmen zu. Dies führt zu einer deutlichen Verschärfung des Wettbewerbs um Energie – eine Herausforderung von weltwirtschaftlicher und geostrategischer Bedeutung. Auch wenn die Energiepreise, bedingt durch die globale Wirtschaftskrise, gegenwärtig wieder tief sind, werden sie im längerfristigen Trend wieder auf ein höheres Niveau ansteigen. Sie widerspiegeln die Verknappung des Angebots bei rasch steigender Nachfrage.
- Gleichzeitig nimmt der Klimawandel ein Ausmass an, das grosse ökologische, gesellschaftliche und wirtschaftliche Risiken mit sich bringt. Die damit verbundenen Risiken und Kostenschätzungen sind alarmierend: Klimapolitische Entscheide werden auf globaler, europäischer und schweizerischer Ebene unmittelbare Folgen für die Energiepolitik haben.

Angesichts dieser Megatrends greift die gegenwärtige energiepolitische Debatte in der Schweiz zu kurz. Sie ist geprägt von traditionellen Grabenkämpfen und Glaubenskriegen. Sie konzentriert sich stark auf die Stromthematik und orientiert sich zu wenig an einer umfassenden Betrachtung des gesamten Energiesystems. Kurzfristige Eigeninteressen verdrängen längerfristige Lösungsansätze. Die Suche nach den gemeinsamen Interessen von Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt ist zu wenig intensiv. Energiepolitik ist Klimapolitik und ist Wirtschaftspolitik: Wir wissen dies – aber wir handeln nicht danach.

Welches Energiesystem soll die Schweiz im internationalen Kontext langfristig anstreben – und welche energiepolitischen Entscheidungen kann und soll sie kurz- und mittelfristig eigenständig treffen oder zumindest beeinflussen?

Der Energie Dialog Schweiz (ETS) will diese Fragen beantworten. Er hat dafür vor zweieinhalb Jahren eine offene und zukunftsgestaltende Diskussion zwischen Wissenschaft, Gesellschaft und Wirtschaft gestartet. Dieser Dialog führte zu einem gemeinsam getragenen Vorschlag der Trägerschaft des ETS: Die ETS-Kerngruppe einigte sich auf wesentliche energiepolitische Ziele, Strategien und konkrete Massnahmenvorschläge. Die ETS-Kerngruppe erachtet ihre Ziele und Vorschläge als in der Sache notwendig, in der Umsetzung anspruchsvoll, aber realisierbar: sie bedeuten einen weitgehenden Umbau unseres Energiesystems. Die vereinbarten Ziele und Massnahmen stellen den tragenden gemeinsamen Nenner aller Teilnehmerorganisationen dar. Einzelne Teilnehmer erachten weiterreichende Ziele und Massnahmen als sinnvoll und unter bestimmten Voraussetzungen

Die gegenwärtige energiepolitische Debatte in der Schweiz greift zu kurz.



ebenfalls als machbar. Das vorliegende Ergebnis basiert auf wissenschaftlichen Arbeiten, darunter zahlreichen Auftragsarbeiten des ETS. Dieser Prozess erlaubte eine sachliche, transparente und zielorientierte Diskussion von grosser Tiefe. Der Trialog entwickelte eine beeindruckend konstruktive Gesprächskultur.

Trotz grossem zeitlichen Aufwand aller Beteiligten ist es in der ersten Trialog-Phase nicht gelungen, alle Themen gleich tief auszuloten. Dieser Bericht enthält deshalb auch Lücken und offene, teilweise neue Fragen, die nach weiterführenden Arbeiten in einer zweiten Phase rufen.

Die ETS-Kerngruppe will mit der vorliegenden Strategie kraftvolle Impulse für eine nachhaltige, wettbewerbsfähige und damit zukunftsgestaltende Energiepolitik liefern. Diese muss einen dreifachen Mehrwert schaffen:

- sie muss die Innovationskraft und die

Wettbewerbsfähigkeit der schweizerischen Volkswirtschaft stärken;

- sie muss eine effiziente Bereitstellung, Übertragung und Nutzung der Energie gewährleisten und so die Versorgungssicherheit garantieren;
- und sie muss die natürlichen Lebensgrundlagen und die Gesundheit der Bevölkerung schützen.

Die ETS-Kerngruppe will mit der «Energie-Strategie 2050» dazu beitragen, dass eine langfristige, nachhaltige und wettbewerbsfähige Energiepolitik umgesetzt werden kann, welche diesen drei Anforderungen gerecht wird. Dann – und nur dann – kann sie zur hohen Lebensqualität für heutige und zukünftige Generationen Wesentliches beitragen.

Das Ziel ist somit hochgesteckt. Der Weg dahin ist weit und voller Hindernisse. Gerade deshalb müssen wir uns jetzt gemeinsam auf diesen Weg begeben.

Peter C. Beyeler
Präsident Energie Trialog Schweiz

Ernst A. Brugger
Geschäftsführer Energie Trialog Schweiz

Die Trägerinstitutionen des Energie Trialog Schweiz

ABB (Schweiz) AG
Allreal Generalunternehmung AG
Alstom (Schweiz) AG
Axpo Holding AG
ETH Zürich
Holcim (Schweiz) AG
Kanton Aargau
Metrobasel

Migros-Genossenschafts-Bund MGB
Paul Scherrer Institut
SBB AG
Shell (Switzerland)
Stadt Zürich
Swisscom AG
WWF Schweiz
Zürcher Kantonalbank

Einmaliger Diskussionsansatz im Energie Trialog Schweiz

Der Energie Trialog Schweiz (ETS) ist ein professionell geführter, wissenschaftsbasierter Trialog zwischen Vertretern aus Wissenschaft, Gesellschaft und Wirtschaft (vgl. Abb. 1). Die breite Abstützung soll das bestehende Wissen und die Ansprüche an die Zukunft so kombinieren, dass eine nachhaltige, wettbewerbsfähige Energiepolitik mehrheitsfähig wird unter Wahrung einer hohen Lebensqualität. Der ETS hat in einem umfassenden Prozess innerhalb der breit abgestützten Trägerschaft¹ einen gemeinsamen Vorschlag zu energie-, klima- und wirtschaftspolitischen Zielen, Strategien und Massnahmen entwickelt. Diejenigen Fragestellungen, bei denen Dissens besteht, werden ausgewiesen.

Dieser Prozess erforderte eine umfassende Aufarbeitung des heute verfügbaren Wissens. Zu zentralen Fragestellungen wurden Expertenworkshops durchgeführt und Grundlagenstudien erarbeitet. Die Liste dieser Studien findet sich im Anhang; die entsprechenden Dokumente können auf der ETS-Website www.energetrialog.ch als PDF-Dateien heruntergeladen werden.

Trotz allen verfügbaren wissenschaftlichen Erkenntnissen bleiben in der Energiepolitik grosse Interpretationsspiel-

räume. Analysen und Entscheidungen sind meistens beeinflusst durch Wertvorstellungen, Eigeninteressen und Erfahrungswerte. Der ETS hat mit seinem offenen und intensiven Diskussionsansatz eine gemeinsame Interpretation entwickelt und die damit verbundenen Annahmen transparent gemacht. Daraus entstand innerhalb der ETS-Kerngruppe ein weitreichender, gemeinsam getragener Vorschlag für die Energie-Strategie 2050.

Der hier vorliegende Gesamtbericht enthält die umfassende Darstellung der Analysen und Empfehlungen mit vielen Quellenverweisen. Die Essenz ist in einem Kurzbericht zusammengefasst. Verantwortlich für beide Berichte ist die Kerngruppe des ETS, die sich aus Vertretern von Wissenschaft, Gesellschaft und Wirtschaft zusammensetzt. Sie wurde unterstützt durch ein Redaktionsteam (siehe Impressum).

Am gesamten Trialog-Prozess haben rund 180 Persönlichkeiten aus Wissenschaft, Gesellschaft und Wirtschaft in unterschiedlicher Art kritisch-konstruktiv mitgearbeitet (siehe Liste im Anhang). Wir danken für dieses Interesse und Engagement für den ETS-Prozess und damit für eine nachhaltige, wettbewerbsfähige Energiepolitik der Schweiz.

Weitere Informationen unter: www.energetrialog.ch



Abb. 1
Organisationsstruktur
des Energie Trialog
Schweiz

¹ Vgl. Liste der Mitglieder der ETS-Kerngruppe auf Seite 3



Teil

Ausgangslage: Herausforderungen annehmen

Unsere hohe Lebensqualität ist ohne Energie nicht denkbar. Doch wie gehen wir mit den möglichen negativen Seiten unseres Energiekonsums um? Wie soll Energiepolitik auch umwelt-, sozial- und wirtschaftspolitische Ziele erreichen helfen? Gelingt es, unsere Energieversorgung nachhaltig auszurichten, so dass auch zukünftige Generationen eine hohe Lebensqualität erschaffen können?

1 Energie – eine globale Herausforderung

Das heutige Energiesystem ist zu wenig nachhaltig. Um die Herausforderungen zu meistern, müssen Wirtschaftswachstum und Energiekonsum entkoppelt sowie die CO₂-Emissionen deutlich reduziert werden.

1.1 Die globale Situation

Unsere Welt erfährt gegenwärtig besonders tiefgreifende und rasche Veränderungen. Die Versorgung mit Energie spielt dabei eine zentrale Rolle. Die grosse Herausforderung besteht darin, dass die Energieversorgung aufgrund der starken Abhängigkeit von fossilen, nicht-erneuerbaren Ressourcen mit zwei fundamentalen Spannungsfeldern verbunden ist, welche es in den nächsten Dekaden aufzulösen gilt:

- weltweit wachsender Energiekonsum versus Klimaänderung mit ihren Risiken und Kosten
- sichere Energieversorgung versus geopolitische Unsicherheiten

Die entscheidenden Trends sind bekannt und weitgehend unbestritten:

- Die Energienachfrage und der CO₂-Ausstoss nehmen gemäss Prognosen der Internationalen Energieagentur (IEA) bei einem Business-as-usual-Szenario von 2006 bis 2030 weltweit um 46 % zu.² Die Nachfrage nach fossilen Energieträgern steigt dabei überdurchschnittlich stark an (vgl. Abb. 2). Über 80 % des Zuwachses kommt von Entwicklungsländern. Wie die Versorgung mit der Nachfrage Schritt halten soll, ist weitgehend unklar.

- Die globale Erdöl- und Erdgasförderung wird in absehbarer Zeit ihren Peak erreichen und kann danach nicht mehr weiter gesteigert werden. Der Kohleabbau wird zurzeit massiv ausgebaut und die Investitionen in die Kernenergie nehmen nach einem Rückgang in den letzten Jahren wieder deutlich zu.
- Die Nachfrage nach Elektrizität nimmt global gegenwärtig um 3,6 % pro Jahr zu.³ Entsprechend gross sind die damit verbundenen Investitionen in die Stromerzeugung.
- Die neuen erneuerbaren Energien haben in den letzten Jahren einen markanten Aufschwung erlebt. Dennoch tragen sie erst wenige Prozente zur heutigen Energieversorgung bei.
- Das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) kommt in seinem vierten Sachstandsbericht zum Schluss, dass sich die globale Durchschnittstemperatur bis 2100 je nach Szenario zwischen 1,1 und 6,4 °C erhöhen wird.⁴ Der Anstieg ist im Alpenraum im Vergleich zum globalen Trend rund doppelt so stark. In der Schweiz muss bis im Jahr 2100 mit einer Zunahme der Sommertemperaturen von 3,5 bis 7 °C gerechnet werden.⁵ Falls keine massiven Ge-

Klimawandel und begrenzte fossile Ressourcen prägen unsere Zukunft.

² IEA 2008b

³ IEA 2008b: 40% des Zuwachses ist auf die Verdoppelung der Elektrizitätsnachfrage von China zurückzuführen.

⁴ IPCC 2007

⁵ OeCC 2008



genmassnahmen ergriffen werden, drohen einschneidende Konsequenzen für die Weltbevölkerung und die Ökosysteme.

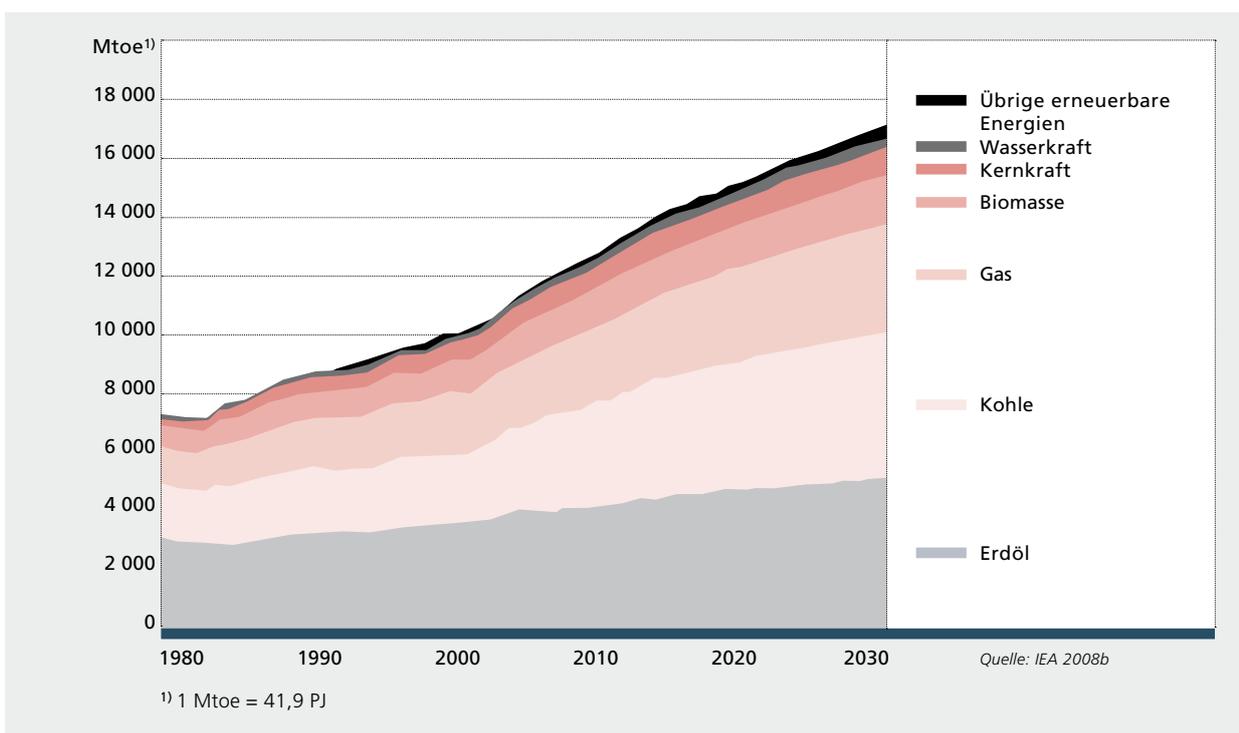
- Der Kampf um die knapper werdenden Energieressourcen wird sich auf die weltwirtschaftlichen und geopolitischen Machtverhältnisse auswirken. Es ist damit zu rechnen, dass die Spannungen in den betroffenen Regionen zunehmen werden. Auch auf den Finanzmärkten dürften die damit verbundenen weltwirtschaftlichen Veränderungen sichtbare Spuren hinterlassen.
- Heute geht auf der gesamten Kette vom Abbau der Energieträger über den Transport bis zur effektiven Nutzung der Energie ein Grossteil des ursprünglichen Energiegehalts verloren. Die Verluste betragen bis zu 80 %.

Auf diese grundlegenden Probleme hat die Weltgemeinschaft bisher keine griffige, mehrheitsfähige und institutionell getragene Antwort entwickelt. Zu komplex sind die Zusammenhänge, zu unterschiedlich die Ausgangspositionen der einzelnen Länder, zu wenig unmittelbar und katastrophal der Problemdruck.

Die zentrale Frage auf globalem Niveau lautet: Werden die einzelnen Länder versuchen, ihre individuellen Interessen mit aller Kraft durchzusetzen – oder suchen die Länder durch eine verstärkte Zusammenarbeit und durch einen Dialog zwischen Politik, Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft nach neuen Lösungen?

Wirtschaftshistorisch betrachtet stehen wir heute vor einer ähnlichen Phase wie unsere Vorfahren zu Beginn des 19. Jahrhunderts. Die damalige industrielle Revolution war eine Antwort auf eine dramatische Ressourcenverknappung, auf

Abb. 2 Prognose des globalen Energieverbrauchs bis 2030: Business-as-usual-Szenario der IEA



die Herausforderungen der damaligen Internationalisierung und der zunehmenden Mobilität und auf die damit verbundene rasant ansteigende Energienachfrage.

Um die heutigen Herausforderungen bewältigen zu können, braucht es einen ebenso markanten Umbruch im Energiesystem. Im Grunde genommen stecken wir bereits mitten in einer Energieevolution. Das heisst konkret: Die Energieintensität muss drastisch abnehmen und der Energiemix muss möglichst klimaneutral zusammengesetzt sein. Beides ist mittelfristig erreichbar, auch wenn die zunehmende Weltbevölkerung und ihr wachsender Energiekonsum in den Entwicklungsländern diese Trendänderung verlangsamen werden. Gerade die hochentwickelten OECD-Länder könnten schon rasch einen auch volkswirtschaftlich Erfolg versprechenden Innovationspfad einschlagen. Die kleine, hochentwickelte Schweiz hat die Chance, eine nachhaltige und wettbewerbsfähige Energie-Strategie zu ihrem eigenen Vorteil zu realisieren. Dies bedeutet gezielten Wandel und tiefgreifende Veränderungen.

Der Energie Dialog Schweiz (ETS) setzt sich für diese dynamische und tiefgreifende Veränderung ein. Er setzt sich auch dafür ein, dass die kleine, international stark vernetzte Schweiz in diesen Fragen als pro-aktive Akteurin eine Vorreiterrolle übernimmt. Betrachtet man die spezifischen Chancen und Risiken des Landes sowie den hohen wissenschaftlichen Standard, sollte die Schweiz ein grosses Interesse haben, an diesem weltweiten Innovationsprozess mitzuwirken.



1.2 Die aktuellen Herausforderungen für die Schweizer Energiepolitik

Will die Schweiz eine nachhaltige und wettbewerbsfähige Energiepolitik verfolgen, so wie sie die ETS-Kerngruppe formuliert hat, muss sie eine Reihe von Herausforderungen bewältigen:

Klimawandel

Der Energieverbrauch der Schweiz konnte in den letzten Jahren nivelliert werden; aktuelle Szenarien deuten auf eine leichte Reduktion des Gesamtenergieverbrauchs hin (vgl. Kap. 3). Der Energiekonsum bewegt sich aber in absoluten Zahlen immer noch auf einem sehr hohen Niveau. In den letzten Jahren hat der Wirtschaftsstandort Schweiz jährlich rund 40 Mio. t CO₂ (53 Mio. t CO₂-Äquivalente) emittiert. Zählt man auch die graue Energie von importierten Waren und Dienstleistungen dazu, ist der CO₂-Ausstoss der Schweiz rund doppelt so hoch. Damit nimmt die Schweiz global gesehen bezüglich grauer Energie eine Spitzenposition ein.⁶ Auch wenn die Emissionen in absoluten Zahlen im Vergleich zu anderen Ländern gering erscheinen, werden die Einflussmöglichkeiten der Schweiz auf den globalen CO₂-Ausstoss oft unterschätzt: Viele Schweizer Unter-

⁶ Vgl. BAFU 2007, S. 120: Zum Beispiel erhöhen sich die CO₂-Emissionen von Japan unter Berücksichtigung der grauen Energie nur um einen Sechstel. Als anderer Extremfall kann die Tschechische Republik genannt werden, welche netto gesehen CO₂ exportiert. Unter Berücksichtigung der grauen Energie würde ihr CO₂-Ausstoss um einen Fünftel tiefer liegen. Aktuellere Publikationen weisen auf noch höhere Anteile an grauer Energie für die Schweiz hin.



nehmen sind weltweit tätig und investieren im Ausland. Der Finanzplatz Schweiz verfügt – auch in der aktuellen Situation – über das Potenzial, Produkte und Dienstleistungen zu entwickeln, um den globalen CO₂-Ausstoss zu vermindern. Zudem nimmt die Schweiz Einsitz in wichtigen politischen Gremien wie zum Beispiel in der United Nations Framework on Climate Change (UNFCCC).

Abhängigkeit von fossilen Energieträgern

Die Energieversorgung der Schweiz stützt sich zurzeit zu 68 % auf fossile Energieträger, hauptsächlich Erdöl und Erdgas.⁷ Die aktuelle Marktentwicklung sowie Analysen der noch bestehenden Reserven⁸ deuten darauf hin, dass sich der rasant wachsende weltweite Bedarf an fossilen Energieträgern schon bald nicht mehr nur aus leicht erschliessbaren Quellen decken lassen wird. Sowohl Erdöl wie Erdgas stammen zum Teil aus politisch instabilen Ländern. Dies führt zunehmend zu einer kritischen Abhängigkeit, zu Preiserhöhungen und als Folge zu einem wachsenden Abfluss an Kaufkraft in die öl- und gasfördernden Staaten (vgl. Kap. 7.2).⁹ Gleichzeitig lassen sich insbesondere im Verkehr über lange Distanzen die fossilen Energieträger in absehbarer Frist nicht einfach substituieren.

Wachsender Strombedarf – sinkendes Angebot

Aktuelle Szenarien zur Entwicklung des Energieverbrauchs rechnen auch bei einem abnehmenden Gesamtenergieverbrauch mit einer Zunahme der Stromanwendungen.¹⁰ Diese Zunahme wird einerseits auf die steigenden Bedürfnisse der Dienstleistungsgesellschaft zurückgeführt. Andererseits kann schon heute eine zunehmende Substitution von fossilen Brennstoffen durch Umweltwär-

me in Kombination mit elektrischer Energie beobachtet werden, was zur Effizienzsteigerung und CO₂-Reduktion beiträgt. Die Gesellschaft steht somit in einer Phase der zweiten Elektrifizierung.

Strom wird in der Schweiz immer noch hauptsächlich mit Wasserkraft¹¹ und Kernkraft¹² produziert. Die Wasserkraft ist in der Schweiz nur noch beschränkt ausbaubar und droht durch den Klimawandel an Potenzial einzubüssen. Die drei ältesten Kernkraftwerke der Schweiz erreichen nach 2020 die Grenze ihrer technischen Lebensdauer. Gleichzeitig laufen ab 2016 langfristige Lieferverträge mit französischen Kernkraftwerken stufenweise aus. Diese Bezugsrechte belaufen sich heute auf jährlich 18,5 TWh, d.h. mehr als die zweifache Kapazität des Kernkraftwerks Leibstadt. Bei der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien bestehen zwar aus technischer Sicht beträchtliche Ausbaupotenziale. Die Stromgestehungskosten liegen heute in der Schweiz jedoch überall noch über dem Marktpreis des heutigen Strommix. Zudem ist Strom aus Fotovoltaik und Wind nicht jederzeit verfügbar.

Entwicklung effizienter Technologien

Eine deutliche Steigerung der Energieeffizienz ist heute bereits möglich und wird allseits begrüsst, aber noch viel zu wenig umgesetzt. Die effizientere Nutzung von Energie ist der einfachste und günstigste Weg, den Energieverbrauch ohne Wohlstandseinbussen zu reduzieren. Dabei gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass eine Steigerung der Effizienz in vielen Fällen mit Substitutionseffekten verbunden ist. Die Schweiz könnte sich in Zukunft verstärkt als Schrittmacherin in der Entwicklung energieeffizienter Technologien profilieren und durch die Entwicklung von marktfähigen Produkten und Dienstleistungen ihre Export- und Wachstumschancen verbessern.

⁷ BFE 2009e

⁸ Campbell et al. 2007

⁹ World Energy Council 2008

¹⁰ BFE 2007c

¹¹ Rund 59 % (mittlere Erwartung), resp. 49 % im hydrologischen Jahr 2005/06 (ohne Speicherpumpen), vgl. BFE 2007f

¹² Rund 34 % (mittlere Produktionserwartung), resp. 45 % im hydrologischen Jahr 2005/06, vgl. BFE 2007f

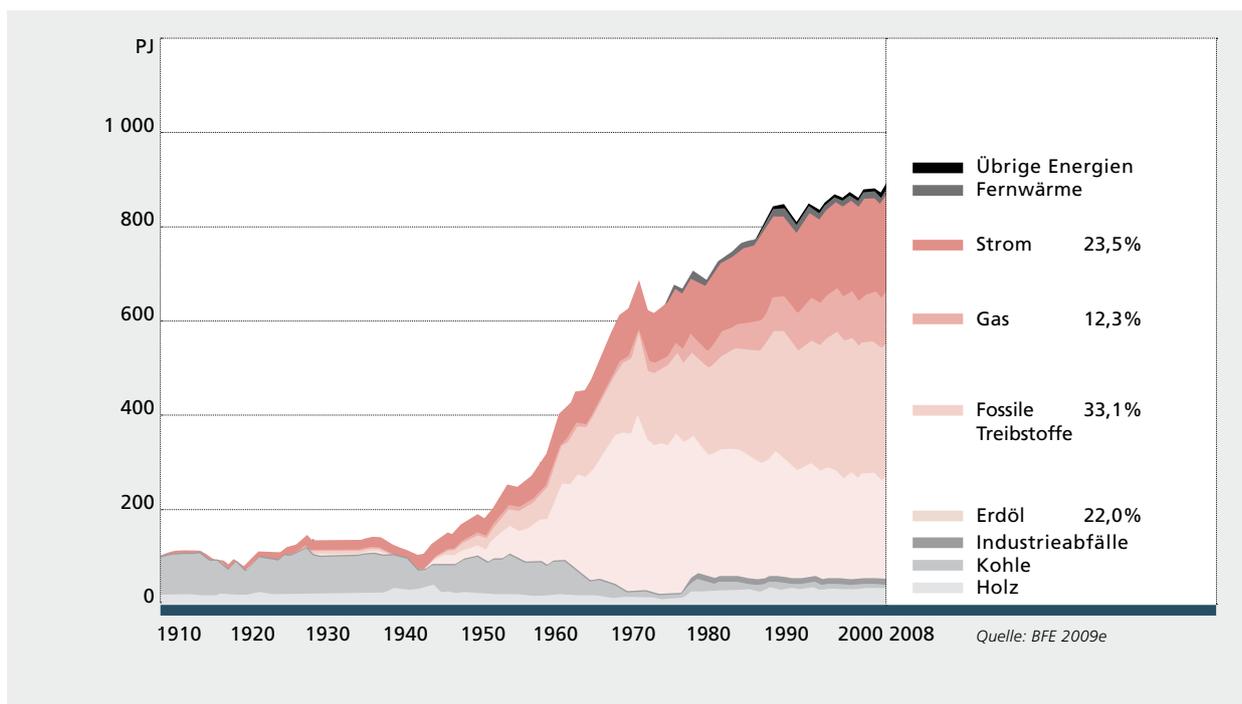
Auch für die Reduktion der Verluste entlang der ganzen Transport- und Umwandlungskette der Energie hat die Schweiz bereits massgeblich zur Technologieentwicklung beigetragen, beispielsweise durch die Steigerung des Wirkungsgrads bei Grosskraftwerken, die Entwicklung effizienterer Motoren oder durch die Mitentwicklung der Technologie zur Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung.

Noch bestehen aber weitere grosse Potenziale für Effizienzsteigerungen, insbesondere beim Verbraucher. Hier verfügt die Schweiz über einen grossen Handlungsspielraum (vgl. Kap. 5). Gegenwärtig ist jedoch in der Schweiz aufgrund der hohen Kaufkraft und der vergleichsweise tiefen Energiepreise nur ein langsames Umstellen auf sparsamere Technologien zu beobachten.

Blockierter politischer Dialog

In der Schweizer Politik mangelt es an einer kräftigen und mehrheitsfähigen Vision, wohin sich das «Energiesystem Schweiz» mittelfristig entwickeln soll. Zwischen den verschiedenen Interessengruppen und auch zwischen den politischen Parteien finden zwar intensive Diskussionen statt bezüglich der Implementierung einzelner Massnahmen. Die sich fundamental ändernden Rahmenbedingungen werden aber eher als Risiko denn als Chance für den Wirtschaftsstandort Schweiz wahrgenommen. Die energiepolitische Herausforderung ist allerdings gross, muss doch einerseits in langen Zeiträumen vorausgedacht und geplant und andererseits eine möglichst rasche Weichenstellung vorgenommen werden, um langfristig wirksame Investitionen heute in die richtige Richtung zu lenken. Von grösster Bedeutung ist deshalb die umgehende Gestaltung von Rahmenbedingungen, die den erwünschten Umbau effektiv fördern.

Endenergieverbrauch in der Schweiz von 1910 bis 2008, aufgeteilt nach Energieträgern **Abb. 3**



2 Aktuelle klima- und energiepolitische Verpflichtungen

Die Schweiz hat die Gestaltung der Energiezukunft heute auf verschiedenen Ebenen in die Hand genommen. Diese innen- und aussenpolitischen Verpflichtungen bilden den Rahmen für die ETS-Energie-Strategie.

Das Kyoto-Nachfolgeabkommen wird die schweizerische Klimapolitik prägen.

2.1 Kyoto-Protokoll

Das Kyoto-Protokoll ist ein 1997 beschlossenes Zusatzprotokoll zur Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen, das 2005 in Kraft getreten ist. Die Treibhausgas-Emissionen sollen weltweit im Zeitraum 2008–2012 gegenüber 1990 um 5,2 % reduziert werden. Die Schweiz hat sich für eine Reduktion von 8 % verpflichtet. Im Jahr 2007 überstiegen die inländischen Treibhausgas-Emissionen den vorgesehenen Zielpfad um 4 %.¹³ Im April 2009 ging das Bundesamt für Umwelt (BAFU) davon aus, dass unter Einbezug der Waldsenkenleistung (rund 0,7 Mio. t CO₂ pro Jahr) und der zugekauften ausländischen Emissionszertifikate (rund 2 Mio. t pro Jahr) die Schweiz das Kyoto-Ziel bis 2012 voraussichtlich doch erreichen wird.¹⁴ Im Dezember 2009 wird in Kopenhagen über das Nachfolgeabkommen für das Kyoto-Protokoll für die Periode ab 2013 verhandelt.

2.2 CO₂-Gesetz

Das CO₂-Gesetz wurde am 1. Mai 2000 in Kraft gesetzt. Das Gesetz verlangt, den CO₂-Ausstoss bis 2010 gesamthaft um 10 % unter das Niveau von 1990 zu reduzieren. Konkret entspricht das einer Reduktion um rund 4,1 Mio. t CO₂. Am 26. August 2009 hat der Bundesrat die Botschaft zur Revision

des CO₂-Gesetzes verabschiedet. Dieser Gesetzesentwurf, der als Basis für die Klimapolitik ab 2013 dienen soll, sieht folgende Zielwerte vor: Die Treibhausgas Emissionen der Schweiz sollen bis zum Jahr 2020 um mindestens 20 % gegenüber 1990 gesenkt werden. Falls sich andere Industrieländer im Rahmen der UNO-Klimakonferenz im Dezember 2009 in Kopenhagen auf ein weiter gehendes Ziel (minus 30 %) verpflichten, will der Bundesrat nachziehen. Das Reduktionsziel von 20 % muss mindestens zur Hälfte durch Massnahmen im Inland erreicht werden.¹⁵

Um die Ziele des Kyoto-Protokolls und des schweizerischen CO₂-Gesetzes zu erreichen, hat der Bundesrat ab 1. Januar 2008 eine CO₂-Abgabe auf Brennstoffe eingeführt. An dieser Abgabe will er gemäss Vorlage zur Revision des CO₂-Gesetzes (26.8.2009) auch weiterhin festhalten. Die Treibstoffe (Benzin und Diesel) sind von der CO₂-Abgabe nicht betroffen. Stattdessen wurde auf privatwirtschaftlicher Ebene die Erhebung eines Klimarappens auf Treibstoffen vereinbart (Stiftung Klimarappen). Die Stiftung hat per 31. Dezember 2007 Verträge für den Kauf von Kyoto-Zertifikaten im Umfang von erwarteten 7,14 Mio. t CO₂ abgeschlossen. Zusammen mit den im Inland unter Vertrag genommenen Reduktionen von 2 Mio. t CO₂ ergibt dies eine vertraglich gesicherte Reduktionsmenge von 9,14 Mio. t CO₂ über den Zeitraum 2008–2012.¹⁶

¹³ BAFU 2009b

¹⁴ BAFU 2009c

¹⁵ BAFU 2009a

¹⁶ Stiftung Klimarappen 2008: Werden auch noch die aufgrund der laufenden Verhandlungen zu erwartenden Emissionsreduktionen dazu gezählt, erhöht sich die gesamthaft Reduktionsmenge auf 12,48 Mio. t CO₂ über den Zeitraum 2008–2012.

2.3 Energiegesetz

Im aktuellen Energiegesetz sind eine Reihe von Zielwerten zur Energiebereitstellung und zum Energieverbrauch festgehalten: «Die durchschnittliche Jahreserzeugung von Elektrizität aus erneuerbaren Energien ist bis zum Jahr 2030 gegenüber dem Stand im Jahr 2000 um mindestens 5400 GWh zu erhöhen. Der Bundesrat kann Elektrizität, welche aus erneuerbaren Energien im Ausland erzeugt wurde, bis zu einem Anteil von 10 % diesem Ziel anrechnen. Die durchschnittliche Jahreserzeugung von Elektrizität aus Wasserkraftwerken ist bis zum Jahr 2030 gegenüber dem Stand im Jahr 2000 um mindestens 2000 GWh zu erhöhen. Der Endenergieverbrauch der privaten Haushalte ist bis zum Jahr 2030 mindestens auf dem Niveau im Zeitpunkt des Inkrafttretens dieser Bestimmung zu stabilisieren.»¹⁷

2.4 Programm EnergieSchweiz

EnergieSchweiz ist das Programm für Energieeffizienz und erneuerbare Energien des Bundes. Es verfolgt bis 2010 (gegenüber 2000) folgende Ziele: Abnahme des Verbrauchs fossiler Energien um 10 % (Stand 2007: -1,9 %), eine Zunahme des Elektrizitätsverbrauch um maximal 5 % (Stand 2008: +12,1 %), eine Zunahme des Anteils an erneuerbarer Energie beim Strom um 0,5 TWh (Stand 2007: +0,38 TWh), sowie eine Zunahme des Anteils an erneuerbarer Energie bei der Wärme um 3,0 TWh (Stand 2007: +2,4 TWh).¹⁸

2.5 Energie-Agentur der Wirtschaft

Die Energie-Agentur der Wirtschaft (EnAW) setzt sich für die Erhöhung der Energieeffizi-



enz und für die Begrenzung der CO₂-Emissionen in Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen ein. Gemäss Rahmenvertrag mit dem Bund strebt sie an, bis Ende 2007 47 % des Energieverbrauchs aus diesem Bereich in Zielvereinbarungen einzubinden. Ende 2007 waren 1800 Teilnehmer bzw. über 40 % der CO₂-Emissionen eingebunden.¹⁹

2.6 Branchenvereinbarung mit der Cemsuisse

Die erste Branchenvereinbarung wurde mit der Cemsuisse abgeschlossen. Im Rahmen einer CO₂-Zielvereinbarung hat sich der Verband der schweizerischen Zementindustrie verpflichtet, die aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe resultierenden Emissionen bis ins Jahr 2010 um 44,2 % zu reduzieren und – obwohl nicht Gegenstand des Gesetzes – die sogenannten geogenen Emissionen, die durch das Brennen von Kalkstein entstehen, um 30,3 % zu senken. Mit einem Reduktionsziel der fossilen CO₂-Emissionen von total 726 000 t erfüllt die Cemsuisse den grössten Inlandbeitrag einer einzelnen Industrie zur Einhaltung des Kyoto-Protokolls. Unter Einbezug der geogenen Emissionen beläuft sich die Gesamtreduktion des Anteils, den die Zementindustrie leistet, auf rund 1,5 Mio. t CO₂.

¹⁷ Energiegesetz (EnG) 2009
¹⁸ EnergieSchweiz 2008
¹⁹ EnAW 2007



Beim Treibstoffverbrauch konnten die angestrebten Reduktionsziele bis jetzt nicht erreicht werden.

Diese erste Branchenvereinbarung wurde am 25. Januar 2008 durch eine CO₂-Befreiungsverfügung abgelöst. Diese sieht vor, dass die aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe resultierenden Emissionen bis ins Jahr 2010 um 51,5 % zu reduzieren sind. Cemsuisse befindet sich per Ende 2008 auf Zielkurs; längerfristig wird die ausreichende Verfügbarkeit von geeigneten alternativen Brennstoffen für die Zielerreichung massgebend sein.

2.7 Zielvereinbarung mit den Schweizer Autoimporteuren

Die Vereinigung der Schweizer Autoimporteure, auto-schweiz, hat mit dem Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) eine Vereinbarung zur Senkung des Treibstoffverbrauchs neuer Personenwagen unterzeichnet. Demnach sollte der Treibstoffverbrauch der Neuwagenflotte von 8,4 l / 100 km im Jahr 2000 bis auf 6,4 l / 100 km im Jahr 2008 gesenkt werden. Bis heute konnte jedoch nur eine Senkung auf 7,14 l / 100 km erreicht werden.²⁰

2.8 Neuausrichtung Energiepolitik durch den Bundesrat

Der Bundesrat hat am 21. Februar 2007 eine Neuausrichtung der Energiepolitik beschlossen, um den drohenden Engpass bei der Stromversorgung²¹ zu schliessen.²² Die Strategie stützt sich auf vier Säulen: Energieeffizienz, erneuerbare Energien, Grosskraftwerke und Energieaussenpolitik. Eine wichtige Massnahme ist die Steigerung der Energieeffizienz. Die erneuerbaren Energien sollen in einem breit diversifizierten wirtschaftlichen Mix ausgebaut werden. Als Übergangslösung sollen Gaskombikraftwerke gebaut werden, die ihren CO₂-Ausstoss vollständig kompensieren müssen. Die Kompensation muss gemäss aktuellem Stand der Diskussion zu 70% respektive 50% im Inland erfolgen. Die bestehenden Kernkraftwerke sollen ersetzt oder durch Neubauten ergänzt werden. Die internationale Zusammenarbeit insbesondere mit der EU soll verstärkt werden und es sollen sobald wie möglich Verhandlungen über eine Anbindung an den europäischen Handel mit CO₂-Zertifikaten aufgenommen werden.

2.9 Aktionspläne Energieeffizienz und erneuerbare Energien

Der Bundesrat hat als Folge der Neuausrichtung der Energiepolitik am 20. Februar 2008 die Aktionspläne zur Steigerung der Energieeffizienz und des Anteils an erneuerbaren Energien verabschiedet.²³ Diese setzen sich aus einem Paket von Anreizmassnahmen, direkten Fördermassnahmen, Vorschriften und Minimalstandards zusammen und verfolgen das Ziel, den Verbrauch fossiler Energien bis 2020 um 20 % zu senken, den Anteil erneuerbarer Energien am gesamten Ener-

²⁰ Autoschweiz 2009

²¹ Das Wort «Stromversorgung» wird in diesem Bericht synonym verwendet für «Elektrizitätsversorgung».

²² BFE 2007g

²³ BFE 2007a, BFE 2007b

gieverbrauch um 50 % zu steigern und den Anstieg des Stromverbrauchs²⁴ zwischen 2010 und 2020 auf maximal 5 % zu begrenzen.

2.10 Ziele und Förderprogramme auf Kantonsebene

Eine Reihe von Kantonen hat in den letzten Jahren eigene Energie-Strategien mit spezifischen Zielen definiert oder ist daran, solche zu erarbeiten.

Im April 2008 hat die Energiedirektorenkonferenz eine deutliche Verschärfung der kantonalen Mustervorschriften im Energiebereich (MuKE) beschlossen. Neubauten dürfen künftig nur noch rund halb so viel Wärmeenergie verbrauchen wie bisher. Zudem wird in den nächsten Jahren ein gesamtschweizerisch einheitlicher, freiwilliger Gebäudeenergieausweis eingeführt.

Im Jahr 2006 wurden von den Kantonen 46 Mio. CHF an Fördermitteln ausbezahlt (inkl. 14 Mio. CHF Globalbeitrag Bund), die zum grossen Teil für die effiziente Energienutzung und erneuerbare Energien und zu einem kleineren

Teil für die Abwärmenutzung eingesetzt wurden.²⁵ Damit konnten Investitionen in der Grössenordnung von 237 Mio. CHF ausgelöst und eine Reduktion des CO₂-Ausstosses um jährlich 77 000 Tonnen erzielt werden.

Seit 1998 gibt es in Basel-Stadt die erste Schweizer Lenkungsabgabe auf Strom. Die Einnahmen werden an die Einwohnerinnen und Einwohner und an die Unternehmen rückerstattet. Als zweiter Kanton hat Waadt im Jahr 2007 eine Stromabgabe eingeführt, die in einen spezifischen Förderfonds fliesst.

2.11 Initiativen auf Gemeindeebene

Heute verfügen über 170 Schweizer Gemeinden in 24 Kantonen mit insgesamt 2,5 Mio. Einwohnerinnen und Einwohnern über das Label «Energistadt». Die damit verbundene Erarbeitung und Umsetzung vielfältiger Massnahmenpläne führte bisher dazu, dass der Verbrauch an fossilen Brenn- und Treibstoffen um rund 0,3 TWh und der Stromverbrauch um 0,072 TWh reduziert werden konnte.²⁶

²⁴ Das Wort «Stromverbrauch» wird in diesem Bericht synonym verwendet für «Elektrizitätsbedarf».
²⁵ EnergieSchweiz 2007
²⁶ Energistadt 2009

3 Perspektiven des künftigen Energieverbrauchs

Der Gesamtenergieverbrauch der Schweiz konnte in den letzten Jahren stabilisiert werden. Ist dies ein Indiz für die Trendwende?

Das Bundesamt für Energie hat in vier Szenarien die mögliche Energiezukunft entworfen.

3.1 Gesamtenergie

In den letzten 60 Jahren hat der Gesamtenergieverbrauch der Schweiz markant zugenommen und sich in dieser Zeit ungefähr verfünffacht. Verschiedene Studien haben berechnet, wie sich der Gesamtenergieverbrauch unter bestimmten wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen bis ins Jahr 2035 bzw. 2050 weiterentwickeln wird. Insbesondere im Rahmen der vom Bundesamt für Energie (BFE) erarbeiteten Energieperspektiven 2035/2050 wurde die mögliche künftige Entwicklung in vier verschiedenen Szenarien im Detail untersucht:²⁷

BFE-Szenario I «Weiter wie bisher» geht im Wesentlichen davon aus, dass die Energiepolitik der 1990er-Jahre fortgesetzt wird. Das heisst: Die Kantone sind weiterhin weitgehend für den Gebäudebereich zuständig, der Bund für die Geräte und Fahrzeuge. Die Anforderungen an den Wärmebedarf der neuen Gebäude werden langsam aber stetig verschärft, die Umsetzung kontinuierlich verbessert. Stromsparen in Dienstleistungsgebäuden wird in die kantonalen Gesetzgebungen aufgenommen. Der Bund weitet die Anforderungen an neue Geräte aus und verschärft sie im Gleichschritt mit dem technischen Fortschritt. Das auf freiwillige Zusammenarbeit bauende Programm EnergieSchweiz wird mit einem konstanten Budget von 45 Mio. CHF pro Jahr weitergeführt, ebenso die kantonalen

Programme im Gebäudebereich. Generell geht das Szenario I von einem autonomen technischen Fortschritt aus. Der spezifische Energieverbrauch der einzelnen Technologien wird wie in der Vergangenheit jährlich um etwa 1 % reduziert. Gleichzeitig führen neue Energiedienstleistungen und eine höhere Technisierung zu einem stetigen Wachstum der Stromnachfrage.

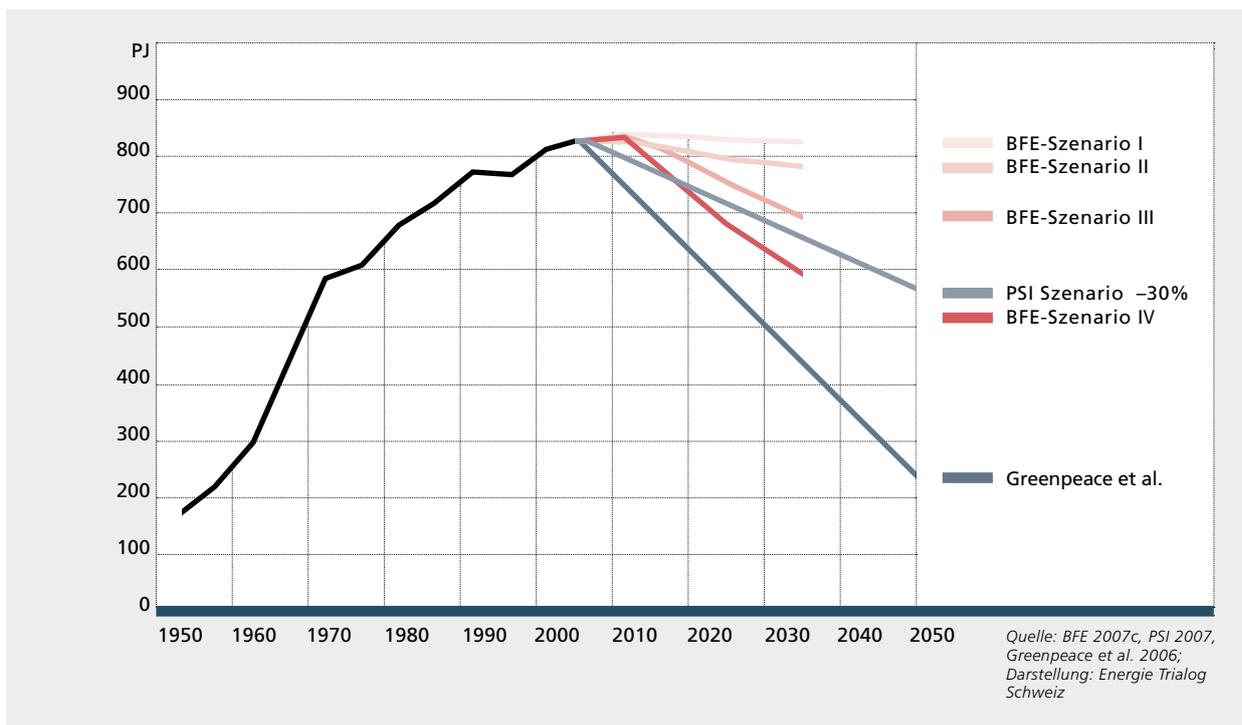
BFE-Szenario II «Verstärkte Zusammenarbeit» ist ein massnahmenbasiertes Szenario, das von einer engeren Kooperation der relevanten Akteure (Bund, Kantone, Gemeinden, Wirtschaft, Gebäudebesitzer, Konsumenten) ausgeht. Dabei werden verschiedene energiepolitische Instrumente eingesetzt: eine CO₂-Lenkungsabgabe auf Brennstoffe in der Höhe von 35 CHF/t CO₂, ein Klimarappen auf Treibstoffe im Umfang von insgesamt 100 Mio. CHF (wovon 70 Mio. CHF für inländische Massnahmen eingesetzt werden), ein Stromrappen mit einem Mittelvolumen von 380 Mio. CHF pro Jahr, mit dem Massnahmen der Stromeffizienz mit 50 Mio. CHF pro Jahr sowie die Stromerzeugung aus neuen erneuerbaren Energien mit bis zu 330 Mio. CHF pro Jahr gefördert werden, Effizienzprogramme seitens der Energieversorgungsunternehmen, ein Bonus-Malus-System für Personenfahrzeuge sowie die Fortführung des Programms EnergieSchweiz. Zudem werden alternative Treibstoffe und Energien im Wärmebereich gefördert.

BFE-Szenario III «Neue Prioritäten» ist ein sogenanntes Zielszenario. Es basiert also zum einen auf Zielvorgaben, zum anderen werden ein energiepolitisches Umfeld und ein Set von Instrumenten angenommen. Ausgangspunkt sind die folgenden Zielvorgaben: Reduktion der CO₂-Emissionen gegenüber dem Jahr 2000 um 20 % bis 2035 und eine Reduktion der Endenergienachfrage pro Person gegenüber dem Jahr 2000 um 20 % bis 2035. Vorausgesetzt wird dabei, dass dem Klimaschutz und der Energieeffizienz weltweit eine deutlich höhere Priorität beigemessen werden. Auf internationaler Ebene werden völkerrechtlich verbindliche Ziele vorgegeben. Die Endenergiepreise werden durch aufkommensneutrale Lenkungsabgaben stark erhöht, die gesetzlichen Anforderungen für neue und zu sanierende Gebäude, für Geräte und energietechnische Anlagen werden radikal verschärft.

BFE-Szenario IV «2000-Watt-Gesellschaft» ist ebenfalls ein Zielszenario. Es soll aufzeigen, wie die Vision einer sogenannten 2000-Watt-Gesellschaft erreicht werden könnte.²⁸ Dabei wird angestrebt, das durchschnittliche Verbrauchsniveau pro Kopf im Vergleich zu heute um zwei Drittel zu reduzieren. Damit dies erreicht werden kann, müssen die energiepolitischen Ziele gegenüber Szenario III deutlich verstärkt werden: Gesamtschweizerisch soll im Vergleich zum Jahr 2000 der CO₂-Ausstoss bis 2035 um 35 % reduziert werden, ebenso der Pro-Kopf-Energieverbrauch. Erneuerbare Energieträger sollen im Jahr 2035 20 % der Stromnachfrage, 30 % der Wärmenachfrage und 10 % der Treibstoffnachfrage decken. Als Instrument ist eine gegenüber Szenario III nochmals um 11 % (Benzin) bis 41 % (Strom) erhöhte Lenkungsabgabe vorgesehen.

20/21

Endenergieverbrauch der Schweiz von 1950 bis 2005 und Szenarien für die weitere Entwicklung bis 2035/2050 **Abb. 4**



28 In diesem Szenario soll der Primärenergiebedarf pro Kopf 2000 W betragen.



Abb. 5 Endenergieverbrauch pro BIP-Einheit in der Schweiz von 1950 bis 2005 und Szenarien für die weitere Entwicklung bis 2035

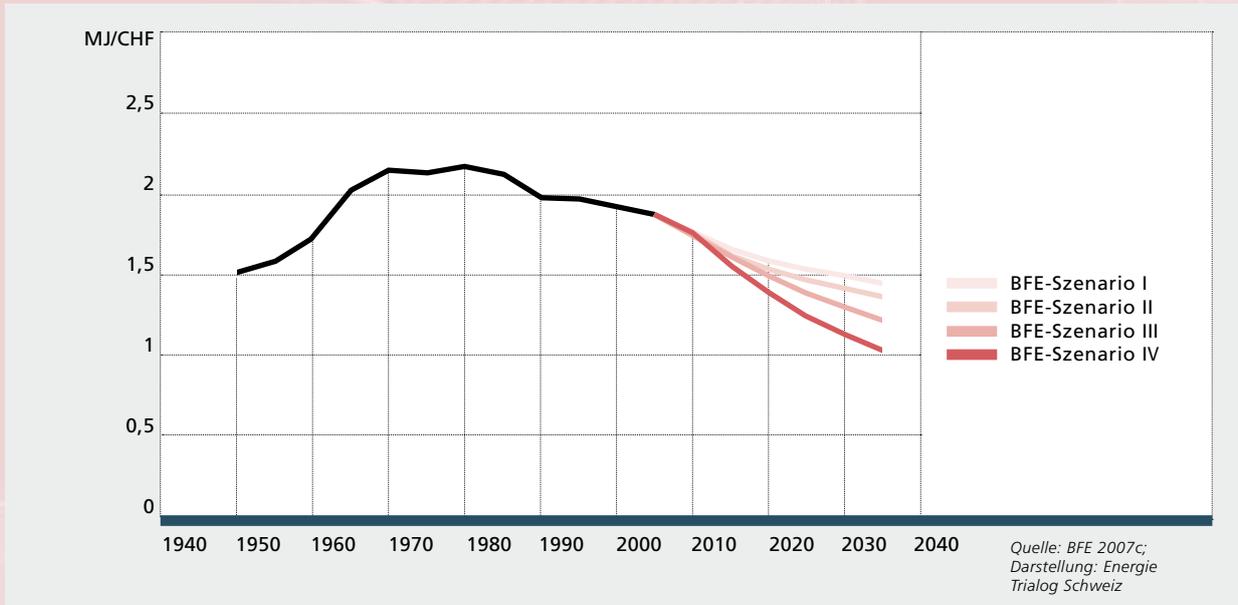
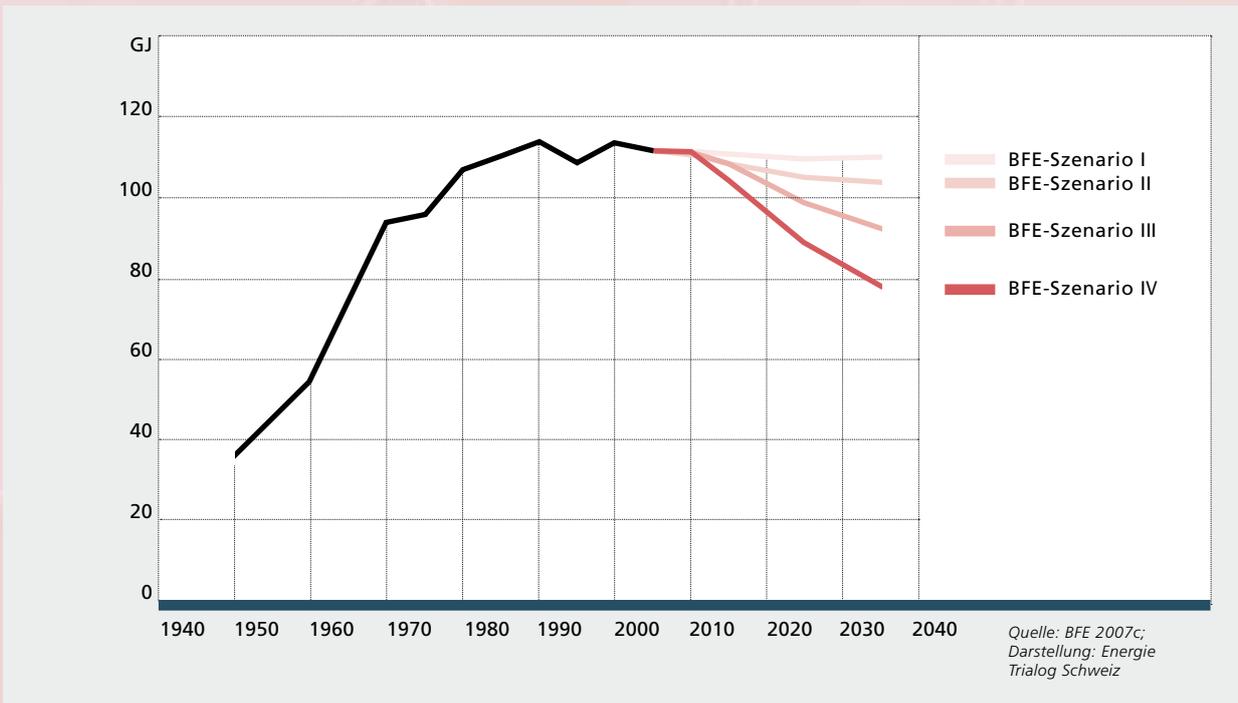


Abb. 6 Endenergieverbrauch pro Kopf in der Schweiz von 1950 bis 2005 und Szenarien für die weitere Entwicklung bis 2035



Zur Zielerreichung soll zudem eine Technologieoffensive gestartet werden, um die technische Energieeffizienz in den Verbrauchsbereichen (Gebäude, Fahrzeuge und Verkehr, Industrie etc.) zu erhöhen. Auch Szenario IV geht davon aus, dass der Klimawandel von allen Staaten als globales Problem akzeptiert und der ursächliche Zusammenhang mit den Treibhausgasen unbestritten ist. Entsprechend geniessen der Klimaschutz, die Verbesserung der Energieeffizienz und der sparsame Umgang mit Rohstoffen höchste Priorität.

Neben den vier BFE-Szenarien wurden für den vorliegenden Bericht noch zwei weitere Studien berücksichtigt:

Greenpeace et al., eine Studie der Umweltverbände, nimmt an, dass bei jedem Kaufentscheid künftig die beste verfügbare Technologie zum Zug kommt und dass eine zielorientierte Lenkungsabgabe auf allen Energieträgern, verschärfte Normen für Geräte und Gebäude sowie eine Einspeisevergütung im Strombereich eingeführt werden.²⁹

PSI-Szenario -30% geht davon aus, dass der Primärenergieverbrauch zwischen 2000 und 2050 um 30 % abnehmen wird und dass die CO₂-Emissionen pro Jahrzehnt um 10 % reduziert werden.³⁰

Wie Abb. 4 bis 6 zeigen, kommen alle Studien zum Schluss, dass sich der Endenergieverbrauch der Schweiz in den kommenden Jahrzehnten reduzieren wird. Einzig beim BFE-Szenario I verharrt der Endenergieverbrauch ungefähr auf dem heutigen Niveau. Rechnet man den Endenergieverbrauch auf das Bruttoinlandprodukt (BIP) um, kommen die BFE-Szenarien zum Schluss, dass sich der in den letzten Jahrzehnten beobachtete Trend weiter fortsetzen wird.

Demnach wird der Endenergieverbrauch pro BIP-Einheit kontinuierlich abnehmen. Auch beim Endenergieverbrauch pro Kopf kann längerfristig mit einer weiteren Abnahme gerechnet werden.

3.2 Elektrizität

Elektrische Energie spielt bei der künftigen Energieversorgung eine noch stärkere Schlüsselrolle als heute. Vor diesem Hintergrund ist es wenig erstaunlich, dass bereits eine Reihe von Studien vorliegen, welche sich mit dem künftigen Strombedarf befassen. Neben den bereits erwähnten Szenarien wurden für den vorliegenden Bericht noch je zwei weitere Szenarien des Energieunternehmens Axpo Holding AG und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE) sowie Modellrechnungen des Paul Scherrer Instituts (PSI) berücksichtigt, um die Entwicklung beim Stromverbrauch abzuschätzen:

Axpo hoch geht von einem BIP-Wachstum von 1,4 % pro Jahr sowie einem Anstieg des Stromverbrauchs von 2 % bis 2010, 1,5 % bis 2030 und danach 1 % bis 2050 aus (Basis 2005).³¹

Axpo tief nimmt an, dass das BIP pro Jahr um 0,9 % wachsen wird. Der Stromverbrauch nimmt bis 2010 um 1 % pro Jahr zu, danach noch um 0,5 % (Basis 2005).

VSE hoch nimmt an, dass das BIP um 800 CHF pro Kopf und Jahr (dies entspricht etwa 1,25 %) bei einer Bevölkerung von 8,3 Mio. Menschen bezogen auf 2035 zunehmen wird. Der Stromverbrauch nimmt bis 2010 um jährlich 2 % zu, danach bis 2030 um 1 % und anschliessend bis 2050 um 0,5 % (Basis 2004).³²

Die Prognosen des künftigen Stromverbrauchs kommen zu sehr unterschiedlichen Resultaten.

22 / 23

²⁹ Greenpeace et al. 2006

³⁰ PSI 2007

³¹ Axpo 2005

³² VSE 2006



VSE tief geht von einem BIP-Wachstum von 400 CHF pro Kopf und Jahr (dies entspricht etwa 0,6 % bei einer Bevölkerung von 6,8 Mio. Menschen bezogen auf 2035 aus. Der Stromverbrauch nimmt bis 2010 jährlich um 1 % zu, danach bis 2030 um jeweils 0,5 % und bleibt dann bis 2050 konstant (Basis 2004).

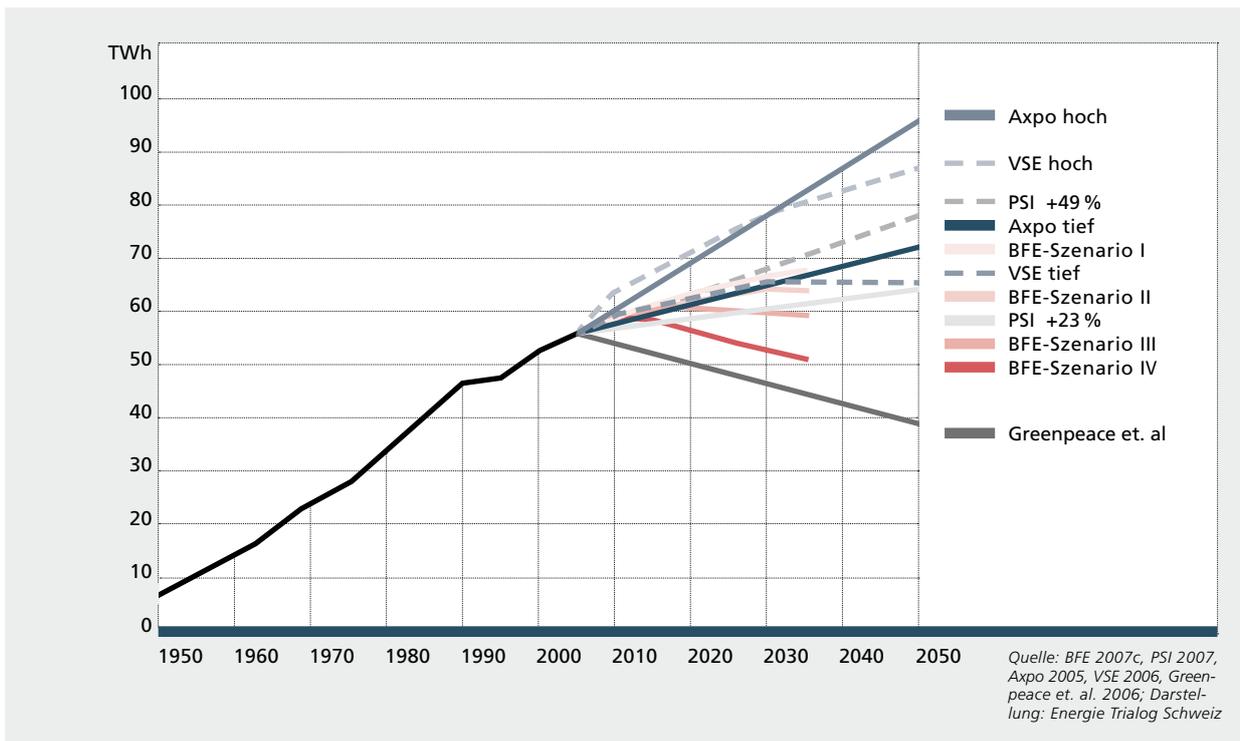
PSI +49 % kommt zum Schluss, dass der Stromverbrauch bis 2050 um 49 % zunehmen wird, falls der CO₂-Ausstoss bis dahin um 50 % reduziert werden muss.³³

PSI +23 % geht ebenfalls davon aus, dass der CO₂-Ausstoss bis 2050 um 50 % reduziert werden muss. Sofern die Vorgabe 3500 W Primärenergie pro Kopf eingehalten wird, resultiert bei diesem Szenario eine Zunahme des Stromverbrauchs um 23 %.

Greenpeace et al., eine Studie der Umweltverbände, nimmt an, dass bei jedem Kaufentscheid künftig die im Jahr 2004 beste verfügbare Technologie zum Zug kommt und dass eine zielorientierte Lenkungsabgabe auf allen Energieträgern, verschärfte Normen für Geräte und Gebäude sowie eine Einspeisevergütung im Strombereich eingeführt werden.

Die verschiedenen Studien kommen im Hinblick auf den künftigen Stromverbrauch zu sehr unterschiedlichen Resultaten (vgl. Abb. 7). Während das Szenario «Axpo hoch» bis 2050 mit einem Anstieg des Stromverbrauchs um 83 % im Vergleich zu 2005 rechnet, kommt die Studie der Umweltverbände zum Schluss, der Stromverbrauch könne bis 2050 um 25 % reduziert werden.

Abb. 7 Elektrizitätsverbrauch der Schweiz von 1950 bis 2005 und Szenarien für die weitere Entwicklung bis 2035/2050







Teil II *Kompass: Lebensqualität sichern*

Wie gestalten wir unsere Energiezukunft?
Wohin soll die Reise gehen und welche Wei-
chen stellen wir wann? Wie bringen wir die
verschiedenen Anspruchshaltungen unter
einen Hut? Und was gilt es zu bedenken,
damit unsere heutigen Entscheide auch für
unsere Kinder sinnvoll sind?

4 Eine nachhaltige und wettbewerbsfähige Energiepolitik

Eine nachhaltige Energiestrategie trägt wesentlich zu einer hohen Lebensqualität bei. Sie muss wirtschaftliche, ökologische und soziale Mehrwerte schaffen. Energiepolitik ist auch Klima- und Wirtschaftspolitik.

4.1 Hohe Lebensqualität dank nachhaltiger Energiepolitik

Energie ist eine notwendige Voraussetzung für eine funktionierende Wirtschaft und Gesellschaft: Sie bildet die zentrale Grundlage für eine hohe Lebensqualität. Der Energie Dialog Schweiz (ETS) bewertet die Sicherung und Weiterentwicklung der Lebensqualität der Schweizer Bevölkerung als oberste Zielsetzung. Sie kann nur erreicht werden, wenn die drei Ziele Umwelt- und Klimaschutz, Wettbewerbsfähigkeit der schweizerischen Volkswirtschaft und Sicherstellung der gesellschaftlichen Chancenvielfalt und individuelle Wahlfreiheit optimal aufeinander abgestimmt werden (vgl. Abb. 8).

In dieser Optimierung liegt der Schlüssel zur Nachhaltigkeit: Alle drei

Ziele sind gleichbedeutend. Gemeinsam sichern sie den nächsten Generationen eine ähnlich hohe Lebensqualität, wie wir sie heute erleben.

Zwischen diesen drei Zielen gibt es offensichtliche Synergien, aber durchaus auch Konflikte. Unterschiedliche Anspruchsgruppen setzen unterschiedliche Schwerpunkte innerhalb dieses Zieldreiecks. Die Suche nach dem optimalen Weg zur Zielerreichung ist deshalb keine Selbstverständlichkeit, sondern eine grosse Herausforderung.

4.2 Vielfältige Anspruchshaltungen

Heute stehen verschiedene Handlungsmöglichkeiten zur Gestaltung der künftigen Energie- und Klimapolitik offen. Welche Optionen von den einzelnen

26/27

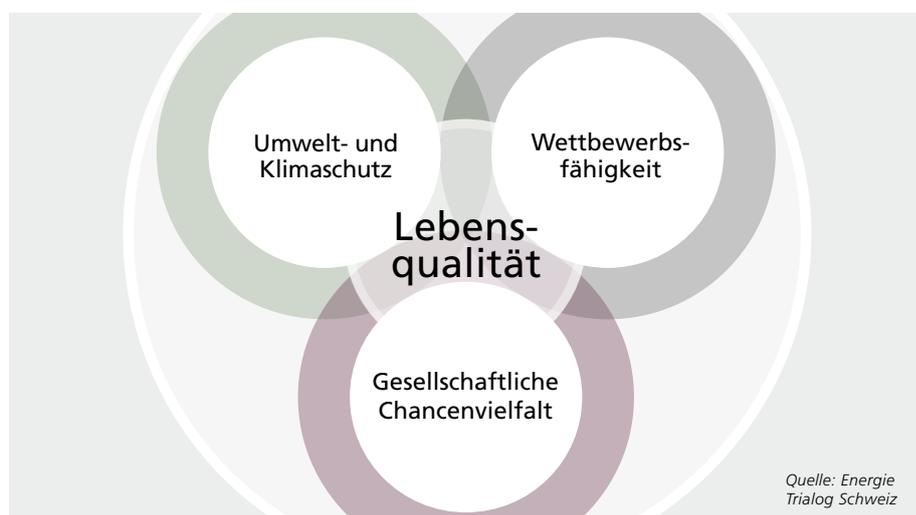


Abb. 8
Zielsystem des ETS:
«Nachhaltige und wettbewerbsfähige Energiepolitik»



*Unsere
Grundwerte
und Ziele prägen
Analysen und
Folgerungen.*

gesellschaftlichen Gruppen konkret bevorzugt werden, hängt von deren Grundwerten ab. Die Orientierung an verschiedenen Grundwerten führt denn auch in der gegenwärtigen energiepolitischen Debatte immer wieder zu grundsätzlichen Spannungen.

In den folgenden Abschnitten werden exemplarisch drei typische Anspruchshaltungen aufgezeigt, die sich jeweils an einem der drei Pole des Zieldreiecks orientieren (vgl. Abb. 8). Die Argumentationslinien werden so nachgezeichnet, wie sie häufig in der heutigen Debatte vorgetragen werden. Die Positionen sind bewusst pointiert formuliert, um die grundlegenden Unterschiede zu verdeutlichen. Zwischen diesen Extremformen sind im politischen Alltag zahlreiche weitere Anspruchshaltungen in allen möglichen Ausprägungen anzutreffen.

Anspruchshaltung A: Klima- und umweltpolitische Ziele haben erste Priorität

Im Zentrum der ersten Anspruchshaltung stehen ambitionierte klima- und umweltpolitische Ziele. Zugrunde liegt das Hauptanliegen, den ökologischen Fussabdruck der Schweiz deutlich zu verkleinern, um einen Beitrag zu einer lebenswerten Zukunft für alle Menschen zu leisten. Bei der Energieversorgung richtet sich der Fokus

auf die Reduktion des Verbrauchs fossiler Energieträger und den Ausbau der erneuerbaren Energien. Gleichzeitig wird der Ausstieg aus der Kernenergie gefordert, da die damit verbundenen Risiken für Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft als zu hoch eingeschätzt werden. Vorsorge hat eine hohe Priorität. Da der Markt sowohl Ressourcenverknappung wie Umweltverschmutzung aufgrund fehlender Preise für Umweltgüter nur sehr begrenzt regulieren kann, bedarf es umfassender staatlicher Eingriffe, um die hochgesteckten Ziele rasch zu erreichen.

Folgende Ziele und Strategien lassen sich der Anspruchshaltung A zuordnen:

- Die Schweiz richtet ihre Klimapolitik so aus, dass die maximale globale Erwärmung im Vergleich zur vorindustriellen Zeit unter 2,0 °C bleibt. Dies bedeutet, dass die globalen Treibhausgas-Emissionen im Jahr 2050 50 bis 85 % unter denjenigen von 2000 liegen müssen.³⁴
- Als Beitrag zur globalen Klimapolitik reduziert die Schweiz ihre Treibhausgas-Emissionen bis 2020 um mindestens 40 % gegenüber 1990 und bis 2050 um über 90 %.³⁵ Sie setzt sich als langfristiges Ziel, die Emission auf maximal 1 t CO₂-Äquivalente pro Person und Jahr zu begrenzen.
- Die Ziele sind in erster Linie durch eine massive Steigerung der Energieeffizienz und durch andere Formen der Energieerzeugung sowie einen Produktmix im Angebot (andere Dienstleistungen) zu erreichen. Zeigt sich, dass die Ziele auf diesem Weg nicht erreicht werden können, sind auch Suffizienzmassnahmen in Erwägung zu ziehen (z. B. Verzicht auf Flugreisen für Kurzurlaub).
- Bis 2050 deckt die Schweiz ihren Energiebedarf fast vollständig aus

³⁴ Vgl. Allianz für eine verantwortungsvolle Klimapolitik 2006 und IPCC 2007, Stabilisierungsszenario I: 350–400 ppm CO₂ bzw. 445–490 ppm CO₂-Äquivalente, 2,0 bis 2,4 °C

³⁵ Allianz für eine verantwortungsvolle Klimapolitik 2008

erneuerbaren Energien. Der Import von Strom aus erneuerbaren Energien kann einen Beitrag dazu leisten. Der verbleibende Anteil an fossilen Energieträgern wird hauptsächlich im Verkehr (insbesondere im Flugverkehr) eingesetzt, wo er sich am schwierigsten ersetzen lässt.

- Die Einführung von Lenkungsabgaben auf fossile Energieträger und Strom wird gefordert, um die Steigerung der Energieeffizienz und die Ausbreitung der erneuerbaren Energien vorwärts zu treiben.
- Eine massive Steigerung der Energieeffizienz sowie der markante Ausbau der erneuerbaren Energien und der Import von Strom aus erneuerbaren Energien erlauben den Verzicht auf neue Grosskraftwerke.
- Pumpspeicherwerke sind mittelfristig mit Strom aus erneuerbaren Energien zu betreiben. Der Einsatz von ausländischem Kohle- und Nuklearstrom ist nicht nachhaltig. Ein Ausbau der Pumpspeicherkraft kommt erst im Zug eines grossangelegten Ausbaus der neuen erneuerbaren Energien in Frage.
- Die Schweiz setzt sich Ziele, die eine deutliche Steigerung der Energieeffizienz bei der Gewinnung von Energie aus Abfällen ermöglichen.

Anspruchshaltung B:

Wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit hat erste Priorität

Die zweite typische Anspruchshaltung orientiert sich in erster Linie an wirtschaftlichen Zielen. Im Zentrum steht die Wettbewerbsfähigkeit der Schweizer Wirtschaft. Die Rahmenbedingungen für Schweizer Unternehmen sind so zu gestalten, dass die kurz-, mittel- und langfristige Konkurrenzfähigkeit der Unternehmen im lokalen und globalen

Markt nicht eingeschränkt wird. Sicherung der Versorgung mit möglichst günstiger Energie hat höchste Priorität. Die Reduktion von Treibhausgasen soll hauptsächlich dort stattfinden, wo mit relativ geringem finanziellem Einsatz grosse Einsparungen erzielt werden können. Von staatlichen Eingriffen ist möglichst abzusehen, der Markt reguliert ausreichend und rasch genug.

Aus der Anspruchshaltung B lassen sich folgende Ziele und Strategien ableiten:

- Die Versorgungssicherheit mit Energie hat höchste Priorität. Unterbrechungen sind zu vermeiden, Reserven entsprechend hoch zu halten.
- Eine Reduktion der Treibhausgas-Emissionen muss in erster Linie über internationale Zertifikatshandelssysteme abgewickelt werden und über Verbrauchsvorschriften, die mit der EU abgestimmt werden.
- Die Schweiz begegnet dem Klimawandel hauptsächlich durch Investitionen in Forschung und Entwicklung und durch technologische Anpassungsmassnahmen.
- Der Einsatz fossiler Energieträger ist nicht aktiv zu begrenzen. Ihr Anteil am Energiemix wird automatisch sinken, sobald das Angebot knapper wird und die Preise entsprechend steigen.
- Neue erneuerbare Energien sollen dort eingesetzt werden, wo sie sich wirtschaftlich lohnen. Von staatlichen Subventionen ist abzusehen. Die Verteuerung der fossilen Energie macht erneuerbare Energien automatisch wirtschaftlicher.
- Die Wasserkraft inklusive Pumpspeicherwerke soll in der Schweiz maximal ausgebaut werden. Es sind dazu Konzessionen im Landschafts- und Naturschutz notwendig. Die Herkunft des Pumpstroms ist zweitrangig.



- Die Kernenergie, verbunden mit dem Ersatz der älteren Kernkraftwerke, bleibt ein wichtiges Standbein zur CO₂-freien Stromerzeugung.
- Der Bau von Gaskombikraftwerken ist als Übergangslösung sinnvoll. Sie können im Gegensatz zu Kernkraftwerken kurzfristig gebaut und in Betrieb genommen werden.
- Der internationale Energiehandel soll aus energiepolitischen und wirtschaftlichen Gründen ausgebaut werden. Dies bedingt unter anderem einen Ausbau der bestehenden Stromnetze.
- Energie soll nicht durch Steuern oder Abgaben künstlich verteuert werden.
- Die Strukturen in der Energieversorgung sollen möglichst erhalten bleiben, um keine Arbeitsplätze zu gefährden.
- Es ist sinnvoller, im Inland Arbeitsplätze zu schaffen, statt Investitionen im Ausland zu tätigen oder Energieträger teuer zu importieren.
- Von der Energieproduktion soll keine Gefährdung auf die Menschen ausgehen, die in der Nähe wohnen und arbeiten.

Anspruchshaltung C: Individuelle Ansprüche und Wahlfreiheit

Zwei wichtige Ansprüche, die Einzelpersonen bezüglich Energie häufig stellen, sind der gesicherte Zugang zu kostengünstiger Energie sowie das Anrecht auf uneingeschränkte Mobilität. Auch wenn viele Personen inzwischen ein gesteigertes Bewusstsein für die beschränkte Verfügbarkeit von Ressourcen haben, spielen die genannten zwei Grundwerte immer wieder eine ausschlaggebende Rolle bei konkreten Entscheidungen. Individuen entscheiden sich zudem aus verschiedenen Gründen oft gegen energieeffizientere Lösungen. Ein wichtiger Grund ist meistens, dass sie den Zeitraum, über den sich eine energetisch bessere Lösung auch finanziell lohnt, als zu lang beurteilen.

Folgende, zum Teil auch widersprüchliche Anspruchshaltungen sind typisch für einzelne Individuen:

- Der permanente Zugang zu kostengünstiger Energie ist wichtig.
- Das Konsum- und Mobilitätsverhalten jedes Einzelnen darf nicht eingeschränkt werden.
- Regulierungen sollen die Wahlfreiheit des Einzelnen möglichst wenig einschränken.

Optimierungsprozess: Leitlinien für eine nachhaltige und wettbewerbsfähige Energiepolitik

Die idealtypische Darstellung der drei Anspruchshaltungen zeigt Folgendes:

- «Perception is reality» – Fakten werden meist durch einen Wertefilter selektiv aufgenommen und entsprechend gewichtet.
- Keine dieser drei extremen Anspruchshaltungen kann sich in einem demokratischen System alleine durchsetzen.
- Viele Individuen und Gruppen entwickeln deshalb Teiloptimierungen zwischen den drei Zielen.

Im politischen System der Schweiz wird oft ein Kompromiss ausgehandelt, der zu einer mittleren Unzufriedenheit der Mehrheit führt. Die Nachhaltigkeitsorientierung mit den drei Zieldimensionen Ökonomie – Ökologie – Gesellschaft, wie sie auch die ETS-Kerngruppe verfolgt, ist hingegen kein fauler Kompromiss (vgl. Abb. 8). Im Gegenteil: Diese Orientierung zwingt dazu, Synergien und Dilemmas zwischen diesen drei Zielen genau zu erkennen, rational abzuwägen und dann einen bewussten Entscheid zu treffen. Diesem transparenten Entscheidungsprozess ist die ETS-Kern-

gruppe verpflichtet: Sie will auf diese Weise sowohl individuelle als auch politische Entscheidungen in ihrer langfristig wirksamen Qualität positiv beeinflussen. Die ETS-Kerngruppe hat deshalb aus der Analyse dieser verschiedenen Anspruchshaltungen und der Optimierungsmöglichkeiten zwischen den drei Hauptzielen eine Reihe von Leitlinien abgeleitet.

Folgende zehn Leitlinien können das Synergiepotenzial zwischen den drei Hauptzielen deutlich steigern sowie potenziellen Dissens verkleinern. Sie bilden daher die Basis für den Strategievorschlag der ETS-Kerngruppe:

Erstens: Eine auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Energiepolitik sucht das Gleichgewicht zwischen den Ansprüchen gegenwärtiger und zukünftiger Generationen zur Sicherung einer hohen Lebensqualität. Dazu sind wirtschaftliche, soziale und ökologische Ziele gleichermaßen stetig und langfristig anzustreben.

Zweitens: Eine stabile Versorgung mit Energiedienstleistungen ist entscheidend für Wirtschaft und Gesellschaft. Dazu tragen Energieeffizienz, eine Diversifizierung der Energieträger und eine Reduktion des Imports von Energieträgern, insbesondere aus politisch instabilen Ländern, bei.

Drittens: Der anthropogen verursachte Klimawandel stellt ein ernsthaftes, wachsendes Problem dar, das ohne wirkungsvolle Bekämpfung hohe wirtschaftliche, ökologische und soziale Kosten verursachen wird. Vorsorge lohnt sich daher sowohl wirtschaftlich als auch klimapolitisch, da Vorsorge- und Verhütungskosten in der Regel kleiner sind als die Kosten im Schadensfall.³⁶

Viertens: Eine beschleunigte Entkoppelung des Energieverbrauchs vom Wirtschaftswachstum ist notwendig, sinnvoll und möglich. Sie kann zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit und der Lebensqualität in der Schweiz beitragen.



Fünftens: Impulse zur Stärkung des Wissens- und Technologiestandorts Schweiz können die Innovationskraft und die Exportfähigkeit der Schweiz deutlich verbessern. Dies bedingt einen wachsenden Kooperationswillen zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Politik im Hinblick auf eine erfolgreiche Umsetzung im Markt dank verbesserter Rahmenbedingungen.

Sechstens: Die Umsetzung des Prinzips der Internalisierung externer Effekte ist von grundlegender Bedeutung für eine tragfähige Energie- und Klimapolitik.

Siebtens: Die Endlichkeit natürlicher, nicht-erneuerbarer Ressourcen gebietet einen möglichst effizienten und schonungsvollen Umgang mit diesen Gütern.

Achtens: Die Schweiz muss sich optimal in den stark vernetzten europäischen Energiemarkt integrieren.

Neuntens: Als hochentwickeltes und weltweit vernetztes Land nimmt die Schweiz ihre Eigenverantwortung bezüglich fortschrittlicher Energieversorgung und Klimaschutz wahr und handelt aufgrund der vielfach langen Investitionszyklen zeitgerecht.

Zehntens: Die Schweiz beteiligt sich aktiv an der Ausgestaltung internationaler Beschlüsse zum Schutz des Klimas und setzt diese zeitgerecht um.

*Nachhaltigkeit
bedeutet
anspruchsvolle
Optimierung.*

³⁶ Stern 2006: Die Kosten des Nichthandelns sind 5- bis 20-mal höher als die Kosten des Handelns.



4.3. Ziele für eine nachhaltige und wettbewerbsfähige Energiepolitik

Aufbauend auf diesen Leitlinien hat die ETS-Kerngruppe ein Set von acht konkreten und messbaren Zielen erarbeitet (vgl. Abb. 9 und Kap. 10). Diese acht Ziele bilden den Kompass des ETS, mit dessen Ausrichtung Strategien und Massnahmen definiert werden (vgl. Kap. 11 und 12). Die Kerngruppe des ETS hat bei der Festlegung der Ziele den internationalen Kontext berücksichtigt, aber gleichzeitig versucht, den Handlungsspielraum der Schweiz – im Rahmen ihrer demokratischen und föderativen Entscheidungsstrukturen – möglichst auszuschöpfen. Die folgenden acht Ziele konkretisieren die drei Pole der Nachhaltigkeit: wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit, Umwelt- und Klimaschutz und gesellschaftliche Chancenvielfalt.

Lebensqualität

Z1 Die Schweiz gehört weltweit auch in Zukunft zur Spitzengruppe der Länder mit einer hohen Lebensqualität und bietet die dafür notwendigen Energiedienstleistungen an.

Wettbewerbsfähigkeit

Z2 Die Energieeffizienz muss in den nächsten Jahren deutlich steigen. Als Ziel wird eine jährliche Senkung der Endenergieintensität um 1,8 % definiert.

Z3 Die Umsetzung der Energiestrategie fördert die Innovationsdynamik und die Standortattraktivität und damit das Wirtschaftswachstum. Dieses soll längerfristig jährlich rund 1,5 % betragen.

Z4 Die Sicherheit der Versorgung mit Energie muss hoch bleiben.

Umwelt- und Klimaschutz

Z5 Die Schweiz leistet ihren Beitrag, damit die ökologische Tragfähigkeit der Erde nicht überschritten wird. Der technologische Fortschritt soll zu einer nachhaltigen Nutzung der natürlichen Ressourcen beitragen.

Z6 Die Schweiz leistet ihren Beitrag zur Stabilisierung der globalen Klimaerwärmung bei maximal 2,0 °C über dem Mittel der vorindustriellen Zeit. Sie senkt ihre Treibhausgas-Emissionen um mindestens 25 % bis 2020, um rund 50 % bis 2035 und um mindestens 80 % bis 2050.

Gesellschaftliche Chancenvielfalt

Z7 Die Fiskalquote unter Berücksichtigung der Rückverteilung darf mittel- und langfristig durch klima- und energiepolitische Massnahmen nicht zunehmen. Kurz- bis mittelfristig sind Zusatzinvestitionen von staatlicher Seite notwendig, um den Umbau des Energiesystems zu beschleunigen. Diese Investitionen müssen mittel- bis langfristig zum volkswirtschaftlichen Mehrwert beitragen.

Z8 Die Bevölkerung findet leicht und rasch Zugang zu Informationen und Weiterbildung, um über Energie- und Klimafragen sachlich zu entscheiden.

Eine Konkretisierung dieser Ziele erfolgt in Kapitel 10.

4.4 Methodisches Vorgehen zur Erarbeitung der Strategie

Mit welchen Strategien und Massnahmen können die acht Ziele einer nachhaltigen und wettbewerbsfähigen Energiepolitik erreicht werden? Mit welchem methodischen Vorgehen können möglichst transparente und nachvollziehbare Antworten entwickelt werden? Gibt es für die Wahl und Ausgestaltung der Strategien und Massnahmen einen hinreichend starken Konsens und einen gemeinsamen Willen zur Umsetzung?

Die Antworten auf diese Fragen sind nicht nur im öffentlichen politischen Diskurs, sondern auch innerhalb der ETS-Kerngruppe unterschiedlich. Im Rahmen des knapp dreijährigen Prozesses des Energie Trialog Schweiz wurde in intensiven Diskussionen auf der Basis von umfassenden Grundlagenstudien und unter Beizug von Experten hart gerungen, um einen gemeinsam getragenen Vorschlag zu entwickeln. Unter grossem Einsatz aller Beteiligten ist es gelungen, in dieser ersten Trialog-Phase eine Einigung auf hohem Niveau und mit konkreten Aussagen zu erzielen.

Der Energie Trialog Schweiz ist in seinen Diskussionen dabei von folgenden wichtigen Veränderungen für die nächsten Jahrzehnte ausgegangen. (vgl. auch Kap. 1.2):

- Klimawandel und damit verbunden die gesellschaftlich getragene Verpflichtung, die CO₂-Emissionen zu reduzieren;
- Verknappung und steigende Preise für Energie und insbesondere fossile Ressourcen;
- Starke Harmonisierung und Integration des europäischen Energiemarkts;
- Ende der Lebensdauer bestehender Kernkraftwerke sowie auslaufende Verträge zum privilegierten Stromimport.

Methodisch hat sich die Kerngruppe des ETS deshalb entschieden, unter diesen Voraussetzungen vorerst eine Potenzialeinschätzung zu den folgenden drei Themenschwerpunkten vorzunehmen:

- Die Steigerung der Energieeffizienz (vgl. Kap. 5)
- Der Ausbau der erneuerbaren Energien (vgl. Kap. 6)
- Chancen und Risiken im Energiehandel (vgl. Kap. 7)

32/33



Abb. 9
Die Ziele der ETS-Kerngruppe für die zukünftige Energiepolitik



Aus den Potenzialeinschätzungen konnte anschliessend eine Energiezwischenbilanz erarbeitet werden (vgl. Kap. 8). Gleichzeitig wurde mit den Einschätzungen zu diesen drei Themenschwerpunkten auch die Basis gelegt für die Erarbeitung der Strategie und der Massnahmen (vgl. Kap. 12).

Die Einschätzung der Zielerreichung (in Kap. 13) nach dieser ersten Phase des ETS macht deutlich, dass mit dem geschnürten Massnahmenpaket die gesteckten energie- und klimapolitischen Ziele bis 2020 vollständig erreichbar sind. Voraussetzung ist, dass die Massnahmen zielführend ausgestaltet und konsequent umgesetzt werden. Zudem müssen in einer Anfangsphase genügend Mittel für Anreize zur Verfügung stehen.

Für die Jahre 2035 und 2050 zeigen die aktuellen Abschätzungen, dass mit dem vorgeschlagenen Massnahmenpaket die Ziele zu einem Grossteil erreichbar sind.

Einzelne Stossrichtungen zur vollständigen Erreichung der Ziele wurden im Rahmen des ETS bereits identifiziert (vgl. Kap. 13.2 und 13.3.). Es besteht heute aber noch kein Konsens bezüglich der zu ergreifenden Massnahmen. Zuwenig erforscht sind insbesondere die kurz- bis längerfristigen volkswirtschaftlichen Effekte der verschiedenen Stossrichtungen.

Die ETS-Kerngruppe ist trotzdem der Meinung, dass die Diskussion über weiterführende und neue Massnahmen sowie ihre Voraussetzungen und Folgen bereits heute gestartet werden muss. Dabei werden die heute erst teilweise absehbaren technologischen und gesellschaftlichen Veränderungen zu berücksichtigen sein. Diese Veränderungen werden neue Chancen zur Lösungssuche eröffnen, die wir rechtzeitig ergreifen sollten. Die ETS-Kerngruppe beabsichtigt deshalb, in einer zweiten Phase an diesen offenen Fragen weiterzuarbeiten.



Teil III

Potenziale: Möglichkeiten nutzen

Unsere heutige Energieversorgung ist alles andere als nachhaltig. Doch welche Möglichkeiten haben wir überhaupt, um dies zu ändern? Welche Chancen bieten Biomasse, Wind- und Sonnenenergie? Wie viel unseres Energiekonsums liesse sich eigentlich einsparen? Und welche Möglichkeiten haben wir im Ausland?

5 Potenziale für eine effizientere Energienutzung

Energie kann und muss in allen Bereichen – Strom, Wärme und Treibstoffe – wesentlich effizienter genutzt werden. Besonders grosse Fortschritte sind im Gebäude- und Mobilitätsbereich möglich.

5.1 Perspektiven der künftigen Entwicklung

Eine nachhaltige und wettbewerbsorientierte Energiepolitik muss in den kommenden Jahrzehnten sowohl zu einer substanziellen Senkung des Energieverbrauchs als auch zu einer markanten Reduktion der CO₂-Emissionen führen. Hierzu ist im Wesentlichen ein effizienterer Umgang mit der Ressource Energie notwendig. Dies ist durchaus möglich, wie der Blick in die vergangenen 30 Jahre zeigt. In Zukunft wird jedoch noch eine deutlich stärkere Steigerung der Energieeffizienz nötig werden, ohne zusätzliche Belastung der CO₂-Bilanz. Die Potenziale sind klar ersichtlich, insbesondere im Immobilien- und Mobilitätsbereich. Sie sind realisierbar durch den weitreichenden Einsatz von bereits verfügbaren und absehbar marktreifen Technologien und von stimulierenden Rahmenbedingungen.

Die ETS-Kerngruppe hat vorerst die verfügbaren Schätzungen zu den Potenzialen zur Effizienzsteigerung in der Schweiz verglichen. In vertiefenden Diskussionen hat sie eigene Annahmen in einer möglichst engen Bandbreite definiert und daraus die folgenden Potenzialschätzungen als von allen Teilnehmern der Kerngruppe getragenen Vorschlag verabschiedet. Diese gemeinsame Einschätzung zeigt grosse Effizienzpotenziale. Es ist der Kerngruppe durchaus bewusst, dass externe und interne Faktoren die Rahmenbedingungen für solche Annahmen rasch verändern können (vgl. Kap. 13.2 und 13.3).

Das Bundesamt für Energie (BFE) hat im Rahmen der Energieperspektiven³⁸ vier verschiedene mögliche Szenarien für die Energienachfrage und das Energieangebot bis zum Jahr 2035 entworfen. Diese Szenarien, im Detail in Kapitel 3 beschrieben, gehen von unterschiedlichen Effizienzsteigerungen in den einzelnen Bereichen aus. Ihnen liegen zudem verschiedene Annahmen für die Endenergiepreise im Jahre 2035 zugrunde. Während die Szenarien I und II von ungefähr ähnlichen Energiepreisen wie in der Vergangenheit (d.h. vor dem allgemeinen Anstieg 2004) ausgehen, rechnet das BFE beim Szenario III bei den fossilen Brenn- und Treibstoffen mit einer Verdoppelung der Preise im Vergleich zu Szenario I, bei Szenario IV gar mit einer Steigerung um einen Faktor 2,2 bis 2,5, was bei den Brennstoffen ungefähr dem Preisniveau von 2008 entspricht (durchschnittlich 125 USD/Barrel) und beim Benzin einem Preis von rund 3 Franken pro Liter. Bei der Elektrizität rechnet das BFE beim Szenario III mit einem 1,5-mal so hohen Preis, bei Szenario IV mit einer Verdoppelung im Vergleich zu Szenario I.³⁹

Um weitergehende Aussagen auf der Basis aktualisierter Annahmen machen zu können, wurden im Rahmen des ETS die Energieeffizienzpotenziale der wichtigsten Energieanwendungen in einem Bottom-up-Ansatz punktuell an neue Entwicklungen angepasst, und zwar für den Zeitpunkt 2035 sowie als Ausblick auch für das Jahr 2050. Zudem wurden Substitutionsbewe-

36/37

Das Ziel muss sein, den Energieverbrauch und den CO₂-Ausstoss markant zu senken.

³⁸ BFE 2007d

³⁹ Diese Preisentwicklungen gründen darauf, dass im BFE-Modell zu den volkswirtschaftlichen Folgen die Lenkungsabgaben als Hauptmassnahme definiert wurden, da die nicht monetären Massnahmen nicht modelliert werden konnten.



Das ETS-Szenario geht beim Verkehr von einem steigenden Elektrifizierungsanteil aus.

gungen identifiziert, um die Netto-Energieeffizienz bestimmen zu können. Der Begriff Effizienzpotenzial wird dabei als potenziell zusätzlicher Effizienzgewinn oder als effizientere Option einer gegebenen Energieanwendung verstanden. Entsprechend stellen Effizienzpotenziale nicht absolute Grössen dar, sondern sind Zusatzwirkungen bestimmter Massnahmen oder Differenzbeträge von unterschiedlichen Technologieentwicklungen. Entsprechend misst sich die Wirkung der Energieeffizienz an einem zu definierenden Referenzfall. Da es um die künftige Situation geht, muss nicht nur ein Referenzpunkt, sondern auch die Referenzentwicklung definiert werden. Diese orientiert sich grundsätzlich an den Szenarien I oder II der BFE-Energieperspektiven, abhängig davon, welches Szenario aus heutiger Perspektive in den jeweiligen Bereichen am ehesten der aktuellen Referenzentwicklung entspricht.

Die vorliegende Analyse vergleicht für die einzelnen Sektoren die BFE-Szenarien III und IV mit dem jeweiligen Referenzszenario und schreibt die in den Energieperspektiven entworfene Entwicklung bis ins Jahr 2050 fort.⁴⁰ Diese Fortschreibung erfolgt auf einer übergeordneten Ebene und ist mit gewissen Unsicherheiten behaftet. Gleichzeitig werden die Szenarien um neue Annahmen bei der Bevölkerungsentwicklung ergänzt. Während das BFE von einer Gesamtbevölkerung von 7,6 Mio. Personen im Jahr 2035 ausging, wird in der vorliegenden Studie die Situation bei einer Bevölkerungszunahme auf 8,3 Mio. Menschen bis 2035 untersucht (gemäss aktuelleren Prognosen des Bundesamtes für Statistik (BFS)). Als Folge davon wurden auch die Energiebezugsflächen der Wohngebäude und des Dienstleistungssektors, die Bruttowertschöpfung des Industriesektors, die Arbeitsplätze beider Sektoren und die Verkehrsleistung angepasst. Zudem wird mit einem weitergehenden Einsatz von Wärmepumpen gerechnet. Dieser ist im ETS-Szenario rund zwei Drittel

höher als beim BFE-Szenario III. Auch beim Verkehr wird von einem steigenden Elektrifizierungsanteil ausgegangen. Das ETS-Szenario nimmt an, dass im Jahr 2050 ein Viertel des zu diesem Punkt noch notwendigen Treibstoffbedarfs des motorisierten Individualverkehrs durch Elektrofahrzeuge gedeckt wird.

Das Referenz-Szenario seinerseits kann mit einem Frozen-efficiency-Szenario verglichen werden, welches die Effizienz von Neuanlagen und Produkten auf dem heutigen Stand einfriert. Der Ersatz von alten Anlagen, Geräten oder Fahrzeugen durch das heute verfügbare Standardangebot wird jedoch mit eingerechnet.

5.2 Aktuelle Verwendung von Strom, thermischen Energieträgern und Treibstoffen

Der Stromverbrauch wird heute im Wesentlichen von den drei Sektoren Haushalte, Dienstleistungen und Industrie geprägt, auf die je knapp ein Drittel entfallen (vgl. Abb. 10). Je nach Sektor sind die Schwerpunkte der Stromanwendung etwas anders gelagert. Bei den Haushalten sind vor allem der Bereich Haushaltgeräte, Raumwärme und Warmwasser entscheidende Faktoren. Bei den Dienstleistungen fallen insbesondere Antriebe und Prozesse, Gebäudetechnik, insbesondere Lüftungen, sowie Beleuchtung ins Gewicht. Bei der Industrie spielen die beiden Bereiche motorische Antriebe und Prozesse (über 50 %) sowie Prozesswärme eine wichtige Rolle.

Die grösstenteils fossilen thermischen Energieträger und Treibstoffe werden ungefähr zu je einem Drittel von den Bereichen Haushalte und Verkehr verbraucht (vgl. Abb. 11). Ein weiteres Drittel entfällt gemeinsam auf die beiden Bereiche Dienstleistungen und Industrie. Bei den Haushalten und im Dienstleistungssektor werden 80 bis 90 % der Brennstoffe für das Hei-

Abb. 10 Stromnachfrage in der Schweiz im Jahr 2006, aufgeteilt nach Verwendungszwecken und Sektoren

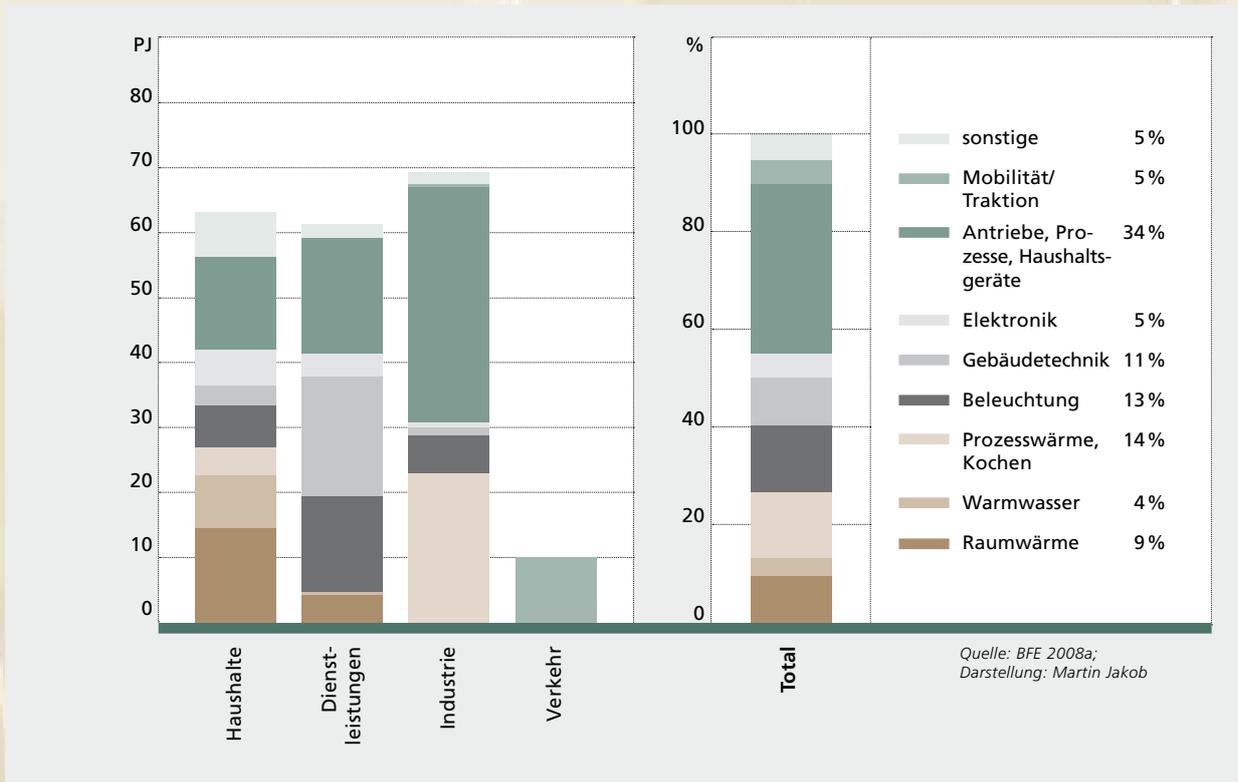
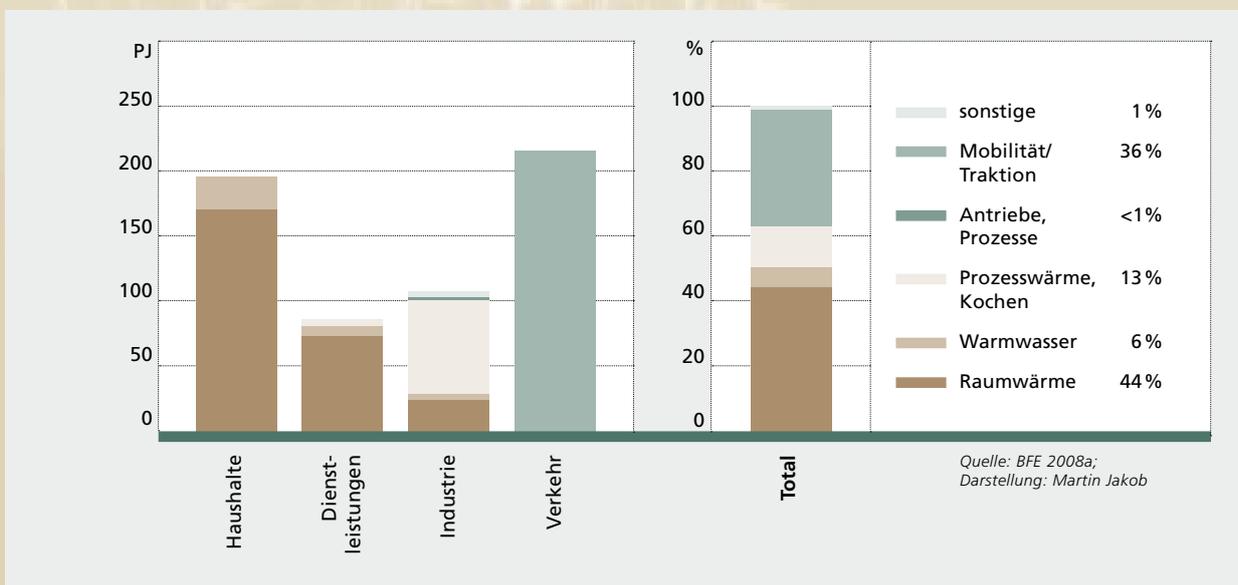


Abb. 11 Nachfrage nach thermischen Energieträgern und Treibstoffen in der Schweiz im Jahr 2006, aufgeteilt nach Verwendungszwecken und Sektoren





zen der Räumlichkeiten verwendet. In der Industrie werden die thermischen Energieträger zu rund zwei Dritteln zur Erzeugung von Prozesswärme eingesetzt.

Berücksichtigt werden Heizöl, Diesel, Benzin, Erdgas, Biogas, Kohle, Holz, weitere Biomasse, Abfälle, Fernwärme, thermische Solarenergie und Umgebungswärme.

5.3 Sektor Haushalte

Die BFE-Szenarien gehen von einer Zunahme der Wohnungen um 20 %, bzw. einer Zunahme der Energiebezugsfläche um über 30 % bis 2035 aus. Aufgrund des stärkeren Bevölkerungswachstums gemäss den neuesten Prognosen des BFS steigt die Fläche, bei analoger Pro-Kopf-Zunahme, sogar um über 40 % bis 2035 und um über 50 % bis 2050. Zudem sind überall die gleichen Annahmen zu Raumtemperaturen, Beleuchtungsstärken, Geräteausstattung etc. hinterlegt.

Stromverbrauch

Die mit der angenommenen Mengenausdehnung verbundene Steigerung der Stromnachfrage kann im Referenz-Szenario trotz Effizienzfortschritten von rund 0,7 % pro Jahr nicht vollständig kompensiert werden. Unter dem Strich resultieren ein Zuwachs von 32 % bis 2035 beziehungsweise 33 % bis 2050.

Szenario III setzt zusätzlich Anforderungen zu Mindeststandards bei Geräten, Elektronik und Licht voraus. Es rechnet mit einer gewissen Verschärfung der Neubauvorschriften und einem leicht höheren Effizienzgewinn bei Sanierungen von Gebäuden. Das Warmwasser wird vermehrt mit Sonnenkollektoren geheizt, aber Öl, Gas und Elektrizität haben weiterhin hohe Anteile. Die Flächen, die mit elektrisch betriebenen Wärmepumpen beheizt werden, verdreifachen sich beinahe im Vergleich zu heute. Szenario IV geht noch einen Schritt weiter und nimmt eine weitere Verschärfung der Vorschriften für einzelne Geräte und Neubauten an.

Auf Grund der Analyse der einzelnen Teilbereiche kommt rund die Hälfte der ETS-Kerngruppe zum Schluss, dass im Bereich der Stromnachfrage der privaten Haushalte eine Entwicklung gemäss Szenario IV durchaus realistisch ist. Die Annahmen, die den wichtigen Teilbereichen Geräte und Beleuchtung zugrunde liegen, wurden von der aktuellen Entwicklung bereits überholt. Auch bei der Haustechnik wird damit gerechnet, dass die Effizienz markant gesteigert werden kann.

Konkret rechnet die ETS-Kerngruppe mit der Entwicklung gemäss Szenario IV: Die starken Effizienzsteigerungen vermögen das Mengenwachstum und den verstärkten Einsatz von Wärmepumpen im Haushaltssektor knapp zu kompensieren. Die Stromnachfrage steigt daher von 63 PJ bis 2035 nur um 2 PJ und sinkt bis 2050 wieder auf 64 PJ. Der verstärkte Einsatz von Wärmepumpen ist dabei mit einem Anteil von zusätzlich 4 PJ (2035) bzw. zusätzlich 7 PJ (2050) berücksichtigt, wobei im Vergleich zu heute wesentlich effizientere Wärmepumpenanlagen unterstellt wurden. Im Vergleich zur Referenzentwicklung⁴¹ rechnet die ETS-Kerngruppe für die Periode 2005–2035 mit einer Zunahme der jährlichen Effizienzsteigerung um durchschnittlich 0,8 % pro Jahr. Für den Zeitraum

2005–2050 beträgt die Zunahme 0,6 % pro Jahr. Verglichen mit einer Frozen-efficiency-Entwicklung resultiert gar eine zusätzliche Effizienzsteigerung von 1,5 % pro Jahr (bis 2035) bzw. 1,3 % pro Jahr zwischen 2005 und 2050.

Thermische Energieträger

Das BFE-Referenzszenario II geht von effizienteren Heizanlagen und relativ geringen Erneuerungsraten im Bereich der Gebäudehülle aus. Jährlich würden demnach weniger als 1 % der Gebäude energetisch erneuert, und der Bedarf an Heizwärme wird jeweils um weniger als 50 % reduziert. Bei den Neubauten geht das Referenzszenario von einer autonomen Anpassung der Bauvorschriften an die technische Entwicklung aus. Nach einer ersten flacheren Entwicklung sinkt im Referenz-Szenario des ETS die Nachfrage nach thermischen Energieträgern bis 2035 um 10 %, bis 2050 gar um 19 %, dies trotz der angenommenen Mengenausdehnung.

Die Energiepolitik der Kantone im Neubaubereich ist bereits heute in etwa auf den Pfad des Szenario III eingeschwenkt. Dieses geht zudem von einer höheren Erneuerungseffizienz bei den Gebäuden aus. Zusätzlich wird die mit Wärmepumpen beheizte Fläche gegenüber der Referenz verdoppelt. Szenario IV geht von ähnlichen Voraussetzungen aus, nimmt jedoch an, die Vorschriften würden noch stärker verschärft. Es bleibt zu beachten, dass auch beim Szenario IV künftig ein grosser Teil der Gebäude mit fossilen Brennstoffen beheizt wird.

Die ETS-Kerngruppe vertritt die Ansicht, dass sich Wärmepumpen stärker durchsetzen werden, als in den BFE-Szenarien angenommen wird. Sie rechnet zudem damit, dass in den kommenden Jahren jährlich 1,3 bis 1,5 % der Gebäude saniert werden, was der Annahme von Szenario III entspricht, und dass die Renovierungen so durchgeführt werden, wie dies in Szenario IV

beschrieben wird. Dies bedeutet eine deutliche Zunahme der Sanierungsrate, die im Jahr 2005 rund 1,1 % betrug.

Konkret rechnet die ETS-Kerngruppe in Bezug auf die thermischen Energieträger im Haushaltbereich, dass der Endenergiebedarf (ohne Strom) bis 2035 von 208 PJ auf 154 PJ bzw. bis 2050 auf rund 131 PJ sinken wird. Verglichen mit der Referenzentwicklung⁴² und bereinigt um Substitutionseffekte bedeutet dies eine Verstärkung der Effizienzsteigerung um 0,6 % pro Jahr bis 2035 bzw. 0,5 % bis 2050. Gegenüber der Frozen-efficiency-Entwicklung kann die Energieeffizienz um 1,1 % pro Jahr bis 2035 gesteigert werden, bzw. um 1 % pro Jahr bis 2050. Von der verbleibenden Nachfrage werden 2035 rund 20 %, 2050 gut 40 % durch Umgebungswärme gedeckt.

5.4 Sektor Dienstleistungen

Stromverbrauch

Die BFE-Szenarien gehen davon aus, dass die Energiebezugsfläche bis 2035 um 25 % zunehmen wird. Im Vergleich zum Referenzszenario I gehen die beiden Szenarien III und IV davon aus, dass neue behördliche Anforderungen im Elektrizitätsbereich eingeführt werden, welche sich an die SIA-Empfehlung 380/4 «Elektrische Energie im Hochbau» anlehnen werden, und dass auch die Anforderungen an Geräte kontinuierlich verschärft werden.

Die ETS-Kerngruppe erachtet es als realistisch, dass die Vorgaben des BFE-Szenarios III in den kommenden Jahren umgesetzt werden. In vielen Branchen des Dienstleistungssektors lässt sich der absolute Stromverbrauch jedoch nur mit grossem Aufwand reduzieren, da der Flächenverbrauch und Energiedienstleistungen weiterhin stark zunehmen werden.

Konkret rechnet die ETS-Kerngruppe mit folgender Entwicklung: Bis 2035 wird der Gesamtstrombedarf von rund 62 PJ im

Wärmepumpen dürften sich in den nächsten Jahren stärker durchsetzen als bisher angenommen.

⁴² In diesem Fall die Fortschreibung des Szenarios II des BFE, vgl. Jakob et al. 2009

Jahr 2005 um rund 13 PJ (20 %) auf 75 PJ und bis 2050 auf 76 PJ ansteigen. Das bedeutet eine Verstärkung der Effizienzsteigerung um 0,5 % pro Jahr gegenüber der Referenzentwicklung⁴³ bis 2035 und bis 2050. Verglichen mit der Frozen-efficiency-Entwicklung wäre dies eine Effizienzsteigerung um 1,1 % pro Jahr bis 2035 bzw. von 1,0 % pro Jahr bis 2050.

Thermische Energieträger

Die BFE-Szenarien gehen in Bezug auf den Verbrauch von thermischen Energieträgern bei den Dienstleistungsgebäuden von ähnlichen Annahmen aus wie bei den Wohngebäuden. Die ETS-Kerngruppe kommt ebenfalls zu ähnlichen Schlüssen wie bei den Haushalten: In den kommenden Jahren werden jährlich 1,3 bis 1,5 % der Dienstleistungsgebäude erneuert, was der Annahme von Szenario III entspricht. Diese werden so saniert, wie dies in Szenario IV angenommen wird.

Konkret rechnet die ETS-Kerngruppe mit folgender Entwicklung: Der Gesamt-Endenergiebedarf (ohne Strom) wird im Vergleich zu 2005 bis 2035 um rund 18 PJ (22 %) und bis 2050 um weitere 10 PJ (16 %) auf 53 PJ sinken. Verglichen mit der Referenzentwicklung⁴⁴ bedeutet dies eine Effizienzsteigerung um 0,8 % pro Jahr bis 2035 und von 0,7 % pro Jahr bis 2050. Gegenüber der der Frozen-efficiency-Entwicklung kann die Energieeffizienz sogar um 1,3 % pro Jahr bis 2035 verstärkt werden, bzw. 1,1 % pro Jahr bis 2050.

5.5 Sektor Industrie

Die BFE-Szenarien gehen davon aus, dass die Wertschöpfung des Industriesektors zwischen 2005 und 2035 um 18 % steigen wird. Dies induziert eine zusätzliche Energienachfrage, die zum Teil durch Energieeffizienzfortschritte gedämpft wird.

Stromverbrauch

Im Industriesektor spielt die Elektrizität mit einem Anteil von heute 39 % am Gesamtenergieverbrauch eine zentrale Rolle. Bereits heute besteht eine Reihe von rentablen Effizienzpotenzialen, v.a. bei Druckluft- und Kältekompressoren, Ventilatoren und Pumpen. Verschiedene Studien gehen davon aus, dass in der Industrie noch nicht alle Energiesparmassnahmen ergriffen werden, die effektiv wirtschaftlich wären. In der EU rechnet man, dass der Energieverbrauch um etwa 20 % geringer wäre, wenn heute alle wirtschaftlich vertretbaren Massnahmen realisiert würden. Für die Schweiz kann gesamthaft von etwa halb so grossen aktuellen Potenzialen ausgegangen werden. Diese werden sich bis Ende 2035 wegen des technischen Fortschritts etwa verdoppeln.

Das BFE-Szenario III geht von der Prämisse aus, dass Technologien und Massnahmen zur Anwendung kommen, welche zwar längere Rückzahlungsfristen (als von vielen Unternehmen heute angewandt) aufweisen, aber über die gesamte Laufzeit hinweg gerechnet doch wirtschaftlich sind. Der Energieeffizienzgewinn zwischen dem Szenario III und dem Referenzszenario I beträgt 16 %. Szenario IV geht zusätzlich noch von einem technologischen Strukturwandel und einer Änderung der physischen Produktionsmengen aus.

Die ETS-Kerngruppe rechnet damit, dass der Stromverbrauch im Industriesektor gemäss BFE-Szenario III gesenkt werden könnte, auch wenn dies von einem Teil der Kerngruppe als obere Grenze des Machbaren eingestuft wird. Es gelte zu bedenken, dass es einen Zielkonflikt zwischen einer zunehmenden Automatisierung mittels Stromanwendungen und einer Reduktion des Stromverbrauchs gibt. Ein weiterer Zielkonflikt besteht zwischen Umweltschutzmassnahmen (z.B. Einführung von zusätzlichen Filtern und Steuerungen) und

⁴³ In diesem Fall die Fortschreibung des Szenarios I des BFE, vgl. Jakob et al. 2009
⁴⁴ In diesem Fall die Fortschreibung des Szenarios I des BFE, vgl. Jakob et al. 2009

einer Reduktion des Stromverbrauchs. Die Schweiz hat in den letzten 25 Jahren eine markante Strukturbereinigung im Industriesektor durchgemacht. Dieser dürfte in den kommenden Jahrzehnten dementsprechend einen kleineren Beitrag zur Reduktion des Stromverbrauchs bezogen auf das Referenzszenario leisten.

Konkret rechnet die ETS-Kerngruppe mit folgenden Zahlen: Bis 2035 wird der Strombedarf in der Industrie von heute rund 68 PJ um rund 5 PJ (7 %) auf 73 PJ steigen (statt wie im Referenzszenario auf 76 PJ), danach aber bis 2050 wieder auf 70 PJ sinken. Dies bedeutet verglichen mit der Referenzentwicklung⁴⁵ eine Verstärkung der Effizienzsteigerung um 0,3 % pro Jahr bis 2035 bzw. 0,4 % pro Jahr bis 2050. In Bezug auf die Frozen-efficiency-Entwicklung resultieren Effizienzgewinne von 0,9 % pro Jahr bis 2035 und 2050.

Thermische Energieträger

Die BFE-Szenarien III und IV gehen jeweils von einem Best-practice-Ansatz aus: Es werden jeweils bessere Neuanlagen installiert, aber keine vorgezogenen Investitionen getätigt. Szenario III geht, je nach Wärmeprozess, von einer Reduktion des Brennstoffverbrauchs um 5 bis 15 % aus. Szenario IV nimmt an, dass es zusätzlich zu einem technologischen Strukturwandel kommen wird und dass sich die physischen Produktionsmengen verändern werden, weil Materialien effizienter eingesetzt oder durch andere substituiert werden.

Die ETS-Kerngruppe geht davon aus, dass die effektive Entwicklung zwischen der Referenzentwicklung⁴⁶ und dem Szenario III stattfinden wird. Eine Minderheit schätzt jedoch, dass auch in diesem Bereich eine Entwicklung, die noch über das Szenario IV hinausgeht, realistisch wäre.

Konkret geht die ETS-Kerngruppe von folgender Entwicklung aus: Bis 2035



wird die Nachfrage nach thermischen Energieträgern im Industriesektor von 111 PJ im Jahr 2005 auf 103 PJ und bis 2050 weiter auf 96 PJ absinken. Verglichen mit der Referenzentwicklung bedeutet dies eine um 0,2 % pro Jahr verstärkte Effizienzsteigerung bis 2035 bzw. bis 2050. In Bezug auf die Frozen-efficiency-Entwicklung resultiert eine Effizienzsteigerung von 0,8 bis 0,7 % pro Jahr bis 2035 bzw. bis 2050.

5.6 Sektor Verkehr

Das Referenzszenario⁴⁷ geht davon aus, dass sowohl beim motorisierten Individualverkehr als auch beim Schienenverkehr der Energieverbrauch bis 2035 leicht gesenkt werden kann. Das Szenario III geht bei den Personenwagen davon aus, dass die Nachfrage durch ein Bonus-Malus-System beeinflusst wird und dass das EU-Ziel, die CO₂-Emissionen im Mittel der Neuwagenflotte auf 130 g CO₂/km zu reduzieren, von der Schweiz übernommen wird. Szenario IV nimmt statt des Bonus-Malus-Systems an, dass die Nachfrage durch ein Zertifikatsystem reduziert bzw. der Modalsplit zugunsten des öffentlichen Verkehrs verschoben wird, dass Mindestvorschriften für einzelne Fahrzeuge das Angebot entsprechend steuern und dass zusätzlich Massnahmen wie Road Pricing eingeführt werden.

In der Industrie sind weitere Effizienzsteigerungen möglich.

⁴⁵ In diesem Fall die Fortschreibung des Szenarios I des BFE, vgl. Jakob et al. 2009

⁴⁶ In diesem Fall die Fortschreibung des Szenarios I des BFE, vgl. Jakob et al. 2009

⁴⁷ In diesem Fall die Fortschreibung des Szenarios I des BFE, vgl. Jakob et al. 2009



Mobilität ist wichtig – aber mit deutlich höherer Energieeffizienz.

Die Einführung der EU-Richtlinien von 130 g CO₂/km erachtet die ETS-Kerngruppe als notwendig und deshalb richtig. Dies bedeutet für die Schweiz aufgrund der hohen Kaufkraft und aktuell stärker motorisierten Wagenflotte eine grössere Herausforderung als für andere europäische Länder. Bei der individuellen Mobilität liegen längerfristig auch grosse Potenziale zur Elektrifizierung. Es stehen zwei Pfade im Vordergrund: Wenn Familien erstens statt eines Grossraumfahrzeugs nur noch ein kleineres Auto für den Alltag besitzen und mietweise Zugriff auf grössere Fahrzeuge haben, gelingt die Trennung der Kurz- und der Langstreckenmobilität. Erstere kann vollständig elektrifiziert werden und erlaubt somit eine höhere Energieeffizienz. Letztere wird noch über Jahrzehnte hinaus mit Verbrennungsmotoren erbracht. Zweitens können lokale Formen der Energieversorgung zu einem erhöhten Anteil an effizienteren Plug-in-Hybriden führen.

Die aktuellen Prognosen erwarten eine Zunahme der Personenverkehrsleistung der Bahnen um 50 % im Zeitraum 2000 bis 2030⁴⁸ sowie eine leichte Steigerung des Anteils des öffentlichen Verkehrs im Modalsplit um 3 %⁴⁹. Ein wesentlicher Teil dieses Wachstums ist mit Bahn 2000 bereits erfolgt. Zukünftige Angebotsausbauten im Rahmen von ZEB⁵⁰ oder die Eröffnung der NEAT⁵¹ tragen einen weiteren Anteil bei. Weitere Ausbauten der bereits stark belasteten Infrastruktur sind unumgänglich, zusätzliche Potenziale können durch Investitionen in neues Rollmaterial (Doppelstockzüge) sowie Fahrplanverdichtungen erschlossen werden. Nebst der Netzkapazität stellt die Schliessung der Mobilitätskette eine weitere wichtige Herausforderung für die Zukunft dar. Neue Mobilitätsformen wie z. B. Carsharing

werden deshalb Anteile hinzugewinnen. Offen ist, ob die gefahrene Anzahl Kilometer pro Person und Tag im selben Ausmass wie bisher ansteigen wird. Den Modellen in den BFE-Energieperspektiven wurden für die Zukunft denn auch geringere Steigerungsraten als in der Vergangenheit zugrunde gelegt.

Auch im Bereich des Güterverkehrs hängt das Potenzial stark vom Ausbau der Infrastruktur ab. Mit der Fertigstellung der NEAT wird es gelingen, die Verkehrsleistung im Güterverkehr weiter zu steigern. Schon heute wird mehr als die Hälfte des alpenquerenden Güterverkehrs über die Schiene abgewickelt.

Die ETS-Kerngruppe erachtet insgesamt eine Entwicklung gemäss Szenario III+ bis IV+ als realistisch, wobei der Bezeichnungszusatz + darauf hinweist, dass zusätzlich eine Elektrifizierung des motorisierten Individualverkehrs von einem Drittel bis 2050 mit eingerechnet wurde. Konkret heisst das: Der Treibstoffverbrauch würde gegenüber 2005 um 101 PJ bzw. 150 PJ auf 135 bzw. 86 PJ sinken. Der Stromverbrauch würde gleichzeitig von 11 PJ bis 2035 auf 26 PJ ansteigen (30 PJ bis 2050), d.h. er würde sich mehr als verdoppeln bzw. beinahe verdreifachen.⁵²

Der Nachfragerückgang beim Treibstoff verteilt sich auf Substitutionsweggänge (36 PJ durch Modalsplitänderungen und 24 PJ durch die Elektrifizierung der individuellen Mobilität im Jahr 2035) sowie auf Effizienzgewinne (43 PJ im Jahr 2035 und 83 PJ im Jahr 2050). Verglichen mit der Referenzentwicklung⁵³, welche von einem Anstieg von 10 PJ bzw. 14 PJ ausgeht, bedeutet dies beim Treibstoff bis 2035 eine um Substitutionseffekte bereinigte Effizienzsteigerung um 0,6 % pro Jahr, bis 2050 um 0,9 % pro Jahr. Gegenüber der Frozen-efficiency-Entwicklung resultiert eine um 1,2 % pro Jahr

⁴⁸ SBB 2009

⁴⁹ ARE 2006

⁵⁰ Zukünftige Entwicklung der Bahninfrastruktur (ZEB)

⁵¹ Neue Eisenbahn-Alpentransversale (NEAT)

⁵² Auch im Strombereich wurden Effizienzpotenziale unterstellt. Diese vermögen allerdings nur einen Teil des Substitutionszugangs aufgrund der Modalsplitänderungen und der Elektrifizierung der individuellen Mobilität zu kompensieren. Im Vergleich zum Referenz-Szenario betragen die Effizienzgewinne 0,9 % pro Jahr und im Vergleich zum Fall Frozen-efficiency 1,6 % pro Jahr (bis 2035) bzw. 1,4 % pro Jahr (bis 2050).

⁵³ In diesem Fall die Fortschreibung des Szenarios I des BFE, vgl. Jakob et al. 2009

		2005	2035	2050
Referenz-Szenario	PJ	204	259	266
	TWh	57	72	74
Substitutionsweggang ¹⁾	PJ		-2	-3
Substitutionszugang ²⁾	PJ		23	34
Energieeffizienzgewinn (EE)	PJ		-41	-57
ETS-Szenario	PJ	204	239	240
	TWh	57	66	66,5
Differenz Referenz- / ETS-Szenario	PJ		20	26
EE relativ zu Referenz total	%		-16,0	-21,0
EE relativ zu Referenz pro Jahr	%/a		-0,6	-0,5
EE relativ zu «Frozen-efficiency»	%/a		-1,2	-1,1

Quelle: Jakob et al. 2009

		2005	2035	2050
Referenz-Szenario	PJ	400	378	350
	TWh	111	89	78
Substitutionsweggang ¹⁾	PJ		-4	-7
Substitutionszugang ²⁾	PJ		2	4
Energieeffizienzgewinn (EE)	PJ		-55	-66
ETS-Szenario	PJ	400	320	281
	TWh	111	89	78
Differenz Referenz- / ETS-Szenario	PJ		58	69
EE relativ zu Referenz total	%		-15,0	-19,0
EE relativ zu Referenz pro Jahr	%/a		-0,5	-0,5
EE relativ zu «Frozen-efficiency»	%/a		-1,0	-0,9

Quelle: Jakob et al. 2009

		2005	2035	2050
Referenz-Szenario	PJ	236	246	250
	TWh	66	38	24
Fahrleistungsreduktion	PJ		-8	-15
Substitutionsweggang MS ¹⁾	PJ		-36	-36
Substitutionsweggang MIV ²⁾	PJ		-24	-29
Energieeffizienzgewinn (EE)	PJ		-43	-83
ETS-Szenario	PJ	236	135	86
	TWh	66	38	24
Differenz Referenz- / ETS-Szenario	PJ		111	164
EE relativ zu Referenz total	%		-18,0	-33,0
EE relativ zu Referenz pro Jahr	%/a		-0,6	-0,9
EE relativ zu «Frozen-efficiency»	%/a		-1,2	-1,4

Quelle: Jakob et al. 2009

Tab. 1

Vergleich des Referenz- und des ETS-Szenarios in Bezug auf die Entwicklung der Stromnachfrage in der Schweiz von 2005 bis 2050

¹⁾ Substitutionsweggang: Nachfrage, welche neu durch thermische Energieträger statt Strom gedeckt wird. Beispiel: Kombi-Heiz- und Warmwasseranlage statt Elektroboiler.

²⁾ Substitutionszugang: Zusätzliche Nachfrage, welche im Referenzfall durch thermische Energieträger gedeckt wird. Beispiel: Wärmepumpen statt Ölheizungen.

Tab. 2

Vergleich des Referenz- und des ETS-Szenarios in Bezug auf die Entwicklung der Nachfrage nach thermischen Energieträgern (ohne Treibstoffe) in der Schweiz von 2005 bis 2050

44 / 45

¹⁾ Substitutionsweggang: Nachfrage, welche neu durch Strom statt thermische Energieträger gedeckt wird.

²⁾ Substitutionszugang: Zusätzliche Nachfrage, welche im Referenzfall durch Strom gedeckt wird.

Tab. 3

Vergleich des Referenz- und des ETS-Szenarios in Bezug auf die Entwicklung der Treibstoffnachfrage in der Schweiz von 2005 bis 2050

Substitutionsweggang: Nachfrage, welche neu durch Strom statt Treibstoffe gedeckt wird.

¹⁾ Modalsplit
²⁾ Elektrifizierung MIV



verstärkte Effizienzsteigerung bis 2035 bzw. eine zusätzliche Effizienzsteigerung von 1,4 % pro Jahr bis 2050.

5.7 Zusammenfassung

Gesamtnachfrage

Die Hochrechnung der einzelnen sektoralen Einschätzungen ergibt folgendes Gesamtbild (vgl. Tab. 1 bis 3): Über alle Sektoren hinweg wird im ETS-Szenario die Nachfrage nach Strom von etwa 204 PJ (57 TWh)

im Jahr 2005 bis 2035 auf rund 239 PJ (66 TWh) ansteigen, danach bis 2050 nur noch leicht auf 240 PJ (67 TWh). Bereinigt um Substitutionseffekte bedeutet dies eine Effizienzsteigerung von 15 % bzw. 0,6 % pro Jahr bis 2035 bzw. von 21 % bzw. 0,5 % pro Jahr bis 2050 gegenüber der Referenzentwicklung (Szenario I bzw. II). Verglichen mit der Frozen-efficiency-Entwicklung resultiert eine um 1,2 bzw. 1,1 % pro Jahr verstärkte Effizienzsteigerung (bis 2035 bzw. bis 2050).

Tab. 4 Entwicklung der jährlichen Veränderungsraten der Energieintensitäten und der Pro-Kopf-Nachfrage für die Endenergie als Gesamtes sowie für die Elektrizität zwischen 1990 und 2005

Indikator		1990–2000	2000–2005
Endenergieintensität (Endenergie/BIP)			
OECD total	%	-1,0	-1,2
OECD Europa	%	-1,3	-0,6
OECD Schweiz	%	-0,3	-0,1
BFE-Energieperspektiven Schweiz	%	-0,3	-0,4
Elektrizitätsintensität (Strom/BIP)			
OECD total	%	0,0	-0,4
OECD Europa	%	-0,4	0,1
OECD Schweiz	%	0,1	0,6
BFE-Energieperspektiven Schweiz	%	0,3	0,4
Endenergie pro Kopf			
OECD total	%	0,8	0,1
OECD Europa	%	0,5	0,7
OECD Schweiz	%	0,2	0,4
BFE-Energieperspektiven Schweiz	%	-0,0	-0,3
Elektrizität pro Kopf			
OECD total	%	1,7	0,8
OECD Europa	%	1,4	1,3
OECD Schweiz	%	0,5	1,0
BFE-Energieperspektiven Schweiz	%	0,6	0,5

Quelle: Jakob et al. 2009

Bei den thermischen Energieträgern (d.h. ohne Strom und Treibstoffe) wird die Nachfrage im ETS-Szenario über alle Sektoren hinweg von insgesamt 400 PJ im Jahr 2005 bis 2035 auf rund 320 PJ (–20% gegenüber 2005, –15% gegenüber der Referenz) und bis 2050 auf 281 PJ (–30% gegenüber 2005, –19% gegenüber der Referenz) zurückgehen. Im Vergleich zur Referenzentwicklung bedeutet dies bei den thermischen Energieträgern eine Zunahme der Effizienzsteigerung um 0,5% pro Jahr bis 2035 bzw. bis 2050 (1,0 bzw. 0,9% pro Jahr verglichen mit der Frozen-efficiency-Entwicklung).

Bei den Treibstoffen reduziert sich die Nachfrage von 236 PJ in 2005 auf rund 135 PJ (2035) bzw. 86 PJ (2050). Sie nimmt im Vergleich zum Ausgangsjahr 2005 also um 43 bzw. 63% ab und im Vergleich zur Referenz um 45 bzw. 65%. Davon entfallen 43 PJ bzw. 83 PJ auf die Effizienz, was einer Zunahme der Effizienzsteigerung von 0,6% (bis 2035) bzw. 0,9% pro Jahr (bis 2050) entspricht. Gegenüber der Frozen-efficiency-Entwicklung ist dies eine um 1,2 bzw. 1,4% pro Jahr verstärkte Effizienzsteigerung (bis 2035 bzw. 2050). Die übrigen Beiträge zur beschriebenen Nachfragereduktion sind ein Trend hin zu Elektromobilität, ein Umsteigen auf den öffentlichen Verkehr sowie eine geringe Fahrleistungsreduktion.

Im Quervergleich zwischen den verschiedenen Bereichen fällt auf, dass der Treibstoffbereich die höchsten Effizienzsteigerungsraten aufweist. Dies ist vor dem Hintergrund der angestrebten Zielsetzung der CO₂-Emissionsminderung und der weitgehend fehlenden Substitutionsmöglichkeiten sowie der hohen Ausgangslage plausibel. Im Gebäudebereich sind die Potenziale zwar mindestens so hoch oder höher, aber die Re-Investitionszyklen sind länger, was sich in einer langsameren Dynamik niederschlägt. Der Strombereich



weist ähnliche Effizienzgewinne auf, aber im Unterschied zu den übrigen Bereichen überlagert der deutliche Anstieg der Nachfrage die Effizienzgewinne: Es resultiert ein Anstieg gegenüber 2005 von 36 PJ bis ins Jahr 2050. Darin enthalten sind ein verstärkter Einsatz von Wärmepumpen (7 PJ), eine Modalsplitveränderung in Richtung öffentlicher Verkehr (9 PJ) und eine zusätzliche Elektrifizierung des Verkehrs (11 PJ). Ohne diese Substitutionszugänge von insgesamt 27 PJ würde der Anstieg der Stromnachfrage nur 9 PJ betragen, was einer Zunahme von 4,5% entsprechen würde.

Entwicklung in Bezug auf die Energieintensität

Abschliessend soll abgeschätzt werden, inwiefern das errechnete Effizienz-Szenario der ETS-Kerngruppe zu einer Entkoppelung zwischen Energiebedarf und BIP-Wachstum und Pro-Kopf-Entwicklung beitragen wird. Dazu muss der berechnete künftige Energiebedarf mit der wirtschaftlichen Entwicklung verglichen werden. Setzt man die Entwicklung des Bedarfs an Endenergie sowie den Stromverbrauch in Relation zur Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts (BIP) und zur Bevölkerung, lassen sich daraus die Endenergie- bzw. die Stromintensität – d.h. die Energienachfrage pro BIP-Einheit – und die Pro-Kopf-Nachfrage ermitteln.⁵⁴

Im Verkehr liegen im Quervergleich die grössten Effizienzsteigerungspotenziale.

⁵⁴ Der ETS ist sich bewusst, dass für eine gesamtheitliche Betrachtung auch die Veränderung der Intensität auf der Primärenergieebene zu berücksichtigen ist. Da in der Kerngruppe des ETS jedoch keine einheitliche Einschätzung bezüglich des zukünftigen Strommix vorliegt, kann die Veränderung der Primärenergieintensität nicht berechnet werden.

In einem ersten Schritt wird zunächst die Entwicklung in der Schweiz mit derjenigen in anderen Ländern verglichen. Dieser Vergleich basiert zum einen auf Statistiken der Internationalen Energieagentur,⁵⁵ zum anderen auf den BFE-Energieperspektiven, welche die mittlere Entwicklung seit 1990 nachzeichnen.⁵⁶ In einem zweiten Schritt wird die Entwicklung in der Schweiz von 2005 bis 2050 aufgezeigt. Diese stützt sich auf die aktualisierte Bevölkerungsentwicklung bis 2050 sowie auf die angepasste BIP-Entwicklung. Dabei wird dieselbe BIP-Pro-Kopf-Entwicklung angenommen wie bei der Prognose des Staatssekretariats für Wirtschaft (SECO) aus dem Jahr 2006.⁵⁷

Sowohl bei der Endenergieintensität als auch bei der Stromintensität (je Energie pro BIP-Einheit, vgl. Tab. 4) hinkte die Schweiz seit 1990 der internationalen Entwicklung hinterher: Bei der Endenergieintensität war der Rückgang weniger ausgeprägt als bei den anderen OECD-Staaten. Bei der Stromintensität der Schweiz sind in den letzten Jahren sogar positive Veränderungsrate zu verzeichnen, d.h. es wurde pro erzeugte BIP-Einheit kontinuierlich mehr Strom verbraucht. Dies war bei den OECD-Staaten weit weniger der Fall. Zurückzuführen ist dies u.a. auf einen geringeren Strukturwandel und auch auf das geringere Wirtschaftswachstum in der Schweiz, wie der Quervergleich zur Pro-Kopf-Nachfrage zeigt, bei der die Schweiz eher geringere Steigerungsraten aufweist als die OECD.

Bei der künftigen Entwicklung ist im Referenz-Szenario bei der Endenergie als Gesamtes eine Reduktion der Energieintensität von 1,0 % pro Jahr zu verzeich-

nen (vgl. Tab. 5). Im ETS-Szenario beträgt die Reduktion deutlich mehr, nämlich 1,8 % pro Jahr. Sowohl im Vergleich zur Vergangenheit wie auch im Vergleich zur Referenzentwicklung, welche ihrerseits energieeffizienter ist als zurückliegende Vergleichsperioden, bedeutet dies eine deutliche Reduktion der Endenergienachfrage pro erzeugte BIP-Einheit. Mit Blick auf die Faktoren, welche die Nachfrageentwicklung erklären, ist dies vor allem auf die Entwicklung der Nachfrageeffizienz zurückzuführen. Dazu kommen in geringerem Mass strukturelle Effekte aufgrund der Substitution von Energieträgern.

Qualitativ ähnliche Feststellungen lassen sich bzgl. der Pro-Kopf-Entwicklung der Endenergie machen: Die Referenzentwicklung geht von einem effizienteren Umgang mit Energie aus als in der Vergangenheit, und es gelingt auch bereits – wenn auch nur knapp –, Bevölkerungswachstum und Endenergienachfrage zu entkoppeln. Dies ist beim ETS-Szenario noch ausgeprägter der Fall, allerdings weniger stark als bei der Energieintensität: Während die Endenergieintensität um 1,8 % pro Jahr abnimmt, reduziert sich der Endenergieverbrauch pro Kopf nur um ca. 1 % pro Jahr, denn die Bevölkerung wächst weit weniger stark als die Wirtschaft.

Die Stromintensität nimmt im Referenz-Szenario bis 2035 um 0,4 % pro Jahr ab und über die gesamte Betrachtungsperiode (also bis 2050) um 0,5 % pro Jahr. Im Vergleich zur Vergangenheit stellt dies eine deutlichere Entkopplung zwischen der wirtschaftlichen Entwicklung und dem Stromverbrauch dar. Die Entkopplung ist jedoch weniger stark als bei der

⁵⁵ IEA 2008a

⁵⁶ Vgl. BFE 2009c: Entsprechende Werte, welche aus Energiestatistiken abgeleitet werden, können davon abweichen. Dies ist zum Teil auf unterschiedliche Abgrenzungen und Definitionen, insbesondere aber auf kurzfristige Einflussfaktoren (Wetter, Konjunkturzyklus, Preise etc.) zurückzuführen. Für strategische Betrachtungen sind generelle Trends, welche diese letztgenannten Effekte nicht enthalten, besser geeignet als direkte Werte aus den Energiestatistiken.

⁵⁷ Wachstumstrends SECO, mündliche Mitteilung Simon Jäggi, SECO

Endenergie als Gesamtes. Im ETS-Szenario reduziert sich die Stromintensität stärker als in der Referenz, nämlich um 0,7 % pro Jahr. Der Unterschied zwischen Endenergie und Strom ist namentlich auf Substitutionszugänge (beim Verkehr und bei den Wärmepumpen) zurückzuführen, welche beim Strom im Gegensatz zur Gesamtendenergie ungünstig ins Gewicht fallen und damit rund 50 (2035) bis 60 % (2050) der nachfrageseitigen Effizienzgewinne kompensieren. Ohne diese Substitutionszugänge wäre die Verringerung der Stromintensität deutlich höher und würde rund 1 % pro Jahr betragen.

Bezüglich der Pro-Kopf-Stromnachfrage ergibt sich beim Referenz-Szenario eine Erhöhung von 0,4 % pro Jahr. Damit fällt die Nachfragerhöhung etwas geringer aus als während der vergangenen 15 Jahre (im Mittel betrug sie rund 0,6 % pro Jahr). Im ETS-Szenario ist in der ersten Betrachtungsperiode bis 2035 eine leichte Änderung im Vergleich zur Referenz zu verzeichnen, auch wenn dabei immer noch eine Zunahme der Pro-Kopf-Nachfrage von 0,2 % pro Jahr zu verzeichnen ist (0,1 % pro Jahr über die gesamte Periode). Damit ist die Pro-Kopf-Nachfrage nach Strom der einzige Kennwert, der auch im ETS-Szenario weiter ansteigt.

Entwicklung der Energieintensitäten und der Pro-Kopf-Nachfrage in der Schweiz **Tab. 5**

			2005	2035	2050		2005–2035	2005–2050
	BIP	Mrd.	441	628	716	%/a	1,2	1,1
	Bevölkerung	Mio.	7,47	8,30	8,24	%/a	0,4	0,2
Ref.	Endenergie gesamt	PJ	839	883	866	%/a	0,2	0,1
	Strom	PJ	204	259	266	%/a	0,8	0,6
ETS	Endenergie gesamt	PJ	839	694	608	%/a	-0,6	-0,7
	Strom	PJ	204	238	240	%/a	0,5	0,4
Ref.	Endenergieintensität	MJ/CHF	1,91	1,41	1,21	%/a	-1,0	-1,0
	Stromintensität	MJ/CHF	0,46	0,41	0,37	%/a	-0,4	-0,5
ETS	Endenergieintensität	MJ/CHF	1,91	1,10	0,85	%/a	-1,8	-1,8
	Stromintensität	MJ/CHF	0,46	0,38	0,34	%/a	-0,7	-0,7
Ref.	Endenergie pro Kopf	GJ/Kopf	112	106	105	%/a	-0,2	-0,1
	Strom pro Kopf	GJ/CHF	27	31	32	%/a	0,4	0,4
ETS	Endenergie pro Kopf	GJ/Kopf	112	84	74	%/a	-1,0	-0,9
	Strom pro Kopf	GJ/CHF	27	29	29	%/a	0,2	0,1

Jährliche Veränderungsrate für die Endenergie als Gesamtes sowie für die Elektrizität in den Szenarien Referenz und ETS zwischen 2005 und 2050.

Quelle: Jakob et al. 2009



6 Erwartete Potenziale der erneuerbaren Energien in der Schweiz

Bis 2035 kann die Schweiz die erneuerbaren Energien um 50% steigern und somit 40% der Nachfrage decken. 2050 kann dieser Anteil gar bei 55% liegen.

Die Stromproduktion ist heute im saisonalen Verlauf gegenläufig zur Nachfrage.

Weltweit zeigen die erneuerbaren Energien ein hohes und zunehmendes Wachstum. Grosse Investitionen insbesondere in die Wind- und Solarenergie werden in der Regel durch staatliche Förderungsprogramme unterstützt und beschleunigt. Wie sehen die Situation und das Potenzial für die Schweiz aus? In welchem Ausmass und mit welcher Dynamik können erneuerbare Energien zu einer nachhaltigen und wettbewerbsfähigen Energiepolitik beitragen?

Abgesehen von der Grosswasserkraft spielen erneuerbare Energien bei der heutigen Energieversorgung der Schweiz erst eine untergeordnete Rolle. Verschiedene Studien schätzen den zukünftigen Anteil inländischer, erneuerbarer Energieträger unterschiedlich ein.

Die ETS-Kerngruppe hat die verfügbaren Schätzungen zum Ausbaupotenzial der erneuerbaren Energien in der Schweiz verglichen. In vertieften Diskussionen hat sie eigene Annahmen in einer möglichst engen Bandbreite definiert und daraus die folgenden Potenzialschätzungen als von allen Teilnehmern der Kerngruppe getragenen Vorschlag verabschiedet. Diese gemeinsame Einschätzung zeigt erhebliche Ausbaupotenziale für neue erneuerbare Energien. Es ist der Kerngruppe durchaus bewusst, dass externe und interne Faktoren die Rahmenbedingungen für solche Annahmen jedoch rasch verändern können (vgl. Kap. 13.3).

Bei der Stromproduktion gilt es insbesondere zu bedenken, dass das effektiv

verfügbare Angebot an Elektrizität bei den erneuerbaren Energien je nach Tages- und Jahreszeit sehr stark schwankt. Auch die Witterung hat einen Einfluss auf das Angebot. Einzig mit Grosswasserkraft und Biomasse lässt sich ein kleiner Anteil der Energie zur Elektrizitätserzeugung speichern. Gemäss der Stromstatistik 2007 des Bundesamtes für Energie ist das Angebot im Sommerhalbjahr rund 10% grösser als im Winterhalbjahr. Damit ist die Produktion im saisonalen Verlauf gegenläufig zur Nachfrage, ist diese doch im Winterhalbjahr ungefähr um 20% grösser als im Sommerhalbjahr. Dieses Verhältnis dürfte sich jedoch mit dem zunehmenden Klimatisierungsbedarf aufgrund des Klimawandels stärker Richtung Sommer verschieben. Um die Produktionsschwankungen ausgleichen zu können, müssten die Speichermöglichkeiten für Strom deutlich ausgebaut werden. Im Auge zu behalten gilt es auch, dass sich die Klimaänderung ebenfalls auf das Elektrizitätsangebot auswirken wird. Insbesondere bei der Grosswasserkraft wird bis 2035 mit Einbussen von 7% gerechnet. Bei der Kleinwasserkraft wird prozentual gesehen mit noch grösseren Ausfällen gerechnet.

Auch bei der Wärmeversorgung gilt es, eine Reihe von Aspekten zu berücksichtigen, damit die künftige Rolle der erneuerbaren Energien realistisch eingeschätzt werden kann. Zu diesen Aspekten gehören insbesondere das lokal verfügbare Temperaturniveau, die dezentrale Nachfrage, mög-

liche Angebote zur Wärmespeicherung, die Abhängigkeit von anderen Energieformen (Strom) und die Kosten für die Infrastruktur (Gasleitungen, Fernwärmenetze).

Bezüglich der Versorgung mit Treibstoffen aus erneuerbaren Quellen sind folgende Aspekte zu beachten: Die Ökobilanz beziehungsweise Nachhaltigkeitsbilanz der Treibstoffproduktion, die Frage, ob Biotreibstoffe im Inland produziert oder importiert werden sollen, die Kosten für Produktion, Verteilung und Infrastruktur sowie die Anforderungen bezüglich Speicherung und Langzeitlagerung.

Eine umfassende Diskussion über die künftige Rolle der erneuerbaren Energien setzt voraus, dass alle erwähnten Punkte mitberücksichtigt werden. Bisher existiert jedoch noch keine umfassende Studie für die Schweiz, welche im Rahmen einer ganzheitlichen Analyse alle diese Aspekte berücksichtigt.

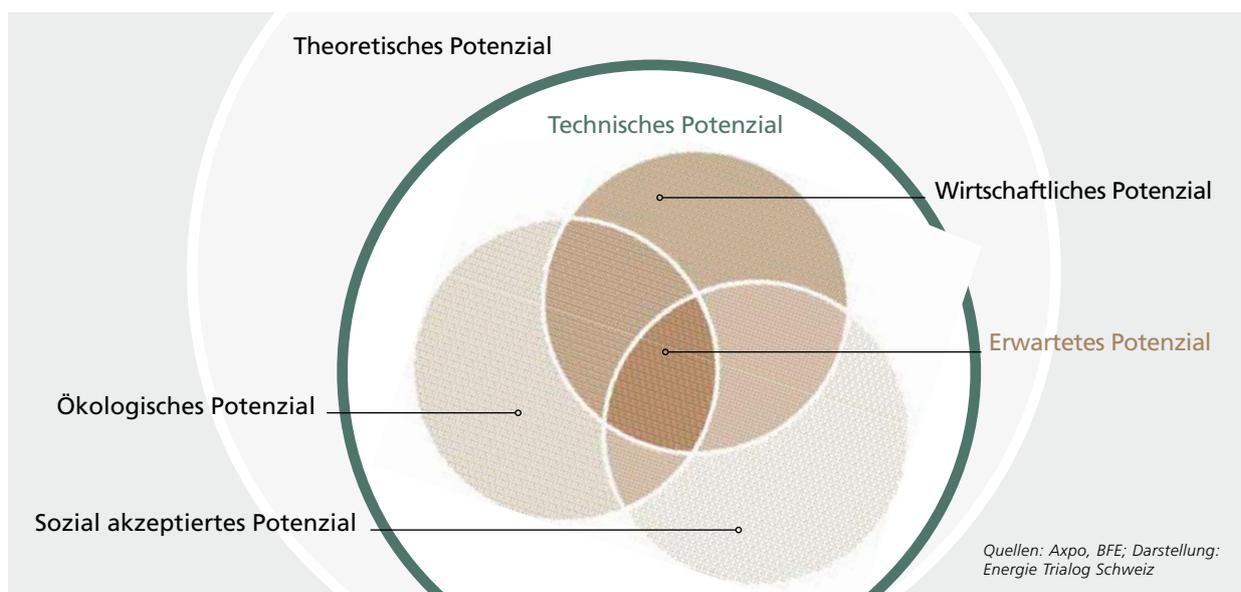
Für den vorliegenden Bericht wurden keine neuen wissenschaftlichen Daten erhoben, sondern verschiedene bestehende Arbeiten miteinander verglichen.⁵⁸

Da diese Studien auf unterschiedlichen Annahmen und Berechnungsmethoden basieren, ist nur eine grobe Vergleichbarkeit der Resultate möglich. Es wurden Studien des Bundesamtes für Energie (BFE), der Akademie der Naturwissenschaften (scnat), der Schweizerischen Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW), des Paul Scherrer Instituts (PSI), der Axpo Holding AG, von Greenpeace und weiteren Umweltorganisationen sowie von Rudolf Rechsteiner (Nationalrat, SP) berücksichtigt.⁵⁹

Grundsätzlich orientieren sich alle Untersuchungen und Schätzungen an der folgenden Potenzialdefinition (vgl. Abb. 12): Mit dem theoretischen Potenzial wird das gesamte physikalisch nutzbare Energieangebot eines Energieträgers oder einer Energietechnik zu einem bestimmten Zeitpunkt innerhalb einer gegebenen Region bezeichnet. Derjenige Anteil, der unter Berücksichtigung der gegebenen technischen Einschränkungen nutzbar ist, ist das technische Potenzial.

Abb. 12
Das erwartete Potenzial als Schnittmenge sämtlicher Einschätzungen

Das erwartete Potenzial, das neben technischen auch wirtschaftliche, ökologische und soziale Aspekte berücksichtigt, ist für die Abschätzung der künftigen Energieversorgung am aussagekräftigsten.



Quellen: Axpo, BFE; Darstellung: Energie Dialog Schweiz

⁵⁸ ETS 2009

⁵⁹ Axpo 2005, BFE 2007d, Greenpeace et al. 2006, Paul Scherrer Institut 2005, Rechsteiner 2008a und 2008b, SATW 2006, scnat 2007, VSE 2006



Gelingt es, die Kosten markant zu senken, weist die Fotovoltaik ein beträchtliches Potenzial auf.

Das ökologische Potenzial ist das technisch nutzbare Energieangebot, durch dessen Nutzung die Umwelt nicht irreversibel beeinträchtigt wird. Das wirtschaftliche Potenzial berücksichtigt die Gesamtkosten für die Energienutzung (Investitionen, Betriebskosten und Rückbau der Anlagen). Es verändert sich über die Zeit hinweg entsprechend den Entwicklungen des Marktes und kann durch energiepolitische Instrumente erweitert werden. Das sozial akzeptierte Potenzial ist das Potenzial, das unter Berücksichtigung der sozialen Akzeptanz (z. B. in Bezug auf die Landschaftsästhetik oder im Hinblick auf Sicherheitsaspekte) genutzt werden kann. Das erwartete Potenzial schliesslich ist die Schnittmenge der genannten Potenziale.

Für eine realistische Einschätzung der künftigen Energienutzung sind Angaben zum erwarteten Potenzial am interessantesten, da dieses neben dem technisch Möglichen auch ökologische, ökonomische und soziale Faktoren berücksichtigt. Die ETS-Kerngruppe interpretierte für ihre Einschätzungen diejenigen Studien, die erwartete Potenziale ausweisen.

6.1 Stromerzeugung im Inland

Fotovoltaik

In den letzten Jahren ist bei der Fotovoltaik eine rasante Marktentwicklung zu beobachten. Die globale Produktion von Fotovoltaikzellen hat sich über die letzten fünf Jahre fast versiebenfacht.⁶⁰ Die Herstellungskosten für Solarzellen konnten in den letzten Jahren deutlich gesenkt werden.⁶¹ Auch für die nächsten Jahre wird der Fotovoltaik ein grosses Entwicklungspotenzial zugeschrieben, insbesondere im Bereich der Dünnschichttechnologie. Die Prognosen des erwarteten Potenzials, das zusätzlich durch Fotovoltaik genutzt werden kann, liegen bis 2035 zwischen 0,1 und 2,7 TWh, bis 2050 zwischen

0,2 bis 9,7 TWh. Das entspricht einer Versechsfach- bis mehr als Verhundertfachung des heute genutzten Fotovoltaikpotenzials (0,02 TWh) bis 2035. Bis 2050 wird gegenüber 2035 ein markanter Anstieg auf das 10- bis fast 500-fache der heutigen Produktion erwartet. Längerfristig machen einzelne Studien noch weit höhere Potenziale aus.⁶²

Die Fotovoltaik ist mit Gesteuerungskosten von 40 bis 100 Rp./kWh heute noch die teuerste Technik zur Stromerzeugung. Auch wenn der Preis bis 2035 voraussichtlich auf 20 bis 40 Rp./kWh sinken wird, werden die Mehrkosten ein limitierender Faktor bleiben. Bis im Jahr 2050 wird allerdings von vielen Studien erwartet, dass die Fotovoltaik noch einen deutlichen Entwicklungssprung machen wird und schrittweise zu einer konkurrenzfähigen Technik werden könnte. Das Erreichen der Netzparität – das heisst, der Strom aus Fotovoltaikanlagen kann unter Berücksichtigung der Kosten für Systemdienstleistungen zum gleichen Preis wie der Endverbraucherstrompreis angeboten werden – ist die entscheidende Voraussetzung, damit die beträchtlichen technischen Potenziale der Fotovoltaik ausgeschöpft werden können.

Die ETS-Kerngruppe rechnet unter diesen Voraussetzungen damit, dass die Fotovoltaik im Inland im Jahr 2035 einen Beitrag von rund 1,5 TWh und im Jahr 2050 einen Beitrag von 8 bis 12 TWh zur Stromproduktion liefern kann. Dies entspricht einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 15%. Vorausgesetzt wird dabei, dass die politische Bereitschaft vorhanden ist, die beträchtlichen Zusatzkosten mitzutragen und die Installation wie auch die Technologieentwicklung der Fotovoltaik entsprechend zu fördern.

Windenergie

Windenergie gilt inzwischen als reife, ökonomisch konkurrenzfähige Technik mit einem grossen Entwicklungspotenzial.

Die Investitionskosten zur Erzeugung einer bestimmten jährlichen Menge an Windenergie konnten zwischen 1990 und 2004 mehr als halbiert werden. Gleichzeitig wurden auch die Effizienz, die Zuverlässigkeit und die Leistung von Windturbinen verbessert. Die weltweit installierte Kapazität hat sich in den letzten fünf Jahren vervierfacht auf aktuell rund 125 000 MW. Die Gesteigungskosten der Windenergie liegen heute im unteren Bereich der Kleinwasserkraft, hängen jedoch stark vom Standort ab. Limitiert wird die wirtschaftliche Nutzung der Windenergie in der Schweiz durch die beschränkte Anzahl guter Standorte. Zusätzlich einschränkend wirken zudem die Akzeptanz der Bevölkerung und die Anliegen des Landschaftsschutzes. Heute sind 13 Anlagen in Betrieb, die jährlich rund 0,02 TWh produzieren. Rund 90 weitere Anlagen sind in Planung. Eine Produktion von 2 TWh pro Jahr würde die Installation von rund 1200 Windrädern bedeuten.

Die verschiedenen Studien rechnen damit, dass die Stromgewinnung aus Windenergie in der Schweiz bis 2035 um weitere 0,6 bis 2,2 TWh pro Jahr gesteigert werden könnte. Die heutige Produktion würde dadurch um das 40- bis mehr als 100-fache erhöht. Für 2050 werden zusätzliche erwartete Potenziale zwischen 0,4 bis 4 TWh vorausgesagt. Längerfristig sehen einzelne Studien gar erwartete Potenziale zwischen 4 bis 22 TWh. Die Stromerzeugung durch Windenergie wird voraussichtlich bis 2035 markant zunehmen, danach aber bis 2050 nicht mehr erheblich ansteigen, da das heute erwartete Potenzial dannzumal bereits ausgeschöpft sein dürfte. Allenfalls liesse sich die Stromproduktion über neue, effizientere Windturbinen, mit vielen Einzelanlagen und mit einer gegenüber 2005 weniger ökologischen Nutzung nochmals steigern. Die Entwicklung hängt jedoch stark von der Nachfrage und den Standortmöglichkeiten ab.

Die ETS-Kerngruppe schätzt, dass die Windenergie aus inländischen Anlagen im Jahr 2035 einen Beitrag von rund 1,5 TWh zur Stromproduktion leisten wird – unter der Bedingung, dass die soziale Akzeptanz und die Investitionsbereitschaft vorhanden sind. Bis ins Jahr 2050 könnte die Produktion sogar bis auf 2 bis 3 TWh gesteigert werden.

Biomasse (Holz, erneuerbare Abfallfraktion)

Die verschiedenen Studien weisen bis 2020 ein zusätzliches Potenzial von 1 bis 2 TWh aus, was mindestens einer Verdoppelung des heute bereits produzierten Stroms aus Biomasse entspricht. Bis 2035 wird ein zusätzliches Potenzial von rund 2 bis 6 TWh vorausgesagt. Für 2050 sieht eine Studie der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften ein zusätzliches Potenzial von 7 bis 8 TWh. Die Autoren dieser Studie weisen allerdings darauf hin, dass die Stromproduktion in Konkurrenz zur Treibstoffproduktion steht. Die ETS-Kerngruppe geht aufgrund ihrer Überlegungen zum Gesamtpotenzial der Biomasse (vgl. Kap. 6.4) davon aus, dass bis zum Jahr 2035 jährlich rund 5 TWh Strom aus Biomasse erzeugt werden kann. Da die verfügbare Biomasse zu diesem Zeitpunkt praktisch vollständig genutzt sein wird, rechnet die ETS-Kerngruppe für 2050 mit einer gleich hohen Stromproduktion aus Biomasse.

Kleinwasserkraft

Die Technik der Kleinwasserkraft ist heute reif. Die Kosten für Neuanlagen liegen im Bereich von 12 bis maximal 50 Rp./kWh und sind vergleichbar mit den Kosten für die Stromproduktion aus Wind oder Biogas.⁶³ Die Grenzen für die Kleinwasserkraft werden durch den Gewässerschutz sowie den Natur- und Landschaftsschutz gesetzt. Weitere Einflussfaktoren, die sich auf das erwartete Potenzial der Kleinwasserkraft auswirken, sind noch ausstehende Entschei-

⁶³ Axpo 2005 und mündliche Mitteilung Niklaus Zepf, Axpo Holding AG



de zur Gewässerschutzgesetzgebung sowie allfällige Veränderungen beim hydrologischen Regime aufgrund des Klimawandels.

Die verschiedenen Studien prognostizierten einen Ausbau der Kleinwasserkraft bis 2035 in einem relativ engen Bereich zwischen 1,5 und 2,2 TWh. Längerfristig wird ein Ausbaupotenzial bis 3,4 TWh als möglich erachtet.

Die ETS-Kerngruppe beurteilt einen Ausbau der Kleinwasserkraft (dazu gehören Anlagen mit einer Leistung von weniger als 10 MW) von 1,5 TWh bis im Jahr 2035 als realistisch. Damit würde die Kleinwasserkraft im Jahr 2035 insgesamt knapp 5 TWh Strom produzieren. Die Kapazitätssteigerung soll hauptsächlich über die Erneuerung bestehender Anlagen und nicht durch den Bau neuer Kraftwerke erfolgen. Im Jahr 2050 wird hingegen aufgrund einer groben Einschätzung zum Effekt des Klimawandels und der gesteigerten Restwassermengen nur noch mit einem Potenzial von 4 bis 5 TWh gerechnet.

Grosswasserkraft

Die Grosswasserkraft deckt heute rund 50 % der Schweizerischen Stromnachfrage. Ihre mittlere Produktionserwartung in den letzten fünf Jahren (2004-2008) betrug 31,2 TWh.⁶⁴ 90% der geeigneten Bäche und Flüsse der Schweiz werden heute elektrizitätswirtschaft-

lich genutzt. Dieser bereits hohe Nutzungsgrad beschränkt das Ausbaupotenzial bei der Gross- und Kleinwasserkraft.

Eine Studie des BFE aus dem Jahr 2007 weist ein maximales Ausbaupotenzial der Grosswasserkraft zwischen 3,2 TWh und 3,9 TWh aus (Bezugsjahr 2000).⁶⁵ Im 2007 revidierten Energiegesetz wurde festgehalten, dass die durchschnittliche Jahreserzeugung (mittlere Produktionserwartung) aus Wasserkraftwerken bis 2030 um mindestens 2 TWh gegenüber dem Stand von 2000 zu erhöhen ist.⁶⁶ Die Realisierung neuer Anlagen ist jedoch schwierig, wie die in letzter Zeit verhinderten Projekte Grimsel oder Albula plus gezeigt haben. Der Neubau von Grosswasserkraftwerken zur Stromproduktion erachtet die ETS-Kerngruppe als wenig wahrscheinlich. Aufgrund der aktuell bekannten Erneuerungsprojekte und der politischen Widerstände schätzt die ETS-Kerngruppe ein Zubau-Potenzial von 2 TWh bis 2035 und 2050 als realistisch ein.

Gleichzeitig wird die Umsetzung der Restwasservorschriften im Rahmen von Konzessionserneuerungen in den nächsten Jahrzehnten zu einer Reduktion der mit Turbinen nutzbaren Wassermengen führen.⁶⁷ Die ETS-Kerngruppe rechnet mit einer vollständigen Umsetzung der Gewässerschutzgesetzgebung und schätzt, dass dies im Jahr 2035 zu einer Reduktion der Stromproduktion aus Grosswasserkraft um 5 % führen wird und bis 2050 zu einer Reduktion um 7 %.⁶⁸ Auch der Klimawandel dürfte eine deutlich negative Wirkung auf die Stromproduktion aus Wasserkraft haben. Die ETS-Kerngruppe orientiert sich in ihrer Einschätzung an einer Studie der EPF Lausanne und rechnet mit einem Rückgang der jährlichen Stromproduktion aus Grosswasserkraft von 7 % bis 2035 und 10 % bis 2050.⁶⁹

Insgesamt schätzt die ETS-Kerngruppe, dass aufgrund der Überlagerung von Zubau, Kli-

⁶⁴ BFE 2009d, inklusive 1,6 TWh aus Pumpspeicherbetrieb, exklusive 3,5 TWh aus Kleinwasserkraft

⁶⁵ Piot 2007b

⁶⁶ Energiegesetz 2009

⁶⁷ Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer 2008

⁶⁸ Piot 2007b, BFE 2004, BFE 2008c, Filippini et al. 2001

⁶⁹ Piot 2007a

ma- und Restwassereffekten das Angebot aus Grosswasserkraft in Zukunft leicht sinken dürfte. Im Jahr 2035 würde die Grosswasserkraft somit noch mit 29,8 TWh zur Stromproduktion beitragen, im Jahr 2050 noch mit 28,3 TWh.⁷⁰

Geothermie

Die Stromproduktion aus der Geothermie beruht auf dem Prinzip des Deep Heat Mining. Ob die Erschliessung des Wärmereservoirs in 5 bis 7 km Tiefe zur Wärme- und Stromgewinnung in der Schweiz möglich ist, lässt sich heute schwer einschätzen. Die tiefe Geothermie wäre grundsätzlich geeignet, Bandenergie zu liefern. Der elektrische Wirkungsgrad der Anlagen ist mit 10 bis 15 % jedoch relativ tief, d.h. es fällt bei der Stromproduktion viel Abwärme an. Eine kombinierte Nutzung von Strom und Wärme ist aus diesem Grund klar vorzuziehen. Damit kommen in erster Linie Anlagestandorte in Frage, bei denen ein grosses Fernwärmenetz vorhanden ist. Ein jährlicher Beitrag zur Stromproduktion von 5 TWh aus Geothermie würde den Bau von ca. 50 Kraftwerken mit einer thermischen Leistung von 100 MW bedeuten.

Die verschiedenen Studien erwarten, dass bis 2035 mit Geothermie Strom im Umfang von 0,6 bis rund 5 TWh erzeugt werden könnte. Im Jahr 2050 liegen die erwarteten Potenziale in einem ähnlichen Bereich. Nach 2050 sieht eine Studie der Axpo ein grösseres Potenzial von 17,5 TWh.

Die ETS-Kerngruppe erachtet im Gegensatz dazu bis im Jahr 2035 höchstens den Bau einiger weniger Pilotanlagen für die Stromproduktion als realistisch (Einschätzung für die Wärmeproduktion vgl. Kap. 6.2). Diese Pilotanlagen könnten einen Beitrag von maximal 0,5 TWh an die Stromproduktion sowie 1,0 TWh an die Wärmeproduktion liefern. Für das Jahr 2050 müssen im Hinblick auf die Stromproduktion zwei Szenarien betrachtet werden. Beim Szenario «wärmege-

führt» resultiert eine Stromproduktion von 1,5 TWh, beim Szenario «stromgeführt» eine Produktion von 3,5 TWh. Bei der Wärmeproduktion wird für 2050 mit einem Gesamtpotenzial von 5 bis 10 TWh gerechnet.

Übersicht zur inländischen Stromproduktion aus neuen erneuerbaren Energien

Bis 2035 erwarten die Studien eine zusätzliche Stromerzeugung aus den oben erwähnten erneuerbaren Energien zwischen 5 und 15 TWh (vgl. Abb. 13). Die heutige Stromproduktion aus neuen erneuerbaren Energien – 4,6 TWh im Jahr 2004 inkl. Kleinwasserkraft – würde dadurch maximal vervierfacht.

6.2 Wärmegewinnung

Solarthermie zur Wärmeproduktion

Die verschiedenen Studien zur schweizerischen Energiezukunft gehen davon aus, dass die aus Solarthermie erzeugte Wärme bis 2035 von heute 0,3 TWh auf 0,4 bis 2,3 TWh ansteigen wird. Bis 2050 wird ein weiterer Anstieg auf 3,4 bis 5 TWh vorausgesagt.

Das Potenzial der Sonnenwärme zur Warmwasseraufbereitung und zum Heizen wird von den Studien vermutlich unterschätzt. Die Solarthermie hat sich in den letzten zwei Jahren auf dem Markt stark durchgesetzt. Die Verkäufe von Sonnenkollektoren für Warmwasser und Heizung lagen im ersten Halbjahr 2008 bei rund 65 % des Vorjahres. Bei Neubauten sind die Gestehungskosten für die Wärmeproduktion heute in vielen Fällen konkurrenzfähig. Aufgrund dieser Überlegungen rechnet die ETS-Kerngruppe, dass im Jahr 2035 insgesamt 2 TWh Wärme aus der Solarthermie gewonnen werden können. Bis im Jahr 2050 dürfte sich dieser Wert gar auf 4 bis 5 TWh erhöhen. Dies entspricht einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 7 %.

⁷⁰ Annahmen: Werte in den Jahren 2035 und 2050 jeweils inklusive 1,6 TWh aus Pumpspeicherbetrieb, exklusive Kleinwasserkraft



Umgebungswärme

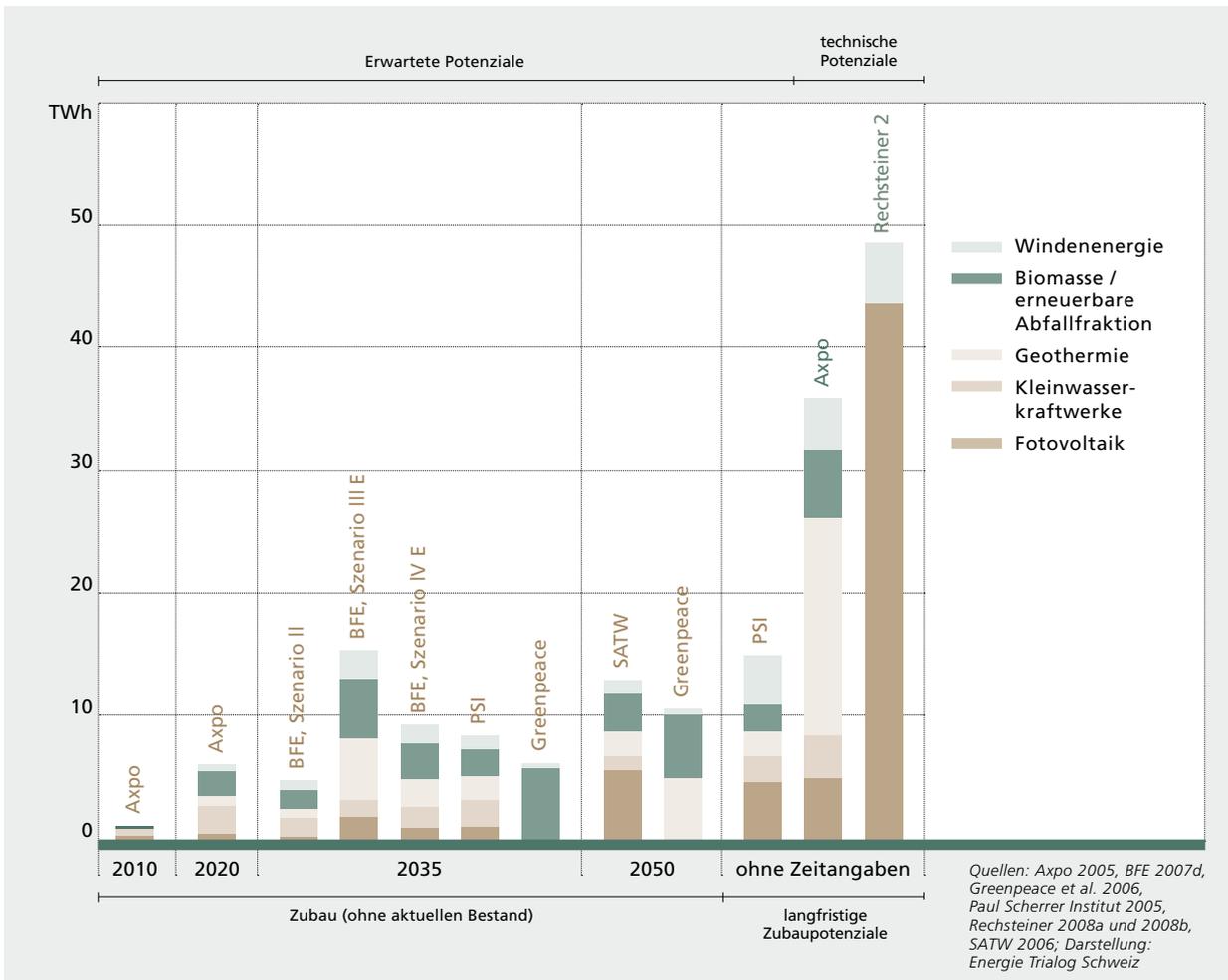
Die berücksichtigten Studien zeigen für das Jahr 2035 erwartete Gesamtpotenziale für Umgebungswärme⁷¹ zwischen 5 und 6,5 TWh. Diese steigen bis 2050 weiter auf 10 bis 11,3 TWh an, bis 2070 gar auf 15,6 TWh. Es wird somit eine kontinuierliche Erweiterung erwartet.

Ähnlich wie bei der Solarthermie wird auch bei der Nutzung der Umgebungswärme zur Gebäudeheizung mit Wärmepumpen das Potenzial von den erwähnten Studien vermutlich eher unterschätzt. So hat sich die Zahl der jährlich verkauften Wärmepumpen in Europa zwischen 2003 und 2006 mehr als verdoppelt. Wärmepumpen sind schon heute bei vielen Neubauten das billigste Heizsys-

tem. Zum Betrieb von Wärmepumpen muss allerdings etwa ein Viertel bis ein Fünftel der Nutzenergie als Strom bereitgestellt werden. Das grosse Potenzial kann aber nur mit starker politischer Unterstützung ausgeschöpft werden. Ein besonderes Problem stellt dabei der tiefe Renovationsgrad des Gebäudebestandes von 1 % pro Jahr dar. Der jährliche Sanierungsgrad von Heizungen liegt mit 3 bis 4 % immerhin etwas höher.

Die ETS-Kerngruppe schätzt, dass im Jahr 2035 bei der Nutzung der Umgebungswärme mit einem Gesamtpotenzial von 6 bis 7 TWh gerechnet werden kann. Im Jahr 2050 wird ein Potenzial von 11 bis 12 TWh erwartet, sofern die dazu nötige politische Unterstützung vorhanden ist.

Abb. 13
Inländische Potenziale der Stromproduktion aus Fotovoltaik, Kleinwasserkraft, tiefer Geothermie, Biomasse und Windenergie im Szenarienvergleich, 2010 bis 2050



⁷¹ Umgebungswärme ist Wärme, die aus Luft, Erdreich, Grundwasser sowie See- und Flusswasser mittels Wärmepumpe zu Heizzwecken gewonnen werden kann.

Geothermie

Die aufgezeigten Potenziale der Wärmeproduktion aus Geothermie beruhen auf dem Prinzip des Deep Heat Mining. Die Studien gehen davon aus, dass im Jahr 2050 zwischen 2 und 10 TWh Wärme aus der Geothermie genutzt werden können. Diese Technologie zur Wärmeengewinnung ist besonders interessant für Städte mit Fernwärmenetzen. Die ETS-Kerngruppe rechnet aufgrund der grossen technologischen Unsicherheiten bis 2035 mit einer maximalen Gewinnung von 1 TWh aus Geothermie. Für 2050 schätzt sie ein Gesamtpotenzial von 5 bis 10 TWh Wärme aus Geothermie.

Biomasse

(Holz, erneuerbare Abfallfraktion)

Die Studien gehen davon aus, dass die Wärmeengewinnung aus Biomasse und erneuerbaren Abfällen von heute 8,6 TWh bis 2035 auf 11,1 bis 13,2 TWh ansteigen wird. Die ETS-Kerngruppe nimmt aufgrund ihrer Überlegungen zum Gesamtpotenzial der Biomasse (vgl. Kap. 6.4) an, dass bis zum Jahr 2035 jährlich 11 bis 13 TWh Wärme aus Biomasse gewonnen werden können. Diese Energiemenge dürfte sich in den darauf folgenden Jahren nicht mehr gross verändern, da das Potenzial der Biomasse zu diesem Zeitpunkt praktisch vollständig genutzt wird.

6.3 Treibstoffproduktion im Inland

Die Erzeugung von Treibstoffen aus erneuerbaren Energiequellen basiert auf der Umformung von Biomasse zu Biogas und Biodiesel. Eine Studie der Schweizerischen Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW) geht davon aus, dass im Jahr 2050 ein Treibstoffangebot im Umfang von 10,8 TWh aus Biomasse erzeugt werden kann. Dabei wird angenommen, dass die gesamte Menge an Biogas als Treibstoff genutzt wird, also keinen Beitrag zur Strom- oder Wärmeproduktion liefert.

Mit den von der SATW ermittelten Potenzialen könnten 14 % des heutigen inländischen Treibstoffbedarfs von 80 TWh (2006) gedeckt werden. Die ETS-Kerngruppe geht aufgrund ihrer Überlegungen zum Gesamtpotenzial der Biomasse (vgl. Kap. 6.4) davon aus, dass bis zum Jahr 2035 die jährliche Treibstoffproduktion einen Umfang von 5 TWh erreichen wird. Da die verfügbare Biomasse zu diesem Zeitpunkt praktisch vollständig genutzt sein wird, rechnet die ETS-Kerngruppe für 2050 mit einer gleich hohen Treibstoffproduktion aus Biomasse.

Gesamtpotenzial der Biomasse

Biomasse ist die einzige erneuerbare Energiequelle, die für die Strom-, Wärme- und Treibstoffproduktion genutzt werden kann. Das ökologische Gesamtpotenzial wird auf rund 35 TWh (Primärenergie) geschätzt. Die gesamte Nutzung für Strom, Wärme und Treibstoffe kann diesen Wert nicht überschreiten. Heute wird in der Schweiz erst rund ein Drittel des ökologischen Potenzials der Biomasse genutzt. Aktuelle Ökobilanzen zeigen dabei, dass sich nur ein geringer Anteil der einheimischen Biomasse für die Treibstoffproduktion eignet. Heute werden 1,3 TWh Strom, 8 TWh Wärme und 0,01 TWh Treibstoffe als Nutzenergie aus einheimischer Biomasse erzeugt.

Die für diesen Bericht berücksichtigten Studien gehen von einem Gesamtpotenzial in der Grössenordnung von rund 22 bis 42 TWh aus. Die Studie der SATW übersteigt mit ihren Potenzialangaben für das Jahr 2050 das für 2040 prognostizierte ökologische Nettoproduktionspotenzial, welches das Bundesamt für Energie 2004 ausgewiesen hat. Die ETS-Kerngruppe schätzt eine vollständige Nutzung des ökologischen Potenzials der Biomasse von 130 PJ (36 TWh) im Jahr 2035 als realistisch ein. Sie schlägt vor, die Biomasse zu 40 % für die Stromproduktion, 30 % für die Wärmeproduktion und 30 % für die Treibstoffproduktion zu nutzen.⁷² Dies aus

Geothermie birgt grosse Potenziale, aber auch erhebliche technologische Unsicherheiten.

⁷² Auch andere Aufteilungen liessen sich gut begründen, beispielsweise ein stärkerer Einsatz für die Stromproduktion aufgrund des Anstiegs der Nachfrage nach Elektrizität.

Bei den erneuerbaren Energien kann mit einer deutlichen Steigerung der Produktion gerechnet werden.

der Überlegung, dass die Wärmeproduktion zwar einen hohen Wirkungsgrad hat, sich von den erneuerbaren Energiequellen aber einzig die Biomasse für die Treibstoffproduktion nutzen lässt. Die Stromproduktion wirft zudem auch einen Anteil nutzbarer Wärme ab. Daraus ergibt sich im Jahr 2035 eine Energieproduktion von 5 TWh Strom, 11 bis 13 TWh (40–47 PJ) Wärme und 5 TWh (18 PJ) Treibstoffe. Da ab diesem Zeitpunkt kaum zusätzliche Biomasse für die Verstromung, die Wärme- oder Treibstoffproduktion zur Verfügung stehen wird, geht die ETS-Kerngruppe davon aus, dass sich die erzeugte Energie aus Biomasse im Inland bis 2050 nicht mehr weiter erhöhen wird.

Ergänzende Potenziale aus Abfällen

In einer weiteren Grundlagenstudie des ETS wurden die Potenziale der Energiegewinnung aus sämtlichen Abfällen in der Schweiz umfassend und differenziert abgeschätzt.⁷³ Diese Studie erfasste sämtliche Abfälle von erneuerbaren Stoffen wie Holz, aber auch von nicht-erneuerbaren Stoffen wie Kunststoff. Aus diesem Grund sind die oben aufgeführten Potenziale aus Biomasse und die Potenziale aus Abfällen stark überlappend. Ein detaillierter Vergleich der im vorherigen Kapitel aufgezeigten Biomassepotenziale mit den berechneten Potenzialen aus den Abfällen zeigt dann auch, dass in den geschätzten Biomassepotenzialen ein Grossteil der Potenziale aus Abfällen bereits erfasst ist. Dazu gehört die Optimierung der energetischen Nutzung in den Kehrlichtverbrennungsanlagen sowie die stärkere Nutzung von biogenen Abfällen zur Vergärung und Produktion von Biogas.

Einige abfallspezifische Optimierungspotenziale sind aber noch ergänzend hervorzuheben: Aus energetischer Sicht sollten Abfallfraktionen mit hohem Heizwert wie beispielsweise Kunststoffabfälle oder Altreifen möglichst in Anlagen mit hohem Energienutzungsgrad umgelenkt werden. Als weitere Optimierung könnte der Export

verschiedener Abfallarten ins Ausland reduziert werden, um die Abfälle in der Schweiz energetisch zu verwerten. Mit Abstand den grössten Anteil bei den exportierten Abfällen bilden Alt- und Restholz, da dessen thermische Verwertung in der EU stark subventioniert wird. Rund 9,6 PJ Wärmepotenzial gehen so der Schweiz jährlich verloren. Auch nichtmetallische Shredderabfälle (RESH), Altreifen und Sonderabfälle könnten vermehrt direkt in der Schweiz verwertet werden. Mengenmässig sind diese Fraktionen allerdings viel kleiner als die Holzabfälle. Energetisch optimieren liesse sich zudem die Klärschlammverwertung. Werden Klärschlämme vermehrt vor der Verbrennung mit anderweitig nicht nutzbarer Abwärme getrocknet, kann die Energie in den Klärschlämmen besser genutzt werden.

Aufgrund der starken Überschneidungen zwischen den Analysen zur Energiegewinnung aus Biomasse und aus Abfällen und der bereits maximalen Einschätzung bei der Biomasse rechnet die ETS-Kerngruppe mit höchstens 0,5 TWh (1,8 PJ) zusätzlichem thermischem Energienutzungspotenzial aus Abfällen, insbesondere im Bereich der Klärschlammverwertung und der Reduktion des Exports verschiedener Abfallfraktionen.

6.4 Zusammenfassung

Vergleicht man die erwarteten Potenziale der verschiedenen Energieträger (vgl. Tab. 6), zeigt sich, dass verschiedenen Studien zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen kommen. Beim Strom variiert die Bandbreite der erwarteten Gesamtpotenziale (inkl. heutiger Nutzung) um einen Faktor 3 bis 4. Auch bei der Wärme sind erhebliche Differenzen auszumachen; dort divergieren die Schätzungen um einen Faktor 2.

Die ETS-Kerngruppe kommt aufgrund ihrer Überlegungen zum Schluss, dass bei den neuen erneuerbaren Energien sowohl beim Strom als auch bei der

Wärme bis zum Jahr 2035 mindestens mit einer Verdoppelung der heutigen Produktion gerechnet werden kann. Konkret bedeutet dies eine Stromproduktion von 12 bis 14,5 TWh und eine Wärmeproduktion von 19 bis 24 TWh (68 bis 86 PJ).

Die Stromproduktion aus neuen erneuerbaren Energien dürfte sich nach Ansicht der ETS-Kerngruppe bis 2050 im Vergleich zu 2035 nochmals ungefähr verdoppeln. Je nach Szenario kann mit einer Stromproduk-

tion zwischen 20,5 und 28,5 TWh gerechnet werden. Bei der Wärmeproduktion geht die ETS-Kerngruppe von einer Zunahme von rund 50 bis 60 % zwischen 2035 und 2050 aus. Die Wärmeproduktion würde sich demnach auf 31,5 bis 40,5 TWh (113 bis 146 PJ) erhöhen. Bei der Treibstoffproduktion hingegen rechnet die ETS-Kerngruppe nach 2035 mit keiner weiteren Steigerung mehr. Diese würde demnach ab 2035 auf einem Wert von 5 TWh verharren.

Übersicht über die erwarteten inländischen Potenziale der neuen erneuerbaren Energien (ohne Grosswasserkraft) in den Jahren 2035 und 2050 Tab. 6

		Heutige Produktion (2006)	Erwartetes Gesamtpotenzial 2035		Erwartetes Gesamtpotenzial 2050	
			Schätzungen Studien	Schätzung ETS-Kerngruppe	Schätzungen Studien	Schätzung ETS-Kerngruppe
Strom						
Fotovoltaik	TWh	0,02	0,1 – 2,7	1,0 – 2,0	bis 9,8	8,0 – 12,0
Wind	TWh	0,02	0,6 – 2,2	1,0 – 2,0	bis 4,0	2,0 – 3,0
Biomasse ¹⁾	TWh	1,30	3,3 – 7,3	5,0	bis 9,0	5,0
Kleinwasserkraft	TWh	3,50	5,0 – 6,2	5,0	bis 5,7	4,0 – 5,0
Geothermie	TWh		0,6 – 5,0	0,0 – 0,5	bis 5,0	1,5 – 3,5
Total	TWh	4,84	9,6 – 23,4	12,0 – 14,5	bis 33,5	20,5 – 28,5
Total	PJ	17,40	34,6 – 84,2	43,2 – 52,2	bis 120,6	73,8 – 102,6
Wärme						
Solarthermie	TWh	0,30	0,4 – 2,3	1,5 – 2,5	bis 5,0	4,0 – 5,0
Umgebungswärme	TWh	1,80	5,0 – 6,5	6,0 – 7,0	bis 11,3	11,0 – 12,0
Geothermie	TWh		2,0 – 10,0	0,0 – 1,0	bis 10,0	5,0 – 10,0
Biomasse ¹⁾	TWh	8,60	11,1 – 13,2	11,0 – 13,0	bis 17,5	11,0 – 13,0
Abfälle ²⁾	TWh			0,5 ³⁾		0,5 ³⁾
Total	TWh	10,70	18,5 – 32,0	19,0 – 24,0	bis 43,8	31,5 – 40,5
Total	PJ	38,50	66,6 – 115,2	68,4 – 86,4	bis 157,7	113,4 – 145,8
Treibstoffe	TWh	0,01		5,0		5,0
Total	PJ	0,036		18,0		18,0

Die ausgewiesenen Totalwerte beim Strom und bei der Wärme beziehen sich auf die in dieser Tabelle aufgeführten Minimal- und Maximalwerte.

¹⁾ inkl. Abfälle aus erneuerbaren Rohstoffen

²⁾ nicht-erneuerbarer Anteil

³⁾ Schätzung aufgrund Vergleich Grundlagenpapier «Erneuerbare Energien» (ETS 2009) und Studie «Optimale Nutzung von Energie aus Abfällen» (Neosys 2009)

Quellen: Axpo 2005, BFE 2007d, Greenpeace et al. 2006, Neosys 2009, Paul Scherrer Institut 2005, SATW 2006, scnat 2007, Energie Dialog Schweiz 2009

7 Einschätzungen zum Energiehandel

Der Handel mit fossilen Energieträgern und Strom wird sich in den nächsten Jahrzehnten deutlich verändern. Eine gute Positionierung der Schweiz ist entscheidend für die Energieversorgung.

Die Schweiz verfügt heute über eine knapp ausgeglichene Strombilanz.

7.1 Einschätzung zum Stromhandel heute und in Zukunft

Die Schweiz ist aufgrund ihrer geographischen Lage ein aktives Stromimport- und -exportland in Europa. Die Schweizer Händler importieren und exportieren Elektrizitätsmengen in der gleichen Grössenordnung wie der Schweizer Endenergieverbrauch und erwirtschaften somit für die Schweiz volkswirtschaftlich bedeutsame Ergebnisse.⁷⁴ Während der Anteil des Stromverbrauchs der Schweiz rund 2,5 % des gesamten Verbrauchs in der ehemaligen UCTE ausmacht, liegt der Anteil des Schweizerischen Stromhandelsvolumens bei rund 10 % der in der ehemaligen UCTE gehandelten Strommenge.⁷⁵

Heute verfügt die Schweiz über das ganze Jahr betrachtet nach Jahren des Produktionsüberhangs über eine knapp ausgeglichene Stromhandelsbilanz. Nahezu ein Drittel des Stromimports, konkret jährlich 18,5 TWh, ist über Verträge mit französischen Kernkraftwerken abgesichert, die heute noch einen privilegierten Import des Stroms erlauben. Das restliche Importvolumen muss in Auktionen an der Strombörse zu heute durchschnittlich höheren Marktpreisen erworben werden.

Drei entscheidende Rahmenbedingungen werden sich in den nächsten Jah-

ren ändern. Erstens kommen die Schweizer Kernkraftwerke zwischen 2020 und 2043 ans Ende ihrer Lebensdauer. Dies bedeutet, dass ohne Neubauten die Eigenproduktion der Schweiz stark sinken wird (vgl. Tab. 8 in Kap. 8). Zweitens werden die langfristigen Verträge zu privilegiertem Stromimport mit Frankreich ab 2016 kontinuierlich auslaufen. Und drittens strebt die EU langfristig eine stärkere Harmonisierung und Integration des Energiemarktes an.

Ist es unter diesen Rahmenbedingungen zielführend und möglich, das aktuelle Handels- und Importvolumen unter ähnlichen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen aufrechtzuerhalten? Soll die weitere Integration in den europäischen Strommarkt vorangetrieben werden? Oder ist es erstrebenswert, in Zukunft massiv mehr Strom zu importieren als zu exportieren, um die Lücke bei der Eigenversorgung zu kompensieren? Inwiefern könnte der Anteil an CO₂-freiem, erneuerbarem Strom am Gesamtvolumen des importierten Stroms erhöht werden? Die Antworten auf diese Fragen hängen auch davon ab, welche volkswirtschaftliche Bedeutung der Stromhandel einnehmen soll und welchen Grad an Eigenversorgung die Schweiz schaffen kann und will, um ihre Versorgungssicherheit auch in Stress- und Krisensituationen zu gewährleisten.

⁷⁴ BFE 2009d: Gewinn in den letzten fünf Jahren im Mittel rund 1 Mrd. CHF.
⁷⁵ UCTE, 2008. Die Union for the Coordination of Transmission of Electricity (UCTE) umfasst die kontinentaleuropäischen Länder ohne Skandinavien. Seit dem 1. Juli 2009 werden die Aufgaben der UCTE vom European Network of Transmission System Operators for Electricity (ENTSO-E) wahrgenommen.

Stromversorgung als System bestehend aus drei voneinander abhängigen Ebenen

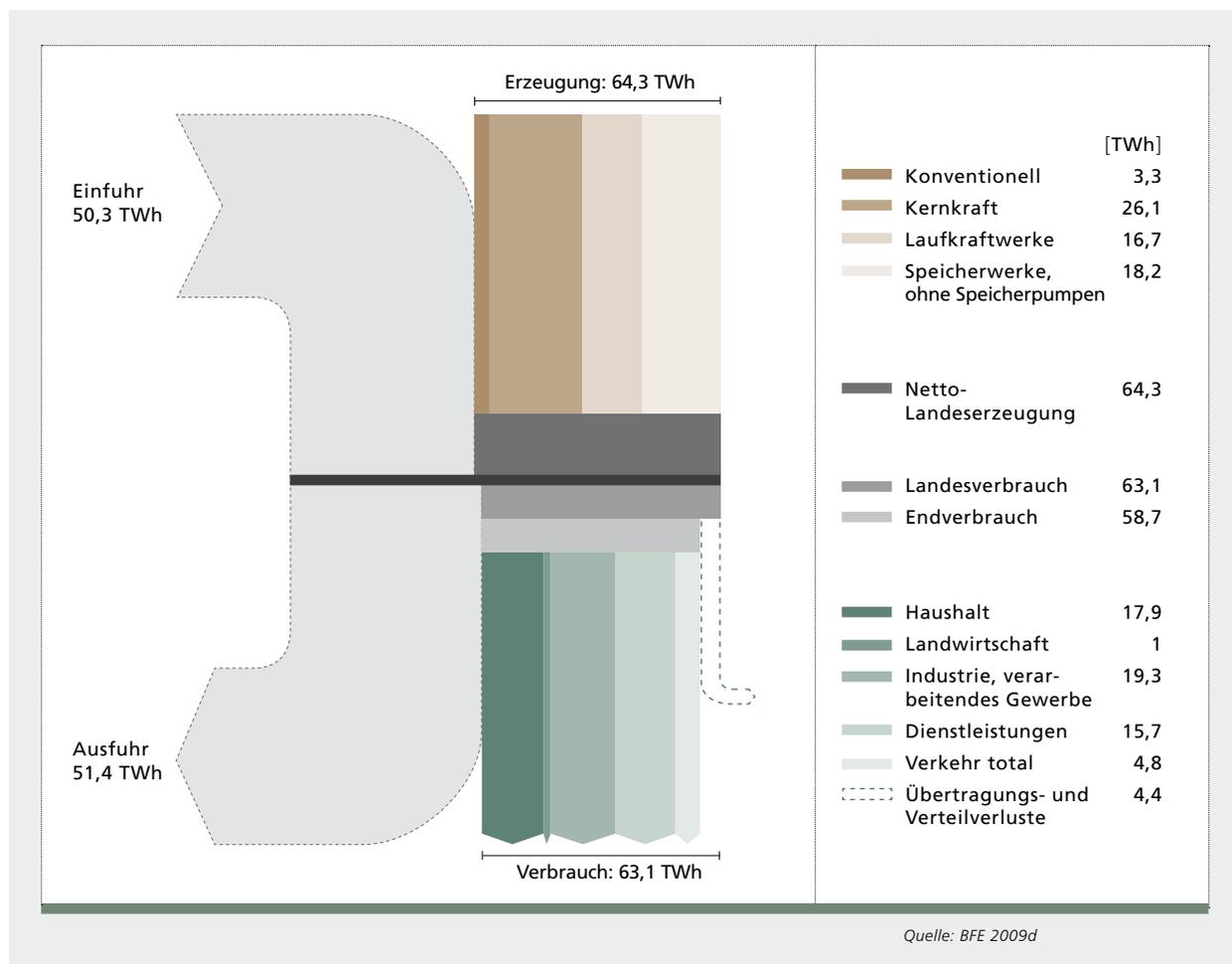
Der internationale Stromhandel lässt sich vereinfacht als Zusammenspiel von drei Ebenen⁷⁶ darstellen:

- Der physischen Leistungsebene, in der insbesondere die jederzeitige ausgeglichene Leistungsbilanz im System, das sichere Management von Engpässen im Netz und die technische

Versorgungssicherheit (Verhinderung von Blackouts und Lastabwürfen) eine Rolle spielen.

- Der Energiehandelsebene, bei welcher der Stromhandel, die entsprechende Preisbildung und die Energiebilanzen eine zentrale Bedeutung haben.
- Der Produktqualitätsebene, auf der die Herkunft des Stroms, die Stromkennzeichnung und der Austausch von Zertifikaten angesiedelt sind.

Import-Export-Flussdiagramm der Elektrizität 2008: **Abb. 14**
Jahresbilanz der Schweiz



⁷⁶ Der ETS hat zu dieser komplexen Thematik im Februar 2009 einen Expertenworkshop zu «Chancen und Risiken eines verstärkten Imports von Elektrizität» durchgeführt. Detaillierte Ausführungen zu dieser Thematik sind im Workshopbericht (vgl. Bacher und Jakob 2009) zu finden.

Stromerzeugung in der Schweiz und Stromimporte aus dem Ausland in die Schweiz

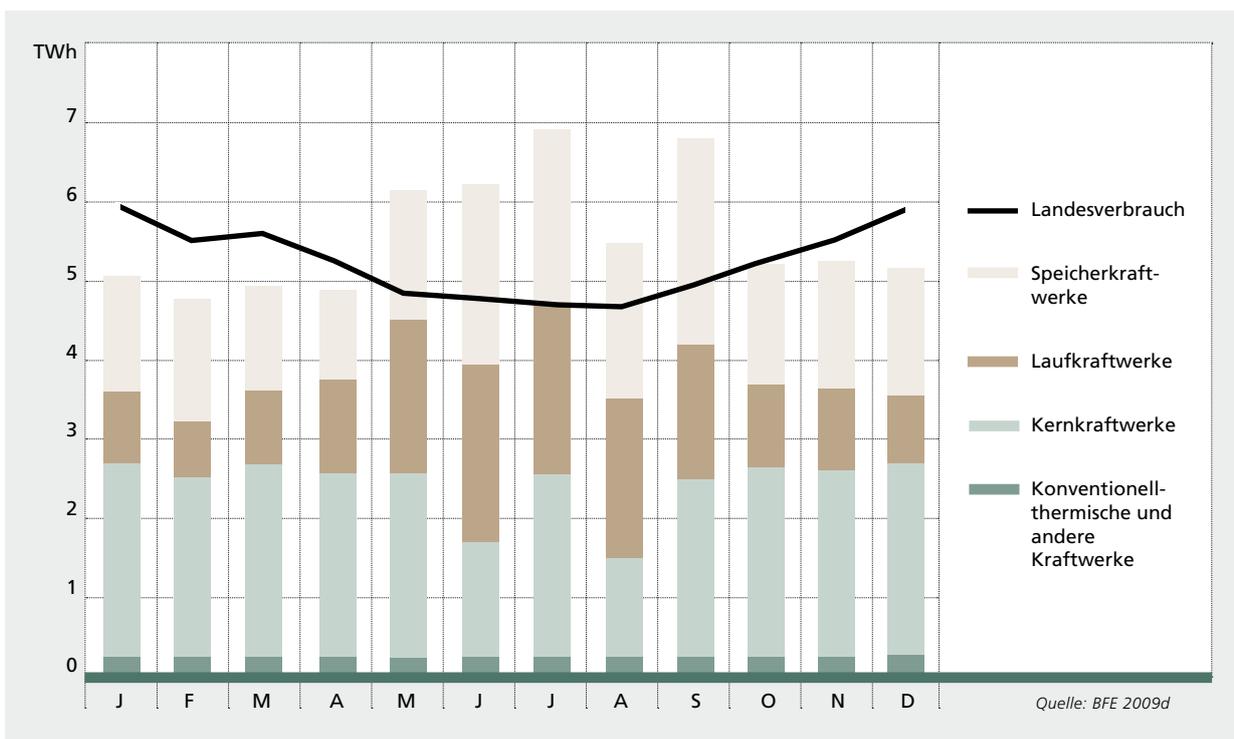
Im Vergleich zur inländischen Produktion wird heute eine grosse Menge an Strom, nämlich rund 80 % der Nettoerzeugung des Landes, in die Schweiz importiert (vgl. Abb. 14). Gleichzeitig wird auch Strom in der gleichen Grössenordnung ins Ausland exportiert. Diese Import- und Exportflüsse sind primär Transitflüsse von Frankreich via die Schweiz nach Italien.

Die Importe basieren auf langfristigen Importverträgen, auf Kraftwerksbeteiligungen im Ausland und auf unterschiedlichen Handelsgeschäften. Die Schweizer Stromwirtschaft kann bis heute die Lieferungen aus den Beteiligungen an Kernkraftwerken in Frankreich gegenüber anderen grenzüberschreitenden Lieferungen privilegiert in die Schweiz durchführen. Aufgrund des durch die EU angestrebten europäischen Strombinnenmarkts wird es in Zukunft, spätestens

nach dem Auslaufen der Verträge mit Frankreich, keine privilegierten Regelungen für den Netzzugang von Produzenten im Ausland mehr geben, insbesondere bei Engpässen im grenzüberschreitenden Übertragungsnetz zwischen EU-Ländern und der Schweiz. Gemäss Vertrag können bereits heute die privilegierten Lieferungen aus Frankreich bei kritischen Netz-, Erzeugungs- und Verbrauchssituationen unilateral im Winterhalbjahr kurzfristig für wenige Tage bis total rund drei Wochen ausgesetzt werden.

Zusätzlich zu diesen Stromquellen wurde im März 2007 im Energiegesetz festgelegt, dass «die durchschnittliche Jahreserzeugung von Elektrizität aus erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2030 gegenüber dem Stand im Jahr 2000 um mindestens 5,4 TWh zu erhöhen ist. Der Bundesrat kann Elektrizität, welche aus erneuerbaren Energien im Ausland erzeugt wurde, bis zu einem Anteil von 10 % diesem Ziel anrechnen, d.h. 0,54 TWh.»⁷⁷

Abb. 15
Monatliche Erzeugungsanteile und Verbrauch von elektrischer Energie in der Schweiz 2008



Diese Strommenge entspricht ca. 1 % des heutigen inländischen Jahreselektrizitätsverbrauchs.

Für das bessere Verständnis der Handelsströme ist ein Blick auf die Saisonalität angebracht: In den Wintermonaten November bis März 2008 wurde in der Schweiz weniger Strom erzeugt als verbraucht. In den Monaten April bis Oktober hingegen gab es einen Produktionsüberschuss (vgl. Abb. 15).

Die Stromerzeugung ist abhängig von diversen Zielen und Beschränkungen jeweils pro Stunde eines Tages, pro Monat, pro Halbjahr, pro Jahr. Darunter fallen:

- Verfügbarkeit an elektrischer Energie bzw. elektrischer Leistung pro Erzeugungstyp im jeweiligen Zeitraum;
- verfügbare bzw. maximal lieferbare bzw. physisch sicher transportierbare Importstrommenge im jeweiligen Zeitraum;
- verfügbare bzw. maximal lieferbare bzw. physisch sicher transportierbare Exportstrommenge im jeweiligen Zeitraum;
- Höhe der Stromnachfrage im jeweiligen Zeitraum;
- maximal verfügbare grenzüberschreitende Netznutzungsrechte im jeweiligen Zeitraum;
- erwartete Strommarktpreise in den diversen Strommärkten Europas im jeweiligen Zeitraum.

Abb. 16 zeigt die Erzeugung der Schweizer Kraftwerke insgesamt und die Aufteilung auf die Kraftwerkstypen für jeweils alle 24 Stunden an vier Tagen (Quartale) im Jahr. Die von den Kernkraft- und Laufkraftwerken jeweils über die 24 Stunden des Tages erzeugte Bandenergie ist aufgrund der mehr oder weniger konstanten Erzeugungsverläufe klar ersichtlich und macht den grössten Teil der elektrischen Energieerzeugung in der Schweiz aus. In Bezug auf die Erzeugung der Spitzenleistung ist



ersichtlich, dass die teilweise Steuerbarkeit der Laufkraftwerke zu etwas höheren Erzeugungsleistungen jeweils am Mittag (12 Uhr) und am Abend (18 Uhr) führt. Die Speicherkraftwerke schliesslich ermöglichen die extrem hohe zeitliche und mengenmässige Flexibilität zur Deckung der Bedarfsspitzen am Mittag und am Abend. Die Bandbreite der tatsächlichen monatlichen Erzeugung in den Speicherkraftwerken belief sich in den letzten 24 Jahren im Mittel auf 1 TWh bis 2,3 TWh mit Minima bei 0,7 TWh und Maxima bei 2,9 TWh. Das maximale Speichervermögen belief sich im Jahr 2007 auf 8,5 TWh.

Relevant für Stromerzeugung und Stromexporte bzw. -importe sind auch die Preise der europäischen Strombörsen.⁷⁸ Gross sind einerseits die Differenzen der Strompreise zwischen den einzelnen europäischen Börsen (rund 20 bis 80 EUR/MWh Differenz bei täglichen arithmetischen Durchschnitten der Spotpreise) und andererseits die Schwankungen der einzelnen Börsenpreise für Bandenergie im Laufe des Jahres (rund 40 bis 80 EUR/MWh Differenz). Ebenfalls von Bedeutung für den Typ, den Zeitpunkt und den Ort der Stromerzeugung sind die Schwankungen der Strompreise an den europäischen Börsen innerhalb einer Woche (rund 10 bis 30 EUR/MWh Differenz je nach Börse) bzw. eines Tages (rund 40 EUR/MWh Differenz).



Abb. 16 Produktionsverlauf von elektrischer Energie in Abhängigkeit der Tages- und Jahreszeit im Jahr 2008

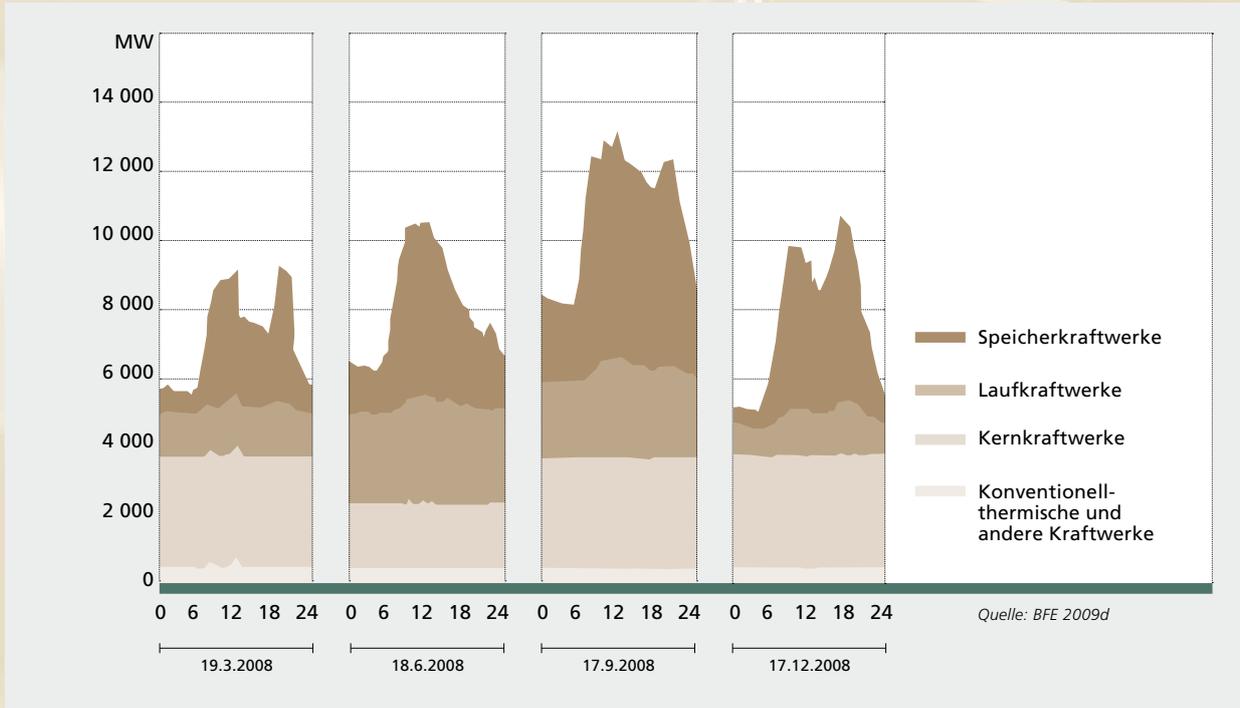
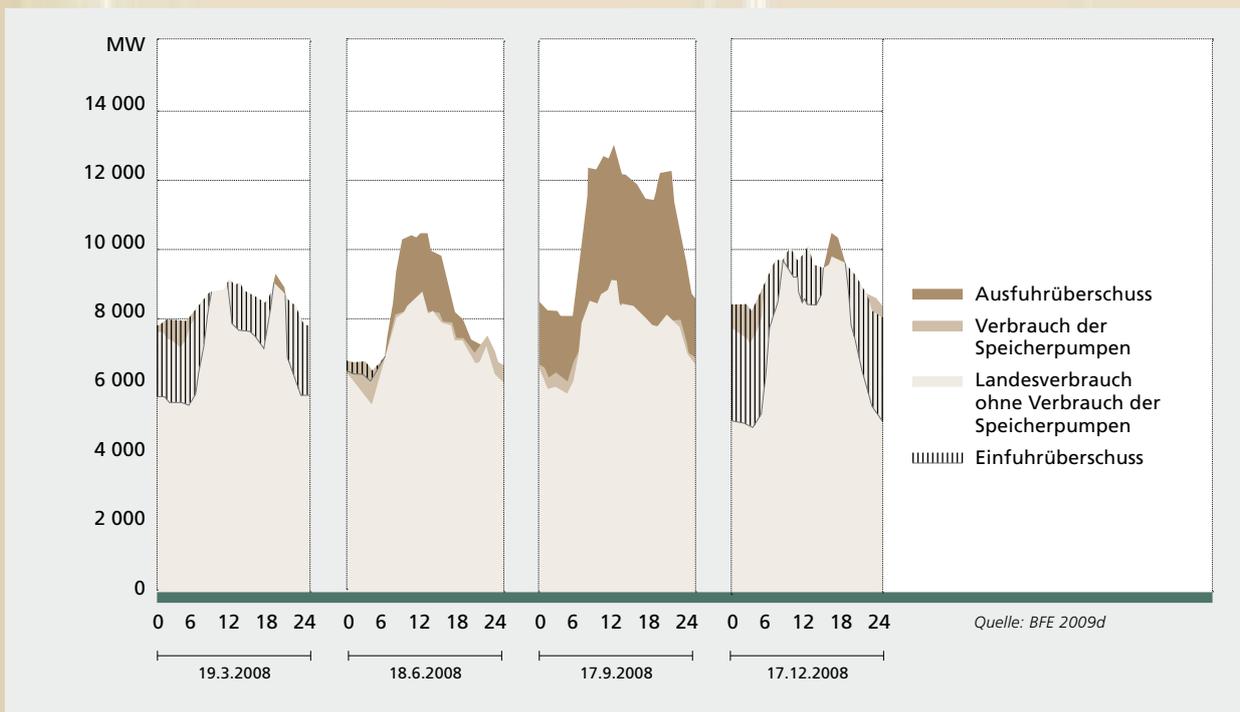


Abb. 17 Verlauf der inländischen Elektrizitätsnachfrage sowie Einfuhr und Ausfuhr von Strom in Abhängigkeit von Tages- und Jahreszeit im Jahr 2008



Stromverbrauch in der Schweiz

Abb. 17 zeigt exemplarisch den Verlauf des Schweizer Stromverbrauchs an vier Tagen im Jahr, gemeinsam mit dem zur jeweiligen Stunde gültigen Netto-Stromimport bzw. Stromausfuhrüberschuss.

Die Verbrauchsspitzen am Mittag und im Winter am Abend sind klar ersichtlich. Der Gesamtverbrauch in der Schweiz um Mitternacht beträgt im Winter ca. 50 % der Mittagsspitze. Parallel verlaufende Schweizer Gesamterzeugungs- und Verbrauchsverläufe (z.B. 18. Juni, 6–12 Uhr) deuten an, dass der Schweizer Spitzenverbrauch durch die Schweizer Speicherkraftwerke selbst ausgeglichen wird. Bei nichtparallelen Verläufen (z.B. 17. September, 6–12 Uhr: steilerer Anstieg des Ausfuhrüberschusses als Landesverbrauch) werden schon heute die Spitzenlasten benachbarter Länder teilweise mit hochwertiger Schweizer Wasserkraft ausgeglichen. Zudem wird auch ersichtlich, dass die Speicherpumpen vor allem in der Nacht zwischen 22 und 6 Uhr genutzt werden, um Wasser in die Stauseen zu pumpen.

Auktionen, Übertragungskapazitäten und Engpassmanagement

Im europäischen Vergleich ist das Schweizer Übertragungsnetz heute über starke Leitungskapazitäten und mit einer überdurchschnittlich hohen Anzahl von Übertragungsleitungen mit den Nachbarnetzen von Frankreich, Italien, Deutschland und in etwas geringerem Mass mit Österreich verbunden. Die Schweiz befindet sich damit heute bezogen auf Transitflüsse und Handelsmöglichkeiten in einer bevorzugten Lage, die aber für die Zukunft nicht gesichert ist.

Aufgrund der hohen Produktion im Ausland (Deutschland, Frankreich, Osteuropa (insbesondere Österreich)) sowie auch in der Schweiz (Wallis) entstehen heute aber während kritischen Import- und Ex-

portsituationen Engpässe im europäischen und schweizerischen Übertragungsnetz. Um die Schweizer Netzprobleme zu beseitigen, wurden von einer Arbeitsgruppe des Bundesamtes für Energie und des Departements Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation bereits 39 Ausbauprojekte im Übertragungsnetz in der Schweiz vorgeschlagen.⁷⁹ Die Erfahrung zeigt, dass ihre Realisierung allerdings auf erhebliche Akzeptanzprobleme stossen dürfte.

Gezieltes Engpassmanagement ist für das Schweizer Übertragungsnetz und deren Betreiberin, die swissgrid, von zentraler Bedeutung, damit sie die gesetzlich übertragene Verantwortung eines sicheren Netzbetriebs erfüllen kann. Ein Engpass entsteht, wenn die Nachfrage nach grenzüberschreitenden Stromlieferkapazitäten nicht in vollem Umfang bedient werden kann. Unter Engpassmanagement versteht man die präventive Bewirtschaftung der begrenzt verfügbaren grenzüberschreitenden Übertragungskapazität. Um Engpässe im Übertragungsnetz zu vermeiden, ist swissgrid beauftragt, die notwendigen Massnahmen anzuordnen (StromVG, Art. 20, Abs. 2c). Als Werkzeug für die Vermeidung von Engpässen stehen technische und wirtschaftliche Massnahmen zur Verfügung. Werden derartige Entlastungsmassnahmen ergriffen, geschieht dies, um das Übertragungsnetz stabil und innerhalb der Belastungsgrenzen zu halten und Störungen im Interesse aller Kunden zu vermeiden.

Das Stromversorgungsgesetz (StromVG) sieht unter anderem vor, dass bei Engpässen im grenzüberschreitenden Übertragungsnetz die Netzkapazitäten nach marktorientierten Zuteilungsverfahren – also insbesondere mittels Auktionen – zugeteilt werden. Weil auch in Europa die zweite Strombinnenmarktdirektive und die Stromhandelsverordnung (EG-VO 1228/03) ein Engpassmanagement vorsehen, werden

Das Schweizer Übertragungsnetz verfügt im Vergleich über starke Leitungskapazitäten.



*Die Schweiz
wird künftig
keinen privile-
gierten Zugang
zu im Ausland
produziertem
Strom mehr
haben.*

bereits seit geraumer Zeit europaweit markt-
basierte Verfahren, d.h. Auktionen, ange-
wendet. Aufgrund der fortschreitenden Li-
beralisierung des EU-Strommarktes und der
zunehmenden grenzüberschreitenden Ener-
gieflüsse in ganz Europa ist die Einführung
eines transparenten, nichtdiskriminierenden
Engpassmanagements an den Schweizer
Aussengrenzen erforderlich. Damit wird ein
wichtiger Beitrag zur Netzsicherheit und zur
Schweizer Versorgungssicherheit geleistet.

Zwischen der Schweiz sowie Deutsch-
land, Frankreich, Italien und Österreich wer-
den Netznutzungsrechte, sogenannte Net-
Transfer-Capacity-Werte (NTC), festgelegt.
NTC stehen für die maximalen elektrischen
Leistungen, welche zwischen den einzelnen
Ländern während Spitzenzeiten grenzüber-
schreitend geliefert werden können. Die-
se sind nicht rein physikalisch begründet,
sondern enthalten auch länderspezifische,
sicherheitstechnisch und politisch begrün-
dete Elemente. Die Einhaltung der NTC
sollte garantieren, dass keine europaweiten
Netzsicherheitsprobleme auftreten.

Für den Winter 2008/2009 wurden diese
NTC-Werte wie folgt festgelegt:⁸⁰

DE → CH: 1500 MW	CH → DE: 3200 MW
FR → CH: 3200 MW	CH → FR: 2300 MW
CH → AT: 1200 MW	AT → CH: 470 MW
CH → IT: 4240 MW	IT → CH: 1810 MW

Als flexibler und vermehrt marktorientier-
ter Ersatz zu diesen Nachbar-Nachbar-NTC-
Werten wurde in den letzten Jahren für die
Schweiz das sogenannte Norddach fest-
gelegt. Das Norddach beschreibt die maxi-
male Summe aller Stromliefergeschäfte aus
Deutschland, Frankreich und Österreich in die
Schweiz für ein Handelsintervall. Der Nord-
dach-NTC-Wert beträgt heute ca. 5500 MW.

Beteiligungen und Investitionen der Schweizer Elektrizitätswirtschaft im EU-Ausland

Die Schweizer Elektrizitätswirtschaft hat in
der Vergangenheit stark und zunehmend
in Stromerzeugungsanlagen in der EU in-
vestiert oder Beteiligungen aufgebaut. In
der nahen Zukunft werden weitere Be-
teiligungen vereinbart werden. Insgesamt
dürften diese Beteiligungen sogar den
Stromverbrauch in der Schweiz überstei-
gen. Solche Investitionen sind betriebs-
wirtschaftlich begründet und dienen nicht –
wie in breiten Kreisen fälschlicherweise
angenommen – der Versorgungssicherheit
der Schweiz. Denn aufgrund der Marktöff-
nung wird künftig dort in die Erzeugung
investiert, wo die Kosten tief und/oder die
Erträge hoch sind. Unabhängig davon, wo-
her der Strom durch den Handel geliefert
wird, gilt, dass der physisch produzierte
Strom von denjenigen Stromverbrauchern
konsumiert wird, die in der Nähe von Er-
zeugungszentren am Netz angeschlossen
sind. Kraftwerksbauten im Ausland mit
grosser (elektrischer) Distanz zur Schweiz
dienen also immer primär der physischen
Versorgung im Ausland. Weiter entfernten
Gebieten kann die Produktion physisch
dann dienen, wenn sie den Endverbrauch
übersteigt, welcher regional am Netz der
Erzeugung angeschlossen ist.

Die Schweiz, wie auch alle EU-Län-
der, wird in Zukunft im Gegensatz zu heu-
te keinen privilegierten Zugang auf den im
Ausland produzierten Strom mehr haben.

Verschiedene Voraussetzungen müssten daher gegeben sein, damit ein Stromimport aus ausländischen Anlagen mit Schweizer Beteiligung in die Schweiz erfolgen könnte. Erstens muss am Erzeugungsstandort die Produktion deutlich höher liegen als der Bedarf im regionalen Netz. Zweitens müssten die europäischen Regionalnetze und die grenzüberschreitenden Netze jederzeit genügend Kapazität aufweisen, was heute nicht der Fall ist. Auch unter diesen idealen Voraussetzungen unterliegt der effektiv mögliche Strombezug den europäischen Wettbewerbsbedingungen und damit der Preisbildung an der europäischen Strombörse.

EU-Entwicklungen und Auswirkungen auf die Schweiz

In der EU verstärken sich die Anstrengungen zu einer weitergehenden Regulierung der grenzüberschreitenden Netze und zur Einführung durchsetzungsfähiger Regeln für einen effizienten, europäischen Strommarkt. Es ist erklärtes Ziel der EU, langfristig den Zugang zu den Märkten über gut ausgebaute Netze ohne Engpässe allen Netznutzern zu ermöglichen. Daher laufen zurzeit verschiedene Ausbauprojekte für die Energietransport-Infrastruktur in Europa, vor allem zwischen den Ländern der EU, aber auch zu benachbarten Drittstaaten wie der Schweiz. Diese bis heute erst wenig projektierten Ausbauten unterliegen jedoch den bisherigen Gesetzmässigkeiten betreffend Planung und Entscheidungen, weshalb Unklarheiten über Machbarkeit und Zeitrahmen bestehen.

Auf regulatorischer Ebene dürfte in der EU – als Ablösung des heute bestehenden CEER (Council of European Energy Regulators) – die Agency for Coordination of Energy Regulators (ACER) etabliert werden. Hauptaufgabe des ACER wäre die verbesserte Netzkoordination (Informationsaustausch) und der Ausbau der grenzüberschreitenden Netze.

Die UCTE (Union for the Coordination of Transmission of Electricity) sowie die ETSO (European Transmission System Operators) haben sich per 1.7.2009 zur neuen ENTSO-E «European Network of Transmission System Operators for Electricity» zusammengeschlossen. 42 Europäische Transmission System Operators aus 34 Ländern arbeiten in der neuen Organisation zusammen.

Die Schweiz führt zurzeit bilaterale Verhandlungen mit der EU mit dem Ziel, ein umfassendes Abkommen im Strombereich abzuschliessen. Die Regelung der Teilnahme der Schweiz an den europäischen Strommärkten, die sichere gegenseitige Nutzung der Stromnetze, der Zugang zu den Netzen und insbesondere die Regelung bzw. die Sicherung der privilegierten, grenzüberschreitenden Stromlieferungen und -flüsse sind dabei wichtige Themen. Als Nicht-EU-Land kämpft die Schweiz allerdings zunehmend mit der Schwierigkeit, dass sie nicht die gleiche Stimme und die gleichen Rechte innehat wie die EU-Mitglieder. Die Schweiz hat jedoch alles Interesse, als gleichberechtigter Handels- und Investitionspartner zu gelten.

Die Schweiz verfügt heute über drei Trumpfkarten, die ihre Verhandlungsposition stärken:

- Erstens sind ihre Pumpspeicherkraftwerke und die Wasserspeicher in den Alpen in zweifacher Hinsicht dienlich. Im Normalbetrieb kann die Schweiz wichtige Regenergie liefern und damit zur Netzstabilität in Europa beitragen. Der Bedarf nach Regenergie wird mit dem zunehmenden Anteil an Strom aus Wind und Fotovoltaik in Europa in den nächsten Jahren deutlich ansteigen. In Notsituationen, jedoch abhängig vom Füllstand der Speicherseen, kann die Schweiz ihre eigene Versorgung für eine beschränkte Zeit sicherstellen.



Sämtliche Nachbarländer der Schweiz befassen sich mit der Frage, wie der Strom künftig produziert werden soll.

- Zweitens verfügt sie heute im europäischen Vergleich mit ihrem Übertragungsnetz über überdurchschnittlich starke Leitungskapazitäten an den Grenzen, was ihre zentrale geographische Lage zur Geltung bringt.
- Weitere potenzielle Stärken sind das spezifische Know-how und die Erfahrungen der Schweiz bzw. ihrer Stromversorgungsunternehmen im Bereich des internationalen Stromhandels.

Aufgrund der Grösse und Dynamik des EU-Binnenmarktes ist es möglich, dass die schweizerischen Trumpfkarten tendenziell an Bedeutung gewinnen oder verlieren. Letzteres ist vor allem denkbar, falls aufgrund einer reduzierten Bandenergieproduktion im Inland die Speicherseen für die Erzeugung von Mittellast statt Spitzenenergie genutzt werden. Die Schweiz hat alles Interesse daran, die Bedeutung der erneuerbaren Hydroenergie mit ihren Speicherkapazitäten im europäischen Kontext zu stärken. Dies wird umso eher möglich, je gleichberechtigter die Schweiz sich als Handelspartner in Europa integrieren kann.

Die Förderung erneuerbarer Energien und ihre versorgungstechnischen Auswirkungen

Die EU hat sich das Ziel gesetzt, bis 2020 20 % des Primärenergiebedarfs mit erneuerbaren Energien zu decken. Grundsätzlich unterliegt die Lieferung von erneuerbar erzeugtem Strom denselben Regeln wie der nicht-erneuerbar erzeugte. Die Qualität der Erneuerbarkeit kann separat mittels Zertifikaten gehandelt werden. Dieser Handel des Mehrwerts von erneuerbar erzeugtem Strom hat keine zusätzlichen Auswirkungen auf grenzüberschreitende Lieferungen und den dadurch verursachten physikalischen Fluss.

Die stochastische Verfügbarkeit der erneuerbar erzeugten Elektrizität führt jedoch dazu, dass sie technisch nicht direkt steuerbar ist. Dies bedeutet vermehrt schwierige Netzbetriebssituationen in allen Teilen Europas, bedingt auch durch tendenziell schlechtere Prognosen für die Stromliefer-Austauschprogramme und -Fahrpläne zwischen den Händlern der einzelnen Länder. Höhere Volatilität bei den Stromflüssen und – damit verbunden bei den Strommarktpreisen – sind die Folge. Die Einhaltung der Versorgungssicherheit, d.h. insbesondere die Verhinderung von systemweiten Blackouts, wird bei grösseren Anteilen an erneuerbarer Energie herausfordernder als bisher.

Produktionskapazitäten in Europa

Wie in der Schweiz sollte in den nächsten Jahren und Jahrzehnten auch in ganz Europa ein substantieller Anteil des bestehenden Kraftwerksparks aufgrund der erreichten Lebensdauer vom Netz genommen werden. Sämtliche Nachbarländer der Schweiz beschäftigen sich daher heute mit der Frage, wo und wie der Strom in Zukunft produziert werden soll, den sie im eigenen Land nutzen wollen.

Als einziges Land in der EU strebt Frankreich in den kommenden Jahren bewusst eine ausgeglichene Energiebilanz an – wobei schon heute die Versorgung in Winterhalbjahren als teilweise kritisch angesehen wird. Italien ist seit Jahrzehnten Importeur und wird es voraussichtlich noch auf lange Sicht bleiben. In Deutschland wie auch in Österreich laufen politische Diskussionen zu den künftigen Stromimporten. Man kann nicht davon ausgehen, dass beide Länder längerfristig jederzeit eine ausgeglichene nationale Strombilanz aufweisen werden. Bis auf Frankreich und Rumänien könnten alle anderen Länder innerhalb der EU bis 2020 einen Importbedarf haben.

Europaweit wird die Nachfrage nach elektrischer Energie ansteigen. Auch unter Berücksichtigung der grossen Ausbauprogramme mit erneuerbaren Energien wird es zu einem Nachfrageüberhang kommen, der Preiserhöhungen und nachfolgende Investitionen in den Ausbau des Angebots bewirken dürfte.

Dieses wahrscheinliche Szenario lässt zwei Folgerungen zu:

- Volks- und betriebswirtschaftlich ist es für alle Teilnehmer am europäischen Strommarkt ratsam, diese Marktdynamik als wirtschaftliche Chance zu begreifen. Für die Schweiz als kleines Nicht-EU-Land besteht sogar eine Notwendigkeit zu einer möglichst weitgehenden Integration in diesen Markt, um ein kleiner, aber kraftvoller Mitspieler mit Export- und Importpotenzial (Reziprozität) sein zu können, der daraus volks- und betriebswirtschaftliche Wertschöpfung generieren kann.
- Je besser diese europäische Integration gelingt, desto höher ist die Versorgungssicherheit für Europa und auch für die Schweiz. Der europäische Markt wird auch Spielregeln für den Risikoausgleich durchsetzen. In extrem kritischen, eher seltenen Situationen ist jedoch nicht auszuschliessen, dass sich nationale und regionale Interessen durchsetzen und europäische Spielregeln kurzfristig verletzen. Die Schweiz muss für solche Extremsituationen ein eigenes Risikomanagement für die Versorgungssicherheit wirksam einsetzen können. Hierzu ist der bestehende politische Auftrag an die Stromproduzenten und -distributoren zu präzisieren, bestehen doch heute zu breite Interpretationsspielräume.



Strategie für die Schweiz

Für die Schweiz stellt sich die Frage nach der optimalen Handelsstrategie. Sind Netto-Importe erwünscht oder stehen sie dem Ziel der Versorgungssicherheit entgegen? In der energiepolitischen Diskussion gewinnt europaweit das Netto-Import-Szenario an Bedeutung, nicht zuletzt weil damit anstehende schwierige Entscheidungen hinausgezögert werden können. Fast alle Länder Europas (Ausnahmen: Frankreich und Rumänien) weisen in ihren heutigen Strategien Netto-Import-Bilanzen auf. Es stellt sich somit vorerst die Frage: Wäre eine solche Netto-Import-Strategie für die Schweiz zielführend? Zur Beantwortung dieser Frage wird im Folgenden ein mögliches Szenario skizziert und werden dessen Chancen und Risiken ermittelt. Aus dieser Analyse lassen sich dann strategische Folgerungen und Empfehlungen ableiten.

Szenario «Substanzieller Netto-Import»

Im Szenario «Substanzieller Netto-Import» wird von folgenden Annahmen ausgegangen: Die künftige Stromnachfrage der Schweiz wird zu einem erheblichen Teil mit Importen gedeckt, wobei erneuerbare Energien einen zunehmenden Anteil ausmachen sollen. Dies würde gemäss den ETS-Schätzungen bedeuten, dass im Jahr 2035 netto 11 TWh Strom importiert würde. Im Winterhalbjahr würde die Schweiz



7 TWh importieren, wäre also zu rund einem Fünftel von Importen abhängig (vgl. Kap. 8).

In diesem Szenario ergeben sich folgende Chancen und Risiken:

Chancen

- Der Ausbau der Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Energien wird an den günstigsten Standorten gefördert, zum Beispiel im Norden Europas, wo regelmässig ein starker Wind bläst, oder im Süden, wo die Sonneneinstrahlung gross ist.
- Der vermehrte Import von erneuerbarem Strom, zum Beispiel mittels Grünstromzertifikaten, führt dazu, dass die Qualität des Schweizer Endverbrauchs verstärkt nachhaltig und CO₂-frei bleiben würde.
- Durch die vermehrten Importe resultieren höhere Strompreise; dies fördert Innovationen zur effizienteren Nutzung von Energie, zur Nutzung weiterer neuer erneuerbarer Energien sowie zur Übertragung von Strom.
- Die Schweiz kann mit ihrer flexiblen Wasserkraft und den gut ausgebauten Netzen einen Teil der Volatilitäten der erneuerbaren Energien im Ausland ausgleichen und nimmt somit eine gewisse Position für die Sicherung der Netzstabilität wahr.
- Die Schweiz könnte die eigene Position in der EU verbessern, indem sie sich aktiv am Neubau eines europäischen Super Grids (Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung) zwecks Importen von erneuerbaren Energien engagiert.

Risiken

- Ein markanter Netzausbau, sowohl grenzüberschreitend wie auch im Ausland hin zu den Stromerzeugungsstätten mit neuen erneuerbaren

Energien, ist die Grundvoraussetzung für diese Strategie. Die heute bestehenden Leitungen werden bei einer Strategie, welche den Rückgang der Eigenversorgung vollständig mit Import kompensieren will, in den nächsten Jahrzehnten an ihre technischen Belastungsgrenzen kommen, wenn unter anderem von ähnlichen Transitleistungen für Italien ausgegangen wird wie bisher. Der Bewilligungsprozess für neue grenzüberschreitende Leitungen und solche im Ausland könnte jedoch – ohne fundamentale Gesetzesänderungen in den Ländern der EU wie auch in der Schweiz und ohne die verstärkte Nutzung innovativer Netztechnologien – noch langwieriger werden als bisher.

- In Stresssituationen, in denen das Ausland die im eigenen Land produzierte Elektrizität dringend selbst benötigt, könnten die Regeln des europäischen Strommarkts und der diskriminierungsfreien, grenzüberschreitenden Netznutzung verletzt werden. Es besteht die Gefahr von nationalen Kontingentierungen und gezielten Abkoppelungen. Damit wäre die Versorgungssicherheit der Schweiz gefährdet.
- Die nichtausgeglichene jährliche Energiebilanz der Schweiz könnte die Position der Schweiz als bisher attraktive, bilanzmässig ausgeglichene Handelspartnerin schwächen. Dies würde ihren Einfluss in den energiepolitischen bzw. energiewirtschaftlichen bilateralen Verhandlungen mit der EU vermindern.
- Engpässe im europäischen Stromangebot führen zu zusätzlich steigenden Preisen aufgrund der versteigerten Strommengen mit entsprechenden Kostenfolgen für die europäische und schweizerische Wirtschaft.

*Kernaussage
zum Thema
des aktuellen
Kapitels hier
und an dieser
Stelle hier.*

- Höhere Gestehungskosten im Ausland – in der Annahme gut ausgebauter Netze – würden in der Schweiz zu markant höheren Strompreisen führen.
- Auch die Errichtung und der Betrieb eines europäischen Super Grids könnte aufgrund von politischen Spannungen unterbrochen und die Versorgungssicherheit in Europa inkl. der Schweiz dadurch beeinträchtigt werden.
- Koppelungen von Teilen des Netzes.
- Eine starke Reduktion der Eigenversorgung könnte die Position der Schweiz als attraktive Handelspartnerin deutlich schmälern, da ihr relativer Anteil am europäischen Strommarkt sinken würde.

Für die ETS-Kerngruppe ist unbestritten, dass sich der gesamteuropäische Strommarkt in Zukunft weiterentwickeln und die Schweiz ein vollständig integrierter Bestandteil dieses Strommarkts bleiben soll. Die Schweiz soll auch in Zukunft eine im Raum der EU aktive Anbieterin und Bezügerin von Strom bleiben und in ihrem energiepolitischen und volkswirtschaftlichen Interesse eine hohe Handelsintensität aufweisen.

Die entscheidende Frage hat die ETS-Kerngruppe jedoch weder aus den gesetzlich vorliegenden Definitionen von Versorgungssicherheit noch aus weiteren Publikationen oder eigenen Diskussionen abschliessend beantworten können: Wie viel Nettoimport von Strom in welchem Zeitraum des Jahres und für Stresssituationen wäre grundsätzlich möglich, ohne dass die Schweiz ihre Versorgungssicherheit gefährdet und ihre Position als attraktive Handelspartnerin verliert? Die wissenschaftlichen Arbeiten zu dieser Fragestellung sind karg. Auch die öffentlichen Statistiken sind wenig aussagekräftig. Die ETS-Kerngruppe beabsichtigt, dieser Frage in der nächsten Phase nachzugehen.

Aus diesen Einschätzungen leitet die Kerngruppe des ETS folgende strategischen Empfehlungen ab:

- **Integration in den europäischen Strommarkt:** Die Schweiz setzt sich für eine bestmögliche Integration in den europäischen Strommarkt ein, um daran gleichberechtigt mit den EU-Ländern zu partizipieren. Um

Die bestmögliche Integration in den europäischen Strommarkt ist unerlässlich.

Strategische Folgerungen und Empfehlungen

Die ETS-Kerngruppe lehnt, aufgrund einer umfassenden Bewertung der Chancen und Risiken, eine Strategie mit einem substanziellen Netto-Importanteil deutlich ab.⁸¹ Ausschlaggebend sind dabei insbesondere die folgenden vier Gründe:

- Die Schweiz ist keine Insel. Sie ist bereits stark in den europäischen Energiemarkt integriert. Dessen zunehmende Dynamik und Harmonisierung bietet für die kleine schweizerische Volkswirtschaft grundsätzlich mehr Chancen als Risiken.
- Das bestehende Höchstspannungs- und Regionalnetz würde – auch bei optimaler Markteffizienz – innerhalb der nächsten 25 Jahre an seine technischen Grenzen kommen, wenn es nicht markant verstärkt wird und die Schweiz weiterhin ein wichtiges Stromtransitland bleibt. Aufgrund der gesetzlichen Vorgaben und gesellschaftlicher Akzeptanzprobleme ist es schwierig einzuschätzen, wie schnell der notwendige Ausbau der neuralgischen Stellen im inländischen und ausländischen Netz realisiert werden könnte.
- In länger anhaltenden Stresssituationen in Europa besteht die Gefahr von Kontingentierungen und gezielten Ab-

⁸¹ Drei Mitglieder der ETS-Kerngruppe vertreten die Ansicht, dass der europäische Strommarkt langfristig völlig integriert sein wird und effizient funktionieren wird. Sie folgern daraus, dass langfristig die Übertragungsnetzkapazitäten kein Hindernis für substanzielle Nettoimporte von Strom aus erneuerbaren Energien darstellen werden.



Die Schweiz ist im Vergleich zu anderen Ländern heute überdurchschnittlich stark von Erdölimporten abhängig.

die Vorteile intensiver grenzüberschreitender Stromimporte und -exporte weiterhin nutzen zu können, setzt sie sich für möglichst effiziente Marktmodelle ein. Sie setzt alles daran, pro-aktiv in den Gremien der EU mitzuwirken, welche die Grundlagen der künftigen Energie- und Strompolitik der EU ausarbeiten und mit den Ländern der EU koordinieren. Das aussenpolitische Engagement der Schweiz muss energie-, klima- und wirtschaftspolitische Ziele kombinieren. Die privilegierten Stromimport-Langfristverträge sind bis ans Ende ihrer Laufzeit zu sichern.

- **Aktive Handelspartnerin:** Im volkswirtschaftlichen Interesse soll die Schweiz auch in Zukunft eine aktive Handels- und Investitionspartnerin in der EU sein. Indirekt fördert diese Integration auch die Versorgungssicherheit in der Schweiz.
- **Versorgungssicherheit:** Die Versorgungssicherheit der Schweiz kann durch Import- und Exporttätigkeit gesteigert werden. Zusätzlich kann eine möglichst ausgeglichene Stromhandelsbilanz die Verhandlungsposition stärken.
- **Engagement bezüglich erneuerbarer Energien:** Die Schweiz steigert

sukzessive den Anteil an CO₂-freiem sowie erneuerbarem Strom an der gesamten importierten Strommenge. In Abhängigkeit von der Marktentwicklung legt sie eine entsprechende Zielgrösse fest. Sie setzt sich für den Ausbau marktbasierter Instrumente wie Grünstromzertifikate und mittel- und längerfristig für die Realisierung eines Super Grids ein. Sie nutzt ökonomisch interessante Opportunitäten bei Ausbauprojekten zu erneuerbaren und CO₂-armen Energien im Ausland und setzt ihre Trumpfkarte der flexiblen Wasserkraft in diesem neuen Markt gezielt ein.

- **Investitionen in Infrastruktur:** Um die zentrale Lage in der Mitte Europas weiterhin optimal zu nutzen, werden die heute bereits bestehenden, starken grenzüberschreitenden Leitungen weiter ausgebaut. Zudem ist der gezielte Ausbau von Engpässen in europäischen Regionalnetzen anzuregen. Die elektrischen Netze sollen in Richtung Smart Grids⁸² weiterentwickelt werden. Die bedeutet, dass die Schweiz Institutionen schaffen oder mitentwickeln muss, die integriert die Teilgebiete System, Technik, Technologie, Markt/Handel vorantreiben. Die Flexibilität der Pumpspeicherkraftwerke wird weiterhin geschickt als Trumpfkarte genutzt und ihre Kapazitäten deshalb ausgebaut.
- **Markt-Know-how nutzen und ausbauen:** Die Schweiz nutzt ihr Know-how in Bezug auf die Abstimmung der Netzsicherheit und den Stromhandel auch weiterhin optimal. Sie tritt in Zeiten ohne einen Mangel an Stromerzeugung in Europa optimal positioniert im

Strommarkt auf und handelt jederzeit Strom zwischen den Ländern Europas. Die Vorteile der flexiblen Produktion mit Speicherkraftwerken werden genutzt. Die Schweiz schafft sich aus dem aktiven Handel volkswirtschaftliche Vorteile.

7.2 Risiken beim Import von Erdölprodukten und Erdgas

Die Schweiz ist im Vergleich zu anderen Ländern überdurchschnittlich stark von Erdöl abhängig, deckt das Land doch 55,1 % seines Gesamtenergiebedarfs mit Erdölprodukten.⁸³ Diese hohe Abhängigkeit vom Erdöl ist mit Risiken verbunden, denn die Schweiz verfügt weder über Erdöl- noch über Erdgasvorräte.⁸⁴ 100 % des in der Schweiz verbrauchten Erdöls und Erdgases müssen aus dem Ausland importiert werden. Wie die Geschichte des 20. Jahrhunderts zeigt, war die Schweiz deshalb auch immer wieder verhältnismässig stark von internationalen Versorgungskrisen betroffen, zum Beispiel während der Suezkrise im Jahre 1956 oder während des Jom-Kippur-Kriegs 1973.

Auch wenn die Schweiz während diesen Ereignissen keinen eigentlichen Mangel litt, so waren diese Phasen doch Schockerlebnisse, die den Schweizerinnen und Schweizern schmerzlich bewusst machten, wie stark ihr Lebensstil von der Verfügbarkeit von Rohstoffen abhängt. Trotzdem hat sich seither jedoch wenig verändert, der Konsum fossiler Energie ist in der Schweiz nach wie vor hoch. 2004 lag er bei 88 Mio. Fass Erdöl. Es ist immer noch selbstverständlich, dass die Nachfrage nach fossiler Energie ohne Probleme durch den Import gedeckt werden kann. Dies könnte sich jedoch schon in absehbarer Zukunft ändern.

Weltweit wird heute so viel Erdöl verbraucht wie nie zuvor (85 Mio. Fass

pro Tag oder 30 Mrd. Fass pro Jahr), und der Trend zeigt nach wie vor nach oben. In den aufstrebenden Staaten China und Indien haben die Industrialisierung und die Motorisierung der Bevölkerung gerade erst begonnen. Im Gegensatz zum hohen weltweiten Verbrauch steht die relative Konzentration der Erdölproduktion: Nur gerade 28 Länder können Erdöl in nennenswerten Mengen produzieren und exportieren. Doch auch diese Quellen werden früher oder später versiegen, denn Erdöl ist eine endliche Ressource. Heute geht man davon aus, dass bereits zehn dieser Länder ihr Fördermaximum (Peak Oil) überschritten haben, ihre Produktion in Zukunft also kontinuierlich abnehmen wird. Die USA zum Beispiel erreichten ihren Peak bereits 1970, im Jahr 2000 wurde er auch in der Nordsee (Norwegen und England) erreicht. Vermutlich stehen heute nur noch zwölf erdölexportierende Länder vor dem Peak Oil. Genauere Angaben können allerdings nicht gemacht werden, da die Zahlen zur exakten Entwicklung der Fördermenge in den meisten Ländern aus politischen Gründen unter Verschluss gehalten werden.

In welchem Jahr die globale Produktion von konventionellem Erdöl ihr Maximum erreichen wird, ist unter Experten eine heftig diskutierte Frage. Die deutsche Energy Watch Group kam zum Schluss, der globale Peak sei bereits 2006 überschritten worden. Die Schweizer Erdöl-Vereinigung dagegen geht davon aus, dass der globale Peak erst nach dem Jahr 2020 erreicht wird.⁸⁵ Wichtiger als die Frage, wann genau der globale Peak Oil eintreten wird, ist jedoch die Vorbereitung auf den unabwendbaren Abstieg.

Sowohl die Erdölindustrie als auch die wichtigen geostrategischen Akteure sind sich bewusst, dass die globale Erdölförderung ihren Zenit erreichen wird. Sie beginnen bereits heute, sich in eine möglichst

83 BFE 2009e

84 Dieses Kapitel basiert auf Ganser und Reinhardt 2008.

85 Ganser und Reinhardt 2008

gute Ausgangslage zu bringen. Insbesondere die USA beschäftigen sich intensiv mit dem Thema Energie. Mit 21 Mio. Fass pro Tag verbrauchen sie allein ein Viertel der weltweiten Erdölproduktion. Die Schweiz hat im Reigen der Grossmächte eine schwache geostrategische Position und ein geringes politisches Gewicht, weshalb die Abhängigkeit von Importen in Zukunft ein ungleich grösseres Risiko birgt als bis anhin. Wird der Verbrauch fossiler Brenn- und Treibstoffe, so wie von der ETS-Kerngruppe vorgeschlagen, jedoch stark reduziert, lassen sich diese Risiken und die damit verbundenen Kosten deutlich reduzieren.

7.3 Import von Uran in Zukunft

Der Import von Kernbrennstoffen unterscheidet sich in vielen Belangen vom Import von fossilen Brennstoffen. Die Schweizer Kernkraftwerke versorgen sich nicht direkt mit Uran, sondern mit Brennstoffelementen, welche von hoch spezialisierten Unternehmen hergestellt werden. Der Handel mit diesen Brennstoffelementen erfolgt unter der Überwachung der International Atomic Energy Agency (IAEA). Heute wird etwa die Hälfte der Nachfrage durch die Förderung aus Bergwerken gedeckt. Die andere Hälfte wird durch die Wiederaufbereitung von Industrie- und Militärmaterialien geliefert.⁸⁶

Mehr als die Hälfte der weltweiten Uranproduktion stammt aus Kanada und

Australien. Insgesamt gesehen sind die Uranvorkommen der Erde aber breit gestreut. Die relativ hohe politische Stabilität der Hauptlieferländer sowie die breite Streuung der Vorkommen führen dazu, dass die Versorgung mit Uran kurz- und mittelfristig als weniger krisenanfällig eingeschätzt wird als der Import von fossilen Energieträgern. Zudem können die Brennstoffe für einige Jahre gelagert werden.

Geht man davon aus, dass die Zahl der Kernkraftwerke weltweit auch in Zukunft etwa gleich bleibt und der Preis pro Kilogramm Natururan unter 130 USD/kg verharret, so reichen die heute bekannten Uranreserven noch für 60⁸⁷ bis 100 Jahre.⁸⁸ Wie viel abbauwürdiges Uran es auf dem Festland gibt, kann nicht mit Sicherheit gesagt werden, da viele von der Geologie her potenziell interessante Gebiete noch gar nicht erkundet wurden. Zudem kann Uran auch aus dem Meerwasser gewonnen werden, was dessen Verfügbarkeit weiter erhöht. Eine Preissteigerung beim Natururan könnte die Verfügbarkeit von Uran daher deutlich erhöhen. Einzelne Studien gehen von einer Versorgungssicherheit für die nächsten 500 Jahre aus.⁸⁹ Auch die Vorkommen von Thorium, einem alternativen Brennstoff, werden als reichhaltig eingeschätzt. Auf den Strompreis hätte eine Steigerung des Uranpreises weit über 130 USD/kg eine relativ geringe Auswirkung, da die Kosten für das Rohuran nur zu rund 5 % zu den Stromgestehungskosten beitragen.⁹⁰

86 Bundesrat 2008
87 SES 2007
88 Nuklearforum Schweiz 2008
89 Nuklearforum Schweiz 2008
90 BFE 2009c

8 Zwischenbilanz zur Entwicklung Energienachfrage und -angebot

Der Energiebedarf lässt sich bis 2050 um knapp 30 % senken, vor allem bei den Treib- und Brennstoffen. Dies führt zu einer Entkarbonisierung, bedingt jedoch eine «zweite Elektrifizierung».

Inwiefern lassen sich die anspruchsvollen Ziele der ETS-Kerngruppe mit den gemeinsamen Einschätzungen zur Steigerung von Energieeffizienz, zum Ausbau erneuerbarer Energien und zum Stromimport erreichen? In diesem Kapitel wird eine Zwischenbilanz gezogen. Dazu wurde von der ETS-Kerngruppe auf-

grund der getroffenen Annahmen eine Gesamtenergiebilanz für die Jahre 2035 und 2050 erarbeitet. Diese zeigt auf, wie sich Energieangebot und -nachfrage in Zukunft entwickeln. Zudem lässt sich daraus abschätzen, welche Reduktion an CO₂-Emissionen in diesem Zeitraum für die Schweiz realistisch ist.

74/75

Endenergienachfrage in der Schweiz in den Jahren 2035 und 2050: Einschätzungen der ETS-Kerngruppe **Tab. 7**

Nachfrage beim Verbraucher		aktuell ¹⁾	2035	2050
Endenergienachfrage (Referenzszenario)				
Strom, ganzes Jahr	PJ	204	258	266
Brennstoffe, Fern- und Umweltwärme	PJ	400	378	350
Treibstoffe	PJ	236	246	250
Reduktion der Nachfrage durch Effizienzsteigerung gegenüber Referenzszenario				
Strom, ganzes Jahr	PJ		20	26
Brennstoffe, Fern- und Umweltwärme	PJ		58	69
Treibstoffe	PJ		111	164
Effektive Nachfrage gemäss Einschätzung ETS				
Strom, ganzes Jahr	PJ	204	239	240
Brennstoffe, Fern- und Umweltwärme	PJ	400	320	281
Treibstoffe	PJ	236	135	86
Summe aller Energieträger	PJ	840	694	607

¹⁾ Aktueller Wert: Modellwerte 2005 (BFE 2007d)

Quelle: Energie Dialog Schweiz, BFE 2007d



8.1 Berechnung der Energiebilanz

Die Energienachfrage wurde aus dem ETS-Referenzszenario⁹¹ berechnet, abzüglich der zusätzlichen Energieeffizienzpotenziale, wie sie von der ETS-Kerngruppe eingeschätzt werden (vgl. Kap. 5). Der daraus resultierenden Nachfrage steht ein Energieangebot gegenüber. Dieses setzt sich aus dem zu den Zeitpunkten 2035 und 2050 voraussichtlich bestehenden Angebot an Treibstoffen, Brennstoffen, Fern- und Umweltwärme sowie Strom zusammen. Dabei wird unterschieden zwischen dem inländischen Angebot und Importen. Bei der Berechnung zur künftigen Entwicklung des Stromangebots wird angenommen, dass keine neuen Grosskraftwerke gebaut werden, die bestehenden KKW nach Erreichen der technischen Lebensdauer abgeschaltet werden und die Verträge zum privilegierten Stromimport aus Frankreich nicht verlängerbar sind.

8.2 Resultate bezüglich Gesamtenergienachfrage und -angebot in Zukunft

Die deutliche Steigerung der Energieeffizienz und der starke Ausbau der erneuerbaren Energien bewirken einen tiefgreifenden Umbau des schweizerischen Energiesystems (vgl. Tab. 7). Die Gesamtenergienachfrage lässt sich deutlich senken von 840 PJ auf 694 PJ im Jahr 2035, das heisst um knapp 20 %. Bis im Jahr 2050 ist eine weitere Senkung auf 607 PJ möglich. Die Nachfrage wird dann knapp 30 % unter dem aktuellen Wert liegen. Wird der eingeschlagene Kurs verfolgt, bestehen massive Reduktionspotenziale bei den Brennstoffen und den Treibstoffen. Der Bedarf an Treibstoffen lässt sich um 64 %, der Bedarf an Brennstoffen um 30 % reduzieren (vgl. Tab. 8).

Bei den Treib- und Brennstoffen wird die Schweiz weiterhin von Importen abhängig sein, auch wenn sich die importierten

Tab. 8 Bilanz für Brennstoffe, Fern- und Umweltwärme sowie Treibstoffe in der Schweiz in den Jahren 2035 und 2050: Einschätzungen der ETS-Kerngruppe

		aktuell ¹⁾	2035	2050
Inländisches Angebot/Potenzial an erneuerbaren Energien				
Brennstoffe, Fern- und Umweltwärme	PJ	38,5	77	130
Treibstoffe	PJ	0,036	18	18
Inländische Nachfrage gemäss ETS-Effizienzscenario beim Verbraucher				
Brennstoffe, Fern- und Umweltwärme	PJ	400	320	281
Treibstoffe	PJ	236	135	86
Einschätzung zu Differenz zwischen inländischem Angebot und Nachfrage²⁾				
Brennstoffe, Fern- und Umweltwärme	PJ	-361	-243	-151
Treibstoffe	PJ	-236	-117	-68

¹⁾ Aktueller Wert: Angebot BFE 2007f; Nachfrage: Modellwerte 2005 (BFE 2007d)

²⁾ Berechnet mit Mittelwert des Angebots der erneuerbaren Energien

Quellen: Energie Trialog Schweiz 2009, BFE 2009d, BFE 2007f, BFE 2008c, Piot 2007a, Piot 2007b; Interpretation und Zusammenstellung: Energie Trialog Schweiz

⁹¹ In den Sektoren Dienstleistung, Landwirtschaft, Industrie und Verkehr entspricht das Referenzszenario dem Szenario I und im Haushaltssektor dem Szenario II der Energieperspektiven des BFE (vgl. genaue Definition in Kap. 5 bzw. in Jakob et al. 2009)

Tab. 9 Beste Schätzung der ETS-Kerngruppe zur inländischen Strombilanz in den Jahren 2035 und 2050

		aktuell ¹⁾	2035	2050
Inländisches konventionelles Angebot (ohne Zubau neuer Grosskraftwerke)				
Strom, ganzes Jahr ²⁾	TWh	57,0	47,9	29,6
Strom, Winterhalbjahr ³⁾	TWh	27,5	23,5	14,0
Jahresanteil Grosswasserkraft ⁴⁾	TWh	29,8	28,2	26,7
Jahresanteil Kernkraft Schweiz	TWh	25,2	16,8	0,0
Jahresanteil konventionell-thermisch ⁵⁾	TWh	2,0	2,9	2,9
Inländisches Angebot der neuen erneuerbaren Energien (ohne Grosswasserkraft)				
Strom, ganzes Jahr ⁶⁾	TWh	4,8	12,3	24,0
Strom, Winterhalbjahr ⁷⁾	TWh	1,9	6,1	11,0
Inländische Nachfrage gemäss ETS-Szenario beim Verbraucher				
Strom, ganzes Jahr ⁸⁾	TWh	58,7	66,2	66,8
Strom, Winterhalbjahr ⁸⁾	TWh	31,1	34,1	34,4
Netzverluste⁹⁾				
Verluste, ganzes Jahr	TWh	4,1	4,6	4,0
Verluste aus Pumpspeicherung				
Verluste, ganzes Jahr ¹⁰⁾	TWh	0,4	0,5	0,5
Einschätzung zu Differenz zwischen inländischem Angebot und Nachfrage				
Strom, ganzes Jahr	TWh	-1,4	-11,0	-18,0
Strom, Winterhalbjahr	TWh	-4,1	-7,0	-12,0

1) Aktueller Wert: Konventionelles Stromangebot: Mittelwert 2004-2008 aus BFE 2009d, Grosswasserkraft ergänzt um 0.2 TWh Ausbau (BFE 2008d); Angebot der neuen erneuerbaren Energien: BFE 2007f.
 2) ohne Kleinwasserkraft; ohne mittlere Produktionserwartung aus Pumpspeicherung.
 3) Annahmen wie Fussnote 2) sowie a) Einschätzung zum Wasserabfluss im Winter: 42% gemäss BFE 2009f, b) Klimakorrektur bei Grosswasserkraft vollständig dem Sommer angerechnet, c) Winteranteil Kernkraft: 55%, d) Winteranteil konventionell-thermisch aktuell: 1 TWh, 2035 und 2050: 1,6 TWh.
 4) ohne Kleinwasserkraft; ohne mittlere Produktionserwartung aus Pumpspeicherung; Annahme zu Ausbau/Erneuerung: +2 TWh bis 2035 und 2050; Annahme zu Klimakorrektur: 7% im 2035 und 10% im 2050 (Piot 2007a); Annahme zu Restwasserkorrektur: 5% 2035 und 7% im 2050 (vgl. Piot 2007b und Filippini et al. 2001).
 5) 1,3 TWh der konventionell-thermischen Erzeugung sind unter dem Angebot der neuen Erneuerbaren Energien (Biomasse) verbucht; Geschätzte Zunahme: 0,9 TWh im 2035 und 2050 aufgrund Wirkungsgradsteigerungen der Kehrlichtverbrennungsanlagen.
 6) Aktueller Wert: 2008 aus Stromstatistik (BFE 2009d); Winteranteil aktuell: 53% gemäss aktuellem Verbrauch (BFE 2009d); Annahme zum Winteranteil 2035 und 2050: halbierte Differenz von Sommer- und Winterbedarf (d.h. 51,5% Winteranteil aufgrund tendenzieller Verschiebung der Nachfrage zum Sommer).
 7) Annahmen zu Winteranteilen: a) Wind: 66% gemäss www.juvent.ch, b) Biomasse: aktuell 50%, 2035 und 2050 60% aufgrund von Revision im Sommer und vermehrt wärmegeführter Anlagen, die v.a. im Winter produzieren, c) Geothermie: 55% (Revision im Sommer), d) Fotovoltaik: 35% e) Kleinwasserkraft: 36% analog den Werten der Laufwasserkraft aus BFE 2009f.
 8) Aktueller Wert: 2008 aus Stromstatistik (BFE 2009d); Winteranteil aktuell: 53% gemäss aktuellem Verbrauch (BFE 2009d); Annahme zum Winteranteil 2035 und 2050: halbierte Differenz von Sommer- und Winterbedarf (d.h. 51,5% Winteranteil aufgrund tendenzieller Verschiebung der Nachfrage zum Sommer).
 9) Netzverluste: aktuell 7% der Nachfrage, 2035: 7%, 2050: 6% aufgrund von Effizienzsteigerungen bei beweglichen Teilen des Stromnetzes und unter der Annahme, dass das Netz ausgebaut wird.
 10) Annahmen: 70% der Pumpspeicherleistung wird für die Produktion von Spitzenenergie und zur Regulierung des Schweizer Netzes gebraucht. Berechnung aktueller Wert: 70% von 25% des Pumpenverbrauchs von 2,3 TWh gemäss BFE 2009d. Werte für 2035 und 2050: gleicher Anteil an der Gesamtnachfrage.

Quellen: Kaiser 2009; BFE 2009d, BFE 2009f, BFE 2007f, BFE 2008c, BFE 2008d, Filippini et al. 2001, Piot 2007a, Piot 2007b, Stigler et al. 2005; Interpretation und Zusammenstellung: Energie Dialog Schweiz



Mengen substanziell reduzieren lassen. Bis zum Jahr 2050 sinkt der Import von Treibstoffen auf 29 % des heutigen Volumens, bei den Brennstoffen auf 37 % der gegenwärtig importierten Menge.

Der Strombedarf ohne Netzverluste steigt hingegen bis 2050 auf 240 PJ (67 TWh) an. Wichtige Faktoren für diese Entwicklung sind die wachsende, an das Bevölkerungswachstum gekoppelte Nachfrage nach Stromdienstleistungen, der verstärkte Einsatz von Wärmepumpen, eine anteilmässige Elektrifizierung des motorisierten Privatverkehrs sowie eine leichte Verschiebung des Modalsplits hin zum öffentlichen Verkehr (vgl. Kap. 5). Der Stromanteil im Energiemix würde somit von heute 25 % auf 40 % im Jahr 2050 ansteigen. Das Angebot wird – ohne Neubau von Grosskraftwerken – trotz starkem Ausbau der erneuerbaren Energien in Zukunft jedoch sinken aufgrund der Lebensdauer der bestehenden Schweizer Kernkraftwerke (vgl. Kap. 8.5).

8.3 Entwicklung von Angebot und Nachfrage im Bereich Brennstoffe, Fern- und Umweltwärme

Bei den Brennstoffen sowie bei der Fern- und Umweltwärme sinkt im Referenzszenario die Nachfrage von heute 400 PJ auf 378 PJ (2035) bzw. 350 PJ (2050) (vgl. Tab. 2). Die ETS-Kerngruppe schätzt das Reduktionspo-

tenzial aufgrund von Effizienzsteigerungen in diesem Bereich bis 2035 auf 58 PJ und bis 2050 auf 69 PJ ein. Demnach beträgt die tatsächliche Nachfrage im Jahr 2035 320 PJ bzw. 281 PJ im Jahr 2050 (vgl. Abb. 19). Der Anteil, der durch erneuerbare Energien abgedeckt werden kann, beträgt nach Schätzungen der ETS-Kerngruppe bis 2035 zwischen 68 und 86 PJ und bis 2050 113 bis 146 PJ (vgl. Tab. 6). Demnach ist im Wärmebereich im Mittel mit einer Versorgungslücke von rund 243 PJ bis 2035 und 151 PJ bis 2050 zu rechnen (vgl. Tab. 10). Diese muss durch den Import von Brennstoffen gedeckt werden.

8.4 Entwicklung von Angebot und Nachfrage im Bereich Treibstoffe

Bei den Treibstoffen geht das Referenzszenario von einem Anstieg der Nachfrage von heute 236 PJ auf 246 PJ (2035) bzw. 250 PJ (2050) aus (vgl. Tab. 3). Die ETS-Kerngruppe schätzt das Reduktionspotenzial aufgrund von Effizienzsteigerungen bei den Treibstoffen bis 2035 auf 111 PJ bzw. bis 2050 auf 164 PJ ein. Diese massiven Effizienzsteigerungen führen zu einer Senkung der Nachfrage auf 135 PJ bzw. 86 PJ in den Jahren 2035 bzw. 2050 (vgl. Abb. 19). Den maximalen Anteil, der in Zukunft durch Treibstoffe aus inländischer Biomasse abgedeckt werden kann, schätzt die ETS-Kerngruppe auf 18 PJ (vgl. Tab. 6). Gemäss diesen Be-

Tab. 10 Differenz zwischen inländischem Energieangebot beim Verbraucher und Nachfrage der Verbraucher heute, 2035 sowie 2050: Einschätzung der ETS-Kerngruppe

Versorgungslücke		aktuell	2035	2050
Brennstoffe, Fern- und Umweltwärme	PJ	-361	-243	-151
Treibstoffe	PJ	-236	-117	-68
Strom, ganzes Jahr	PJ	-5	-40	-63
Strom, Winterhalbjahr	PJ	-15	-26	-42

Quelle: Energie Trialog Schweiz

Abb. 18 Entwicklung der Endenergienachfrage in der Schweiz bis 2050 gemäss Einschätzungen der ETS-Kerngruppe

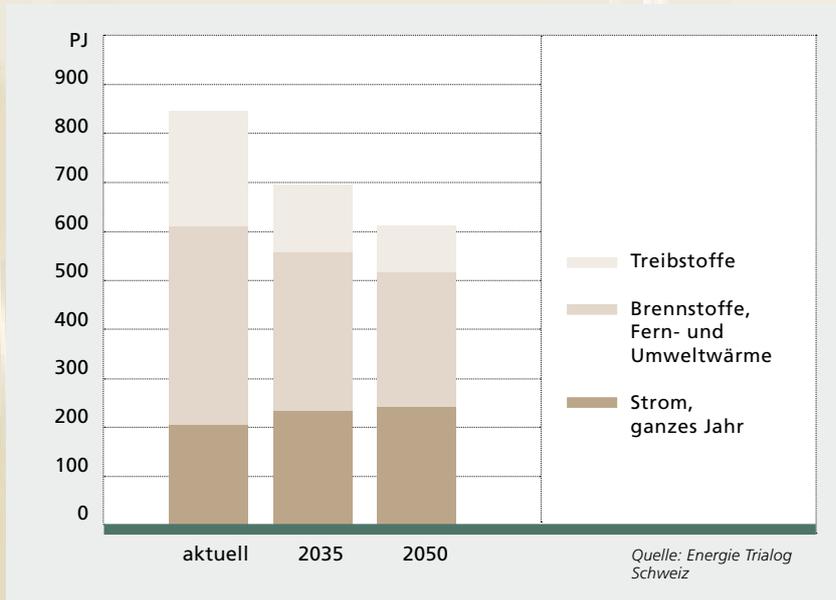
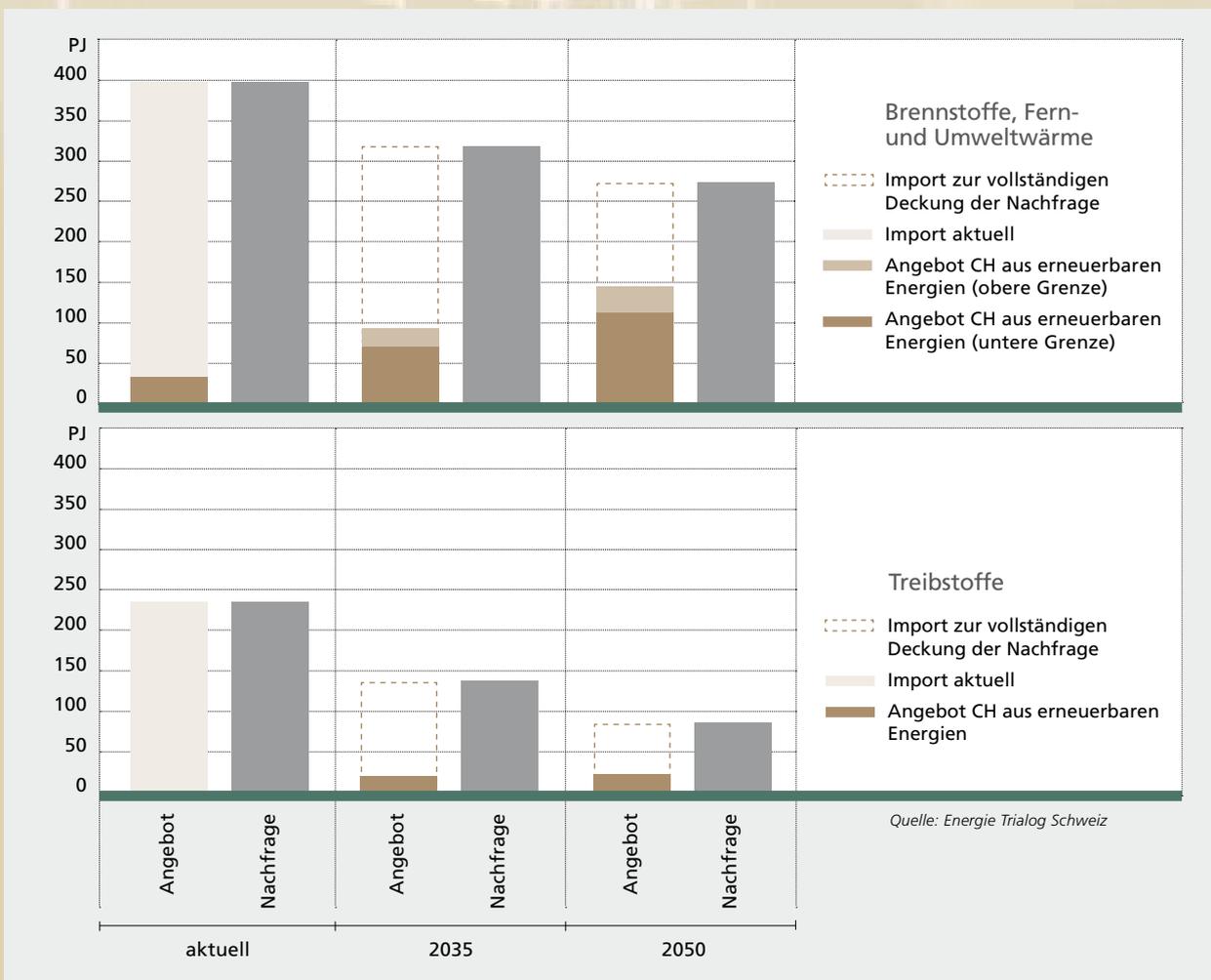


Abb. 19 Entwicklung von Angebot und Nachfrage in der Schweiz im Bereich Brennstoffe, Fern- und Umweltwärme und im Bereich Treibstoffe bis 2035 und 2050



Trotz markanter Effizienzsteigerungen steigt im ETS-Szenario die Stromnachfrage leicht an.

rechnungen resultiert beim Treibstoff eine Versorgungslücke von 117 PJ im Jahr 2035 bzw. 68 PJ im Jahr 2050 (vgl. Tab. 10). Diese muss durch den Import von Treibstoffen gedeckt werden.

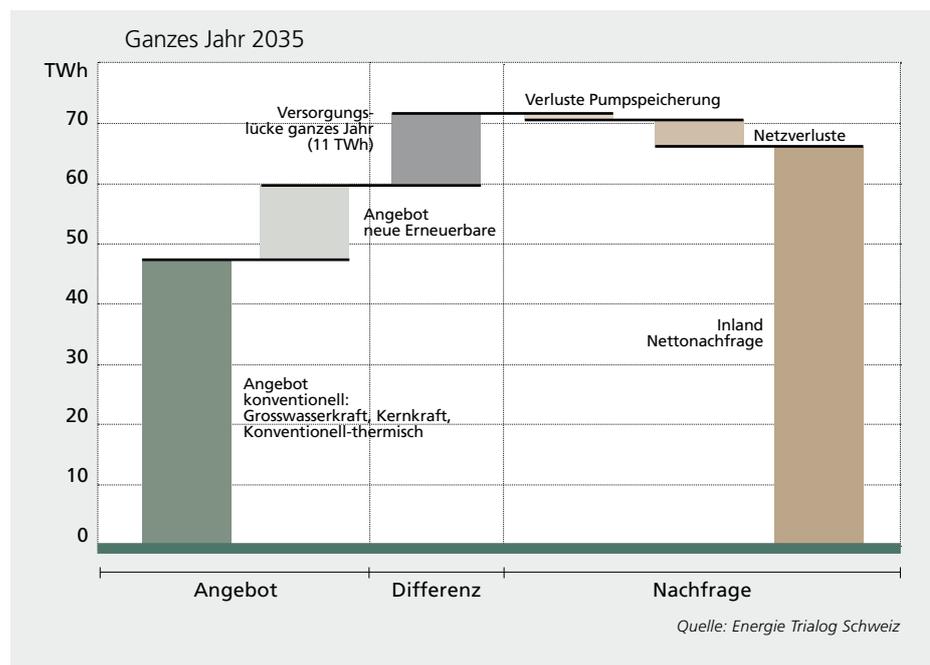
8.5 Entwicklung der Stromnachfrage und des Stromangebots

Im Referenzszenario steigt die Nachfrage nach Strom von heute 57 TWh (204 PJ) bis 2035 auf 72 TWh (258 PJ) und bis 2050 auf 74 TWh (266 PJ) an (vgl. Tab. 1 und Tab. 7). Die ETS-Kerngruppe schätzt, dass sich dieser starke Anstieg aufgrund von Effizienzsteigerungen auf eine Nachfrage von 66 TWh (238 PJ) im 2035 dämpfen lässt. Bis 2050 wäre dann noch mit einem leichten Anstieg auf 66,5 TWh (240 PJ) zu rechnen. Bei diesen Modellierungen wurde von einem verstärkten Einsatz von Wärmepumpen und einem substantiellen Anstieg des elektrifizierten Verkehrs ausgegangen (vgl. Kap. 5).

Die Einschätzung des Stromangebots und die Berechnung der Differenz zwischen Angebot und Nachfrage für die Zukunft hat sich als höchst komplex erwiesen. In entscheidenden Fragenstellungen sind die wissenschaftlichen Grundlagen ungenügend, oder es fehlt eine Plausibilisierung der Annahmen. Die ETS-Kerngruppe hat sich trotz dieser lückenhaften Basis entschieden, eine bestmögliche Einschätzung zu treffen (vgl. Tab. 9).⁹²

Bezüglich Grosswasserkraft besteht in Zukunft einerseits ein Optimierungspotenzial, zu einem grossen Teil durch die Erneuerung bestehender Kraftwerke. Aufgrund einer Plausibilisierung mit den aktuell bekannten Optimierungsprojekten hat die ETS-Kerngruppe dieses Ausbaupotenzial auf 2 TWh geschätzt. Andererseits wird der Klimawandel und die Restwassermengenerhöhung eine Reduktion der Stromproduktion aus Wasserkraft verursachen. Insgesamt ist in Zukunft eine leichte Verringerung des jährlichen Stromangebots aus Grosswasserkraft zu erwarten (vgl. Kap. 6.1).

Abb. 20 Beste Schätzung der ETS-Kerngruppe zur Differenz zwischen Stromnachfrage und Stromangebot im Jahr 2035, Ganzjahresbetrachtung



⁹² Detaillierte Darstellung in Kaiser 2009

Heute fallen im Stromnetz 7% Verluste an, der grösste Teil auf der niedrigsten Spannungsebene. Hier ist in den nächsten Jahrzehnten im Bereich der beweglichen Teile eine Effizienzsteigerung möglich. Als Effekt auf das ganze Netz wird längerfristig mit einer Senkung der Verluste auf 6% gerechnet.

In die Bilanz eingerechnet wurden jene Verluste aus dem Pumpspeicherbetrieb, die für die Spitzenenergie (Versorgung) und für die Regelenenergie im Schweizer Netz genutzt wird. Für 2035 und 2050 wurden diese Verluste entsprechend der Stromnachfrage erhöht.

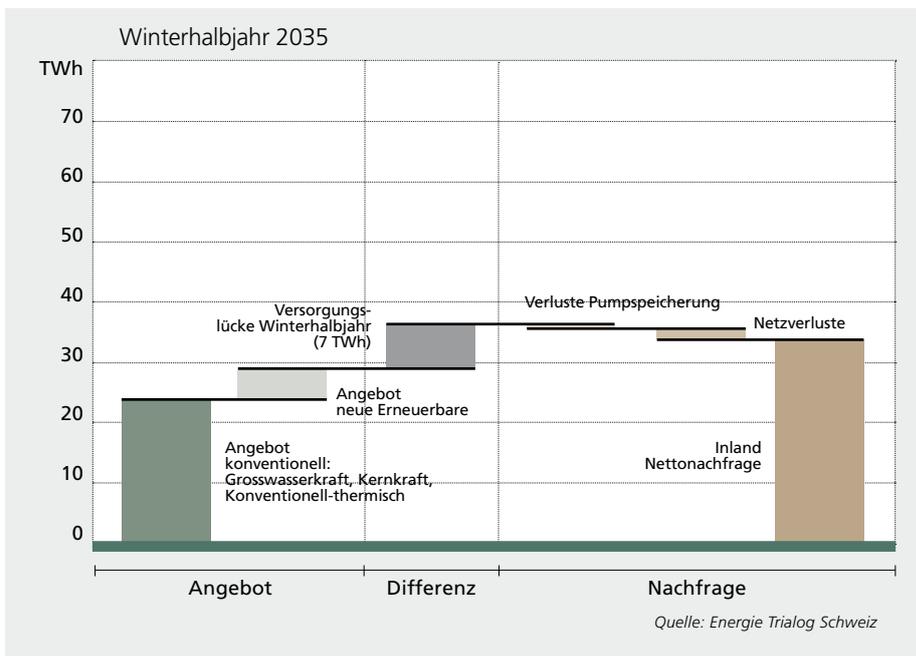
In die Berechnung der Strombilanz für das Winterhalbjahr gehen neben den Klimaeffekten auch die Annahmen zum Winterangebot der erneuerbaren Energien und die Stromnachfrage im Winter ein. Beide sind schwierig abzuschätzen. Bezüglich der Nachfrage wurde eine leichte Verschiebung zum Sommerhalbjahr angenommen und somit der Winteranteil von aktuell 53% auf 51,5% verringert.



Die ETS-Kerngruppe schätzt auf der Basis sämtlicher Annahmen, dass – ohne Neubau von Grosskraftwerken – das inländische Stromangebot im Jahr 2035 11 TWh unter der Nachfrage liegen wird (vgl. Abb. 20). Betrachtet man nur das Winterhalbjahr, beträgt die Differenz 7 TWh (vgl. Abb. 21). Im Jahr 2050 vergrössert sich die Differenz auf 18 TWh im ganzen Jahr und 12 TWh im Winterhalbjahr. Die ETS-Kerngruppe ist der Meinung, dass aufgrund der erheblichen Unsicherheiten

Beste Schätzung der ETS-Kerngruppe zur Differenz zwischen Stromnachfrage und Stromangebot im Winterhalbjahr 2035

Abb. 21





in Zukunft ein genaues Monitoring der Effekte – insbesondere des Klimateffekts und der Konsequenzen aus der Umsetzung des Gewässerschutzgesetzes – unerlässlich ist, um die Einschätzungen zu optimieren.

8.6 Abschätzung der Entwicklung der CO₂-Emissionen

Die ETS-Kerngruppe hat aufgrund des stark sinkenden Bedarfs an fossilen

Brenn- und Treibstoffen im ETS-Szenario die potenzielle Reduktion der CO₂-Emissionen in den Jahren 2035 und 2050 grob eingeschätzt (vgl. Tab. 11). Werden die Potenziale zur Effizienzsteigerungen und zum Ausbau der erneuerbaren Energien gemäss den Einschätzungen der ETS-Kerngruppe vollständig ausgeschöpft, lässt sich bis 2035 eine CO₂-Reduktion von 40 % erreichen. Bis 2050 ist eine CO₂-Reduktion um 65 % möglich (Bezugsjahr 1990).

Tab. 11 Abschätzung der möglichen CO₂-Reduktionen in der Schweiz für 2035 und 2050 mit dem ETS-Szenario

Fossiler Treibstoff- und Brennstoffbedarf		1990	2005	2035	2050
Treibstoffbedarf Referenzszenario ETS	PJ		236	228	232
Treibstoffbedarf ETS-Szenario	PJ			117	68
Brennstoffbedarf Referenzszenario ETS	PJ		362	301	220
Brennstoffbedarf ETS-Szenario	PJ			243	151
Bevölkerung	Mio.	6,8	7,5	8,3 ¹⁾	8,2 ¹⁾
Inländische CO₂-Emissionen					
Referenzszenario ETS					
Inländische CO ₂ -Emissionen	Mio. t	40,9	40,7	36	31
davon Treibstoffe	Mio. t		17,4	17	17
davon Brennstoffe	Mio. t		23,3	19	14
Inländische CO ₂ -Emissionen / Kopf	t/Kopf		5,5	4,4	3,8
Veränderung gegenüber 1990	%	n.a.	0	-11	-24
ETS-Szenario					
Inländische CO ₂ -Emissionen	Mio. t	40,9	40,7	24	15
davon Treibstoffe	Mio. t			9	5
davon Brennstoffe	Mio. t			16	10
Inländische CO ₂ -Emissionen / Kopf	t/Kopf	6,0	5,5	2,9	1,8
Veränderung gegenüber 1990	%	n.a.	0	-40	-65

Annahme Verhältnis Heizöl/Erdgas bei Brennstoffen: 50/50 (2035), 40/60 (2050)
Annahme CO₂-Emissionsfaktoren (t CO₂/TJ): Benzin, Diesel (74), Erdöl HEL (74), Erdgas (55)

Quellen: BAFU 2009b,
BFS 2008, Energie
Dialog Schweiz

¹⁾ hochgerechnet anhand der aktuellen Bevölkerungsprognose (BFS 2008)

9 Ergänzende volks- und betriebswirtschaftliche Modellrechnungen

Höhere Preise für Energie und CO₂ und höhere Investitionen für erneuerbare Energien haben grosse volks- und betriebswirtschaftliche Bedeutung und bieten Chancen zur Beschleunigung von Innovationen.

In den vorangehenden Potenzialschätzungen zu Energieeffizienz, erneuerbaren Energien und Energiehandel wird eine Abschätzung der Veränderungspotenziale bis 2050 vorgenommen. Diese beruht auf nachvollziehbaren Annahmen über interne und externe Einflussfaktoren. Inwiefern sind die resultierenden Ergebnisse auch stichhaltig, falls sie in internationalen Modellsimulationen gespiegelt werden?

In den folgenden drei Kapiteln werden die volks- bzw. betriebswirtschaftlichen Konsequenzen von verschiedenen energie- und klimapolitischen Annahmen und Vorschlägen vertieft analysiert. Diese Analysen basieren auf Modellrechnungen, da diese die Auswirkungen von variierenden Annahmen transparent darstellen. Obwohl die Resultate aufgrund der ökonomischen Modellanlage scheinbar eine hohe Genauigkeit aufweisen, dürfen die Resultate dennoch nur als grobe Einschätzung betrachtet werden.

Konkret geht es um die drei folgenden volkswirtschaftlichen Modellrechnungen:

- Eine ökonomische Analyse, wie sich die Energiepreise auf die Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit von Volkswirtschaften und ihre wichtigsten Wirtschaftssektoren auswirkt (vgl. Kap. 9.1). Die Untersuchung basiert auf Zahlen zur Entwicklung der letzten 15 Jahre sowie auf einem Quervergleich der OECD-Länder. Ihre Erkenntnisse sind durchaus für eine Zukunftsinterpretation relevant.

- Eine Studie der Beratungsfirma McKinsey, welche die technologischen Potenziale zur Absenkung der CO₂-Emissionen analysiert. Die Untersuchung zeigt für die Schweiz im internationalen Vergleich auf, welche Kosten und Investitionen mit der Realisierung dieser Potenziale verbunden sind. Die Studie basiert auf den Erfahrungen mit bisherigen technologischen Änderungen und deren volkswirtschaftlicher Bedeutung (vgl. Kap. 9.2).
- Das Kostenoptimierungsmodell MARKAL des Paul Scherrer Instituts (ETH), welches Szenarien zur Technologieentwicklung aufgrund unterschiedlicher Annahmen bezüglich Erdölpreis, Verfügbarkeit von Grosskraftwerken etc. darstellt (vgl. Kap. 9.3).

Alle drei Modellansätze sind auf volks- und betriebswirtschaftliche Aussagen ausgerichtet und basieren auf transparenten Annahmen betreffend die technologische Entwicklung und deren Anwendung. Die Modelle zeigen, trotz unterschiedlichen methodischen Ansätzen, dass die Themenbereiche Energie, Klima und Wirtschaft eng miteinander verflochten sind. Veränderungen in diesem System können auf sehr dynamische Weise markante gesellschaftliche und wirtschaftliche Veränderungen auslösen und damit auch technische und betriebswirtschaftliche Innovationen beschleunigen.

Die ökonomischen Modelle zeigen, dass die Themen Energie, Klima und Wirtschaft volkswirtschaftlich eng verflochten sind.



9.1 Energiepreise und Wettbewerbsfähigkeit von Volkswirtschaften

Wie beeinflussen steigende Energiepreise die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen und Branchen und damit die ganze Volkswirtschaft? Diese energie- und wirtschaftspolitisch relevante Frage wird weltweit unterschiedlich beantwortet. Empirisch fundierte Unterlagen sind selten.⁹³

Die ETS-Kerngruppe hat deshalb gemeinsam mit dem Bundesamt für Energie (BFE) und der International Energy Agency (IEA) in einer umfassenden ökonomischen Arbeit eine bestmögliche empirische Einschätzung vorgenommen. Diese basiert auf international vergleichbaren Zahlen im OECD-Raum sowie auf Längsschnitzzahlen (1990 bis 2005/6).⁹⁴

Ausgangspunkt der Untersuchung ist die Vermutung, dass Preisschocks (wie bei der 2. Ölkrise im Jahr 1979) oder strengere Umweltvorschriften die Unternehmen zu energieeffizienteren Programmen und Produkten ermuntern. Durch die Veränderung der Produktionskosten werden Innovationsprozesse ausgelöst, die sich positiv auf die Wettbewerbsfähigkeit auswirken. Auffallend ist, dass Unternehmen und Branchen mit überdurchschnittlich hoher Forschungs- und Entwicklungsintensität rascher reagieren als andere.

Das Resultat der Studie ist für alle untersuchten OECD-Länder ähnlich eindeutig:

- Steigende Energiepreise, verursacht durch Marktmechanismen oder politische Massnahmen, führen in der Regel zuerst und kurzfristig zu einer Zunahme der Produktionskosten. In einem zweiten Schritt führen sie zu Effizienz- und Innovationseffekten bei Produktion und Prozessen. Sie wirken sich insgesamt positiv auf die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen und ganzen Branchen aus. Die empiri-

schen Zahlen sind auch bei simulierten Annahmen robust.

- Dieser Zusammenhang gilt für 80 % aller Branchen in allen untersuchten Ländern.
- Besonders deutlich ist die Innovationswirkung in jenen Branchen, die besonders hohe Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen und einen hohen Exportanteil aufweisen. Hier wird der oben genannte, kurzfristig negative Effekt rasch überwunden und der stark positive Effekt zugunsten der internationalen Wettbewerbsfähigkeit sichtbar. Die Innovationseffekte übertreffen somit die kurzfristigen negativen Effekte. International exponierte Firmen realisieren diese Innovationen schneller als binnenwirtschaftlich orientierte.

Für die Schweiz wurden aufgrund der Datenlage vertiefte Modellrechnungen und weitere Simulationen durchgeführt. Für zehn von elf untersuchten Branchen (inkl. Holz- und Chemieindustrie) werden die Ergebnisse bestätigt. Einzige Ausnahme bildet die metallverarbeitende Industrie, wo eine leicht negative Gesamtwirkung festgestellt werden kann. Die Innovationswirkung ist im Fall der Schweiz sogar überdurchschnittlich, was aufgrund der überdurchschnittlich hohen Forschungs- und Entwicklungsintensität und Exportausrichtung der meisten Branchen erklärbar ist.

Zusammenfassend ergibt sich für die Schweiz auf Branchenebene ein deutlich positiver Zusammenhang zwischen Preiserhöhungen im Energiebereich und der Reaktionsfähigkeit der Wirtschaft mit Effizienz-, Innovation- und Exportmassnahmen, die gemeinsam zur internationalen Wettbewerbsfähigkeit beitragen. Inwieweit solche Prozesse für die kleine schweizerische Volkswirtschaft zum strukturellen Wandel ihrer Wirtschaft beitragen, kann aufgrund der verfügbaren Datenlage nicht interpretiert werden.

⁹³ Vgl. Bretschger 2008
⁹⁴ Vgl. Cadot et al. 2009

9.2 Reduktion der CO₂-Emissionen: Kosten oder Investitionen?

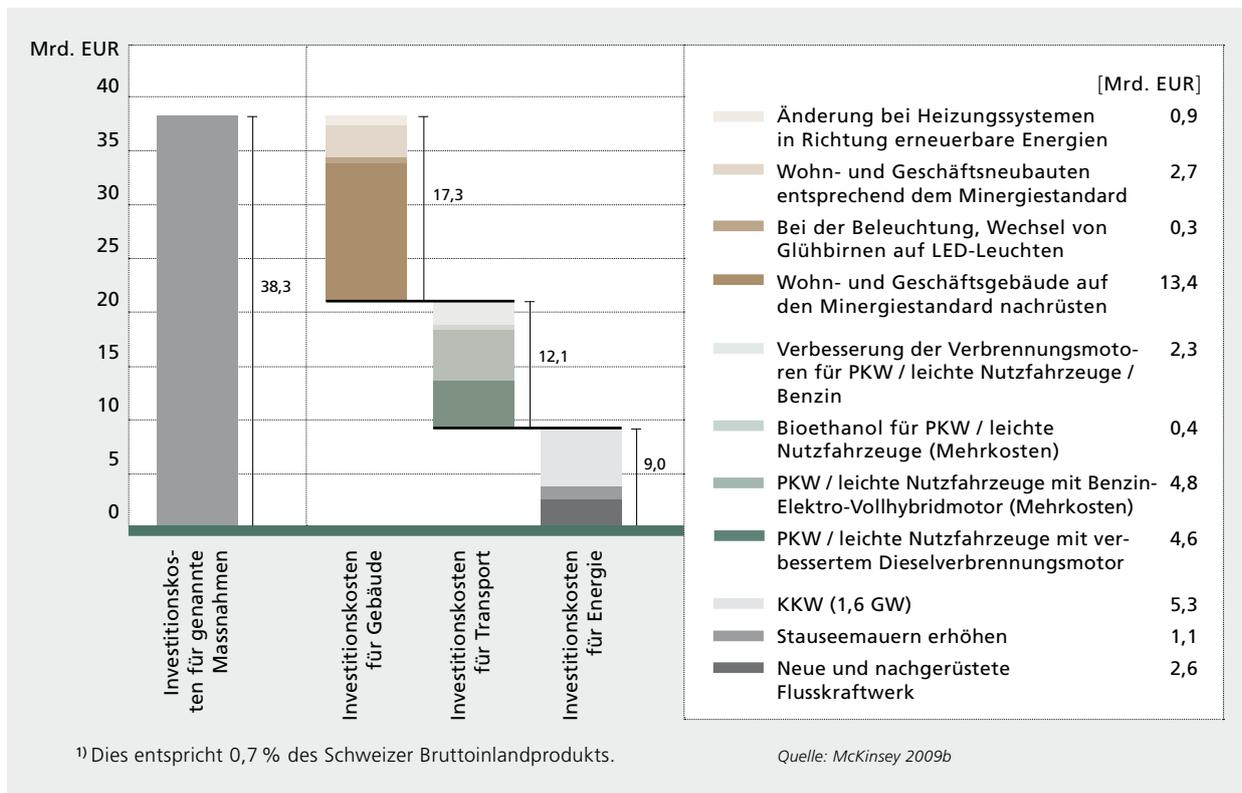
Die Beratungsfirma McKinsey hat kürzlich weltweit und länderspezifisch eine Modellrechnung von klima- und energiepolitischer Bedeutung publiziert.⁹⁵ Diese Modellrechnung beantwortet die Frage, mit welchem volkswirtschaftlichen Investitionsaufwand gerechnet werden muss, wenn ein Land über technische Veränderungen den CO₂-Ausstoss markant senken will.

Die Studie bezieht sich auf die technischen Veränderungspotenziale zwischen 2005 und 2030. Veränderungen im Konsumverhalten werden jedoch ausgeschlossen. Nicht berücksichtigt werden sogenannte externe Effekte, d.h. durch be-

stimmte Technologien verursachte indirekte Nutzen und Lasten für Wirtschaft, Ökologie und Gesellschaft. Das Modell nimmt an, dass die Gesellschaft bereit ist, pro Tonne reduziertes CO₂ bis 100 EUR zu bezahlen. Der Erdölpreis wird in zwei alternativen Szenarien auf 52 USD pro Fass (Basisszenario) bzw. 100 USD pro Fass (Simulationsszenario) festgelegt.

Die Studie zeigt deutlich, dass die Schweiz im internationalen Vergleich eine geringe CO₂-Intensität ausweist, weil ihre Stromerzeugung schon heute praktisch CO₂-frei erfolgt, ihre Wirtschaftsstruktur überdurchschnittlich dienstleistungsorientiert ist und energieintensive Güter weitgehend importiert werden. In Bezug auf die graue Energie liegt die Schweiz deshalb in der Spitzengruppe.

Basisszenario für den Zeitraum 2010 bis 2030: Eine Reduktion der CO₂-Emissionen in der Schweiz um 45 % bedeutet eine Gesamtinvestition von 38 Mrd. EUR¹⁾ **Abb. 22**



Im Vergleich zu 2005 kann die Schweiz im Basisszenario rund 45 % der CO₂-Emissionen bis 2030 reduzieren. Im Simulationsszenario mit einem Erdölpreis von 100 USD nimmt die Reduktion der CO₂-Emissionen um weitere 5 Prozentpunkte auf 50 % zu.

Technisch gesehen sind die grössten Einsparungen im Transport- und Immobilienbereich mit einer Reduktion der Emissionen von über 50 % bzw. 15 % möglich.

Die jährlichen Investitionen für den technischen Wandel, welche notwendig sind, um den CO₂-Ausstoss um 45 % zu reduzieren, werden auf 0,7 % des Bruttoinlandprodukts geschätzt. Zwischen 2010 und 2030 summieren sich diese Investitionen auf 38 Mrd. EUR, bzw. 1,9 Mrd. EUR pro Jahr. Abb. 22 zeigt, wie gross die Investitionen für den Immobilienbereich, den Transportbereich und die Energiebereitstellung wären.

Diese finanziellen Aufwendungen werden von McKinsey nicht als Kosten, sondern als Investitionen interpretiert. Das heisst, pro Kopf müssten während der gesamten Periode jährlich 250 EUR investiert werden. Diese Investitionen würden sich positiv auf die Gesamteffizienz der schweizerischen Volkswirtschaft auswirken, da viele der Massnahmen letztlich durch geringeren Verbrauch an fossilen Brennstoffen auch Kosten einsparen. Die Investitionen wirken sich volkswirtschaftlich gesehen umso positiver aus, je höher der Erdölpreis steigt.

Die Autoren der McKinsey-Studie fassen die Analyse im internationalen Vergleich wie folgt zusammen: «Die Schweiz verfügt über ein beträchtliches Potenzial zur Minderung der Treibhausgas-Emissionen durch einen Anstieg der CO₂-Produktivität bei gleichzeitiger Kostenersparnis. Wir glauben, dass viele Unternehmen so die Chance haben, innovative Technologien und Dienstleistungen weiterzuentwickeln.»⁹⁶

9.3 Kostenoptimierungsmodell MARKAL

Im Rahmen des ETS wurde im Hinblick auf die Wahl von Strategien und Massnahmen auch die Frage diskutiert, wie sich verschiedene Rahmenbedingungen auf die Höhe des Ölpreises oder die Verfügbarkeit einer spezifischen Technologie auf die angestrebten Klimaschutzziele auswirken. Diese Fragestellung wurde mit Hilfe eines bestehenden ökonometrischen Modells⁹⁷ des Paul Scherrer Instituts untersucht. Das Modell ist ein reines Kostenoptimierungsmodell und berechnet den zeitlich optimalen Weg zur Maximierung des Wohlstands mit kleinstmöglichen Kosten. Sekundärnutzen und die Vermeidung externer Kosten werden nicht dargestellt. Ebenso sind auch Tertiäreffekte, die durch Innovationen ausgelöst werden, nicht abgebildet.

Das Modell unterscheidet sich deshalb – und zusätzlich wegen einer Reihe weiterer Rahmenbedingungen – von den Annahmen, wie sie im ETS-Szenario getroffen wurden. Trotz der klaren Grenzen des Modells ergeben sich einige grundsätzlich interessante Erkenntnisse.

Untersuchte Fälle

Für die Elektrizitätsbereitstellung wurden im Sinn von Fallstudien folgende drei Vorgaben untersucht.

- Fall 1: Kernenergie steht über den Zeitraum bis 2050 im bisherigen Ausmass zur Verfügung (konstante Produktion durch Ersatz bestehender Kraftwerke, wenn diese das Ende ihrer Laufzeit erreichen).
- Fall 2: Kernkraftwerke werden nach dem Ende ihrer Betriebszeit nicht ersetzt, d.h. 2050 steht einheimische nukleare Produktion nicht mehr zur Verfügung. Gaskraftwerke können errichtet werden, sofern sie den Randbedingungen entsprechen (siehe unten).

⁹⁶ McKinsey 2009b, S. 5. Übersetzung aus dem Englischen: ETS
⁹⁷ Schulz et al. 2008, Weidmann et al. 2009

- Fall 3: Es werden keine neuen Grosskraftwerke – weder fossil noch nuklear – errichtet. Die Nutzung der Wasserkraft und der einheimischen Biomasse bleiben davon ausgenommen.

Das Modell geht davon aus, dass die Bilanz zwischen Produktion und Verbrauch von Elektrizität über das Jahr hinweg ausgeglichen ist. Stromimporte wurden nicht modelliert.

Szenarien

Die schweizerische Klimapolitik und die internationale Entwicklung der Preise fossiler Energieträger stellen Randbedingungen für die genannten Fälle dar. Es wurden folgende Szenarien untersucht:

- «Basisszenario»: Nach Ablauf der gegenwärtigen Verpflichtungsperiode folgen keine weiteren Vorgaben für den CO₂-Ausstoss der Schweiz. Der Ölpreis steigt (abgesehen von Fluktuationen) nur moderat an, d.h. von 28 USD₂₀₀₀/Fass im Jahr 2000 auf 50 USD₂₀₀₀/Fass im Jahr 2050.
- Szenario «Hoher Ölpreis»: Der Ölpreis steigt deutlich steiler von 28 USD₂₀₀₀/Fass im Jahr 2000 auf 100 USD₂₀₀₀/Fass im Jahr 2050.
- «Klimaschutzszenario»: Die inländischen CO₂-Emissionen werden bis 2020 um 20 %, bis 2035 um 40 % und bis 2050 um 60 % relativ zum Ausstoss des Jahres 1990 gesenkt. Diese Vorgaben lehnen sich an die Empfehlungen der Akademien der Wissenschaften Schweiz (a+)⁹⁸ an und betreffen explizit die inländischen Emissionen.

Methode

Das energieökonomische Modell SWISS-MARKAL⁹⁹ basiert auf einer detaillierten technischen Darstellung des schweizerischen Energiesystems, die kontinuierlich

ergänzt wird. Die Nachfragesektoren der Volkswirtschaft und die Energiebereitstellungsketten sind explizit bilanziert. Neue Energietechnologien, die in der Zukunft verfügbar werden, sind mit ihren Kosten und Lernkurven abgebildet.

Das Modell berechnet den zeitlich optimalen Weg zum Erreichen des grössten gesellschaftlichen Nutzens (definiert als Maximieren der Wohlfahrt mit kleinstmöglichen Kosten). Politische Vorgaben wie Klimaziele gehen als Randbedingungen ein. Sekundärnutzen (Vermeidung externer Kosten) und Tertiäreffekte (Innovation) werden nicht dargestellt.

Annahmen

Dem Modell liegen folgende Annahmen zugrunde:

- Die wirtschaftliche Entwicklung der Schweiz folgt dem 2004 durch das Staatssekretariat für Wirtschaft (SECO) formulierten Szenario (Wachstum des Bruttonationaleinkommens (BNE)¹⁰⁰ um 48 % zwischen 2000 und 2050).
- Die Bevölkerungsentwicklung folgt dem «A-Trend» des Bundesamtes für Statistik aus dem Jahr 2001. Die Bevölkerung wächst von 7,2 Mio. Einwohnern im Jahr 2000 auf 7,4 Mio. im Jahr 2030. Danach folgt eine leichte Abnahme auf 7,1 Mio im Jahr 2050. Neuere Prognosen des Bundesamts für Statistik¹⁰¹, die von einem stärkeren Wachstum der Bevölkerung durch Migration auf 8,3 Mio. Menschen im Jahr 2035 ausgehen, wurden aus Konsistenzgründen noch nicht berücksichtigt, da sie eine Neukalibrierung der Prognosen für das Bruttonationaleinkommen und der personenbezogenen Nachfragegrössen erfordern würden.
- Die bis 2050 maximal ausschöpfbaren Potenziale der erneuerbaren Energien wurden in Übereinstimmung mit der Einschätzung der

Die Schweiz verfügt über ein beträchtliches Potenzial zur Minderung der Treibhausgas-Emissionen.

⁹⁸ Akademien der Wissenschaften Schweiz 2009
¹⁰⁰ Vormaliges Bruttonationaleinkommen

⁹⁹ Schulz et al. 2008
¹⁰¹ BFS 2008

ETS-Kerngruppe festgelegt. Die Abschätzung künftiger Erzeugungskosten (Zeithorizont 2050) stützt sich auf Literaturangaben.

- Der Diskontsatz für Aufwendungen und Erträge beträgt 3 %.

Resultate

Einfluss des Ölpreises

Der Preis fossiler Energieträger übt einen starken Einfluss auf den Primärenergieverbrauch aus – hohe Preise machen Effizienzmassnahmen attraktiv. Die Konsequenzen für die CO₂-Emissionen illustriert Abb. 23: Während im Basisszenario der Ausstoss annähernd konstant bleibt und der Bedarf an zusätzlicher Elektrizität durch Gaskraftwerke gedeckt wird, führt ein stark steigender Ölpreis zu einer Reduktion um 30 %. Dazu trägt vor allem eine starke Verringerung des Einsatzes fossiler Energieträger im Haushaltssektor bei. Der Verkehrssektor, welcher auch den internationalen Flugverkehr und den wenig elastischen Gütertransportsektor beinhaltet, zeigt erst geringe Veränderungen. Das Szenario eines hohen Ölpreises ist mit um 37 % höheren Energiesystemkosten verbunden.

Im Vergleich dazu zeigt das Klimaschutzszenario (Verringerung der inländischen Emissionen um 60 %, Abb. 23 rechts) deutlichere Veränderungen. Im Haushaltssektor werden ab 2030, im Dienstleistungssektor ab 2050 praktisch keine fossilen Energieträger mehr eingesetzt. Eine Aufschlüsselung des Verkehrssektors¹⁰² (hier nicht dargestellt) zeigt für den motorisierten Individualverkehr grosse Veränderungen der Flottenzusammensetzung (Diesel und Erdgas als Treibstoffe, Hybridantriebe). Die Elektrizitätserzeugung aus Gas wird nur marginal eingesetzt.

Einfluss der Zusammensetzung des Kraftwerkparks auf das Klimaschutzszenario

Die definierten Fallstudien hinsichtlich der verfügbaren Kraftwerkstechniken wurden für alle Szenarien und Randbedingungen analysiert. Hier präsentieren wir nur den Einfluss auf die Zusammensetzung der CO₂-Emissionen im Klimaschutzszenario, welches eine Reduktion von 60 % der inländischen CO₂-Emissionen zum Ziel hat (vgl. Abb. 24).

- Der Fall 1 (Kernkraft im bisherigen Ausmass verfügbar) wurde bereits oben diskutiert.

Tab. 12

Potenziale und Preisannahmen für die Schweiz in den Modellrechnungen mit MARKAL

	Potenzial TWh/a	Kosten USD ₂₀₀₀ /MWh
Wasserkraft total⁴⁾	37,0	8 ¹⁾ ; 20–33 ²⁾
Fotovoltaik	10,0	195
Windkraft	2,5	59
Geothermie	1,5	34–53
Kernkraft		8 ¹⁾ ; 15–20 ²⁾
Gaskombikraftwerk		42 ³⁾

Wasserkraft total: Der Diskontsatz für Aufwendungen und Erträge beträgt 3 %.

Quelle: Weidmann und Turton 2009

¹⁾ bereits amortisiert; ²⁾ neue Investitionen;

³⁾ angenommener Gaspreis: 21 USD₂₀₀₀/MWh

⁴⁾ berücksichtigt Zubaupotenziale Gross- und Kleinwasserkraft, Effizienzsteigerungen, klimabedingte Produktionsänderungen, keine zusätzlichen Auflagen betr. Restwassermengen.

Abb. 23 Vergleich der Effekte eines hohen Ölpreises auf die CO₂-Emissionen mit den Effekten des Klimaschutzszenarios

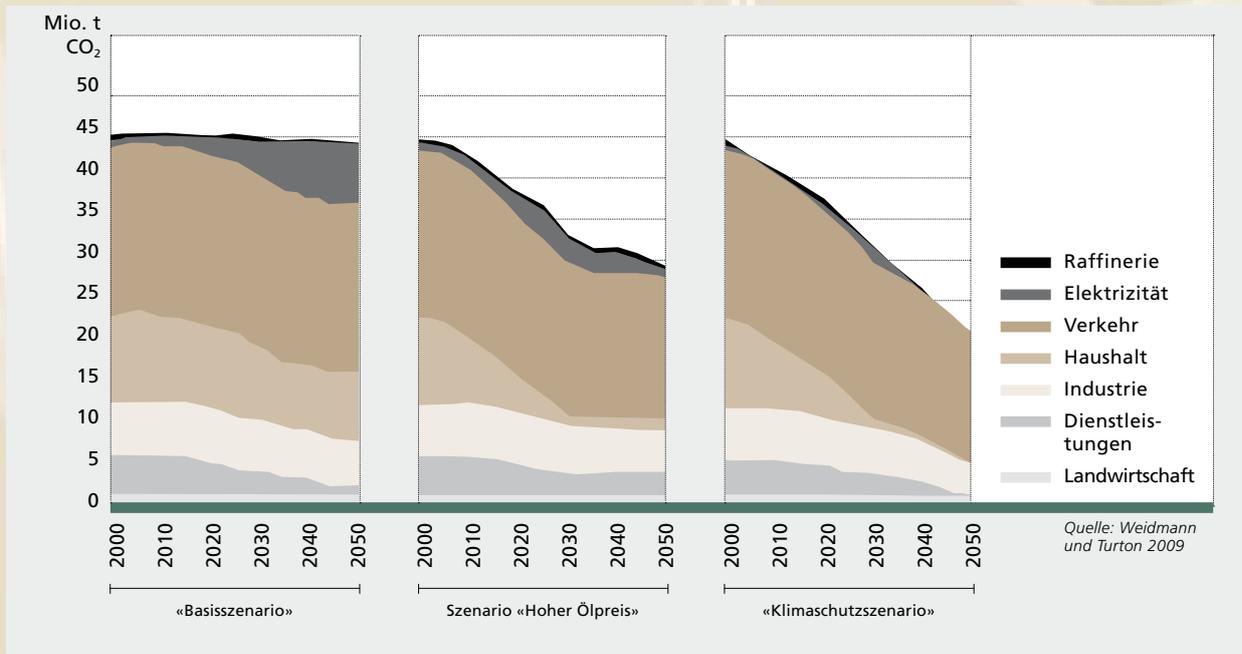
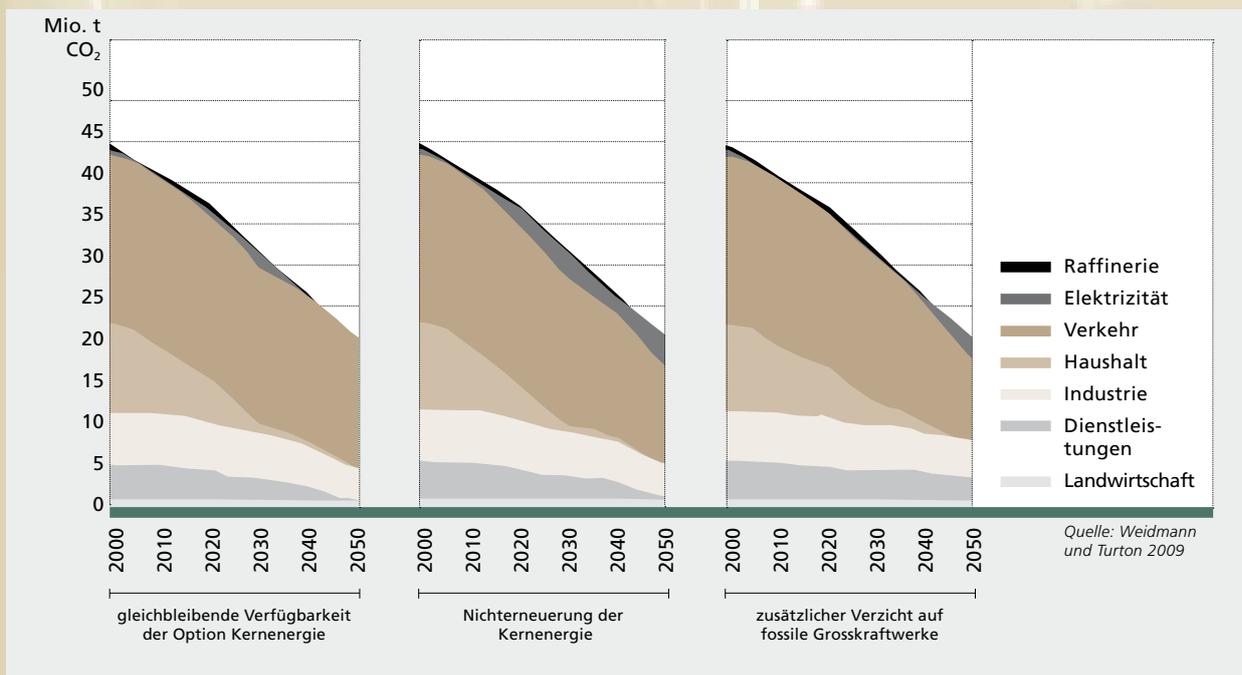


Abb. 24 Reduktion der CO₂-Emissionen in Abhängigkeit des zur Verfügung stehenden Kraftwerkparkes



Ambitiöse Klimaziele führen zur Umsetzung von weitreichenden Effizienzmassnahmen und reduzieren den Primärenergieeinsatz.

- Im Vergleich dazu illustriert Abb. 24 (Mitte), dass Erdgas zur Erzeugung der benötigten Elektrizität eingesetzt wird, wenn die Kernenergie nicht erneuert wird. Um dennoch die bindend vorgegebenen CO₂-Reduktionsziele einhalten zu können, findet ein noch drastischerer Umbau des Verkehrssektors statt, wobei beim motorisierten Individualverkehr gegen Ende der Periode auch Elektroantriebe und Wasserstoff als Treibstoff zum Einsatz kommen.
- Im Fall 3 (Abb. 24, rechts), bei dem Grosskraftwerke nicht zur Verfügung stehen, ist die verfügbare Elektrizität beschränkt (vgl. folgenden Abschnitt). Aufgrund dieser Tatsache können weniger Elektrizitätsanwendungen (Wärmepumpen im Gebäudesektor, Elektroantriebe im Transportsektor, Effizienzsteigerungen im Dienstleistungssektor) realisiert werden.

Beiträge zur Elektrizitätserzeugung
Rahmenbedingungen und klimapolitische Vorgaben beeinflussen den Umfang der Elektrizitätsproduktion und das Ausmass des Einsatzes verschiedener Primärenergien (vgl. Abb. 25).

- In Kombination 1 (gleichbleibende Verfügbarkeit der Kernenergie ohne Klimavorgaben) beträgt die Gesamtproduktion 85 TWh; der Zusatzbedarf nach Ausschöpfen des Wasserkraftpotenzials und der konstant gehaltenen Kernenergieproduktion wird durch Gaskraftwerke (zentrale und dezentrale Anlagen) gedeckt. Geothermie liefert einen kleinen, in allen Fällen ähnlich hohen Beitrag.
- Klimaschutzziele machen in der Kombination 2 (gleichbleibende Verfügbarkeit der Kernenergie mit Klimaschutzvorgabe –60% CO₂-Reduktion bis 2050) den Einsatz

von Erdgas für die Stromerzeugung unattraktiv. Stattdessen werden Biomasse in zentralen Kraftwerken und WKK-Anlagen sowie Fotovoltaik und Windturbinen zur Stromerzeugung eingesetzt. Deren Potenzial wird ausgeschöpft. Das Niveau der Gesamtproduktion nimmt nur wenig auf 87 TWh zu.

- Wenn die Option Kernenergie nicht mehr zur Verfügung steht (Kombination 3; Nichterneuerung Kernkraft mit Klimaschutzvorgabe –60% CO₂-Reduktion bis 2050), muss zur Bereitstellung der notwendigen Elektrizität auf Gaskraftwerke zurückgegriffen werden. Damit die Klimaschutzziele erfüllt werden können, sinkt die Gesamtproduktion auf 73 TWh. Da weniger Elektrizität für Wärmepumpen zur Verfügung steht, werden zentrale Biomasse-WKK-Anlagen (mit Fernwärmenetzen) vermehrt eingesetzt.
- Beim gänzlichen Verzicht auf Grosskraftwerke (Kombination 4; Nichterneuerung Kernenergie und kein Zubau von fossilen Grosskraftwerken mit Klimaschutzvorgabe –60% CO₂-Reduktion bis 2050) wird die verfügbare einheimische Biomasse auf verschiedene Anwendungen verteilt. Dezentrale Gaskraftwerke werden zur Deckung der Stromlücke herangezogen. Die Gesamtproduktion sinkt auf 62 TWh.

Schlussfolgerungen

Stark steigende Preise fossiler Energieträger lösen starke Veränderungen in Richtung Effizienzsteigerungen und Einsatz CO₂-armer Energieträger aus. Ein bis 2050 auf 200 USD₂₀₀₀/Fass steigender Ölpreis könnte allein CO₂-Emissionsreduktionen in der Grössenordnung von 30 % bewirken. Eine derartige Entwicklung würde durch internationale Rahmenbedingungen vorgegeben und wäre durch inländische Massnahmen kaum beeinflussbar.

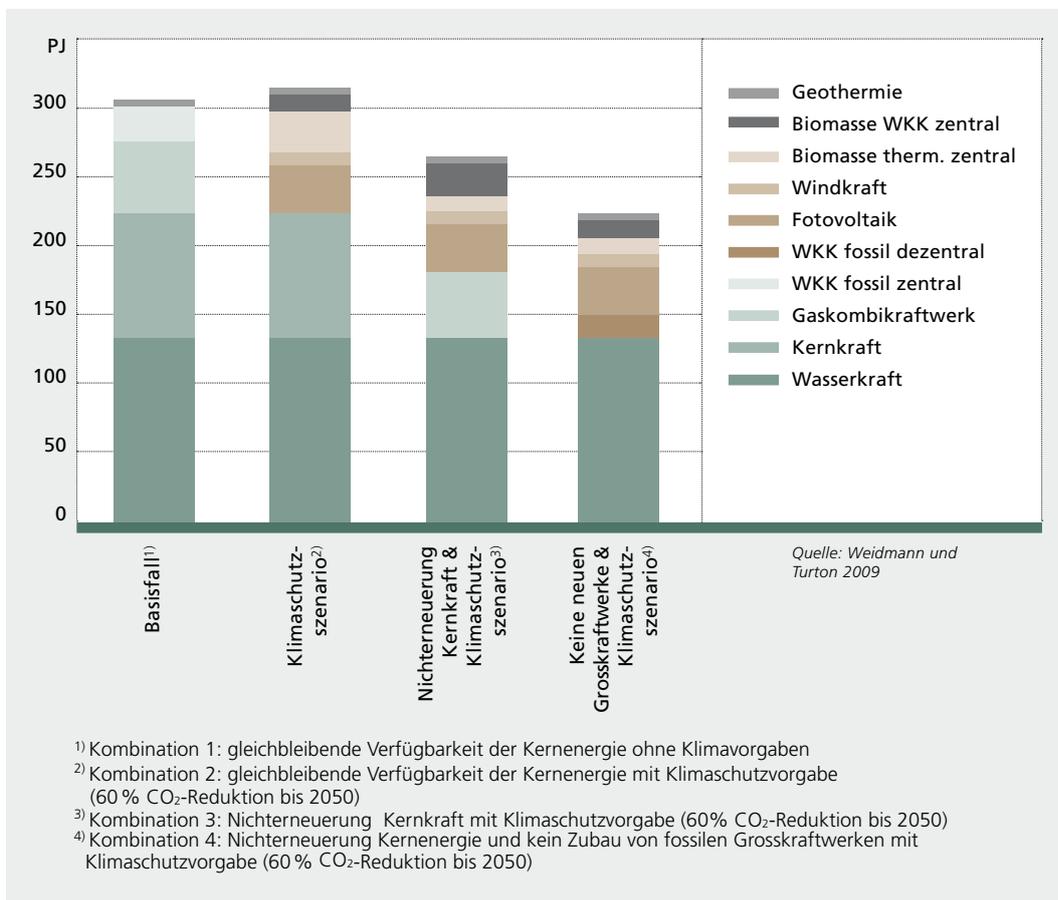
Ambitiöse Klimaziele führen zur Umsetzung von Effizienzmassnahmen und reduzieren den Primärenergieeinsatz. Der Haushaltssektor wird am Ende der Periode praktisch ohne fossile Energie beheizt, und im motorisierten Individualverkehr finden starke Umstellung in Richtung Effizienz (Hybridfahrzeuge), Elektrifizierung und neue Treibstoffe (Gas, Wasserstoff) statt. Vor allem im Dienstleistungssektor werden Effizienzpotenziale durch Elektrifizierung genutzt.

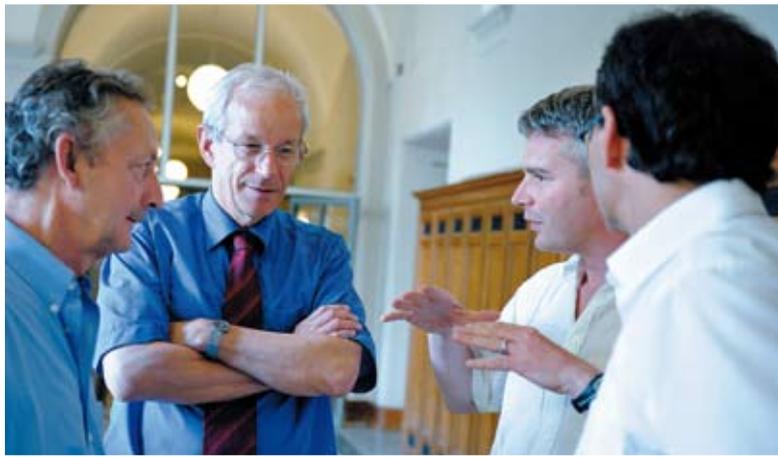
Wenn die Option Kernenergie nicht zur Verfügung steht, sinkt die gesamte Elektrizitätsproduktion trotz der vermehrten Installation von Erzeugungsanlagen auf der Basis erneuerbarer Ener-

gien und des partiellen Einsatzes von Gaskraftwerken. Der Endenergiebedarf im Haushaltssektor bleibt höher, da weniger Wärmepumpen und mehr WKK- und Fernwärmenetze, die mit Biomasse betrieben werden, zum Einsatz kommen.

Beim Verzicht auf Grosskraftwerke (Kernenergie und Erdgas) wird aufgrund der höheren Kosten weniger Elektrizität nachgefragt. Als Folge stehen im Haushaltssektor für Wärmepumpenanwendungen und im Dienstleistungssektor für Effizienzmassnahmen weniger Elektrizität zur Verfügung. Für die Wärmebereitstellung dienen ergänzend dezentrale WKK-Anlagen mit Erdgas sowie zentrale WKK-Anlagen mit Biomasse als Brennstoff.

Abb. 25 Elektrizitätsmix und Stromproduktion in der Schweiz im Jahr 2050 für die vier verschiedenen Kombinationen





Teil IV *Strategie: Massnahmen umsetzen*

Das technisch Machbare ist bekannt. Die Erfahrung mit politischen Massnahmen hat sich verbessert. Doch wie gehen wir mit diesem Wissen um? Wie gelingt es, aus der Theorie Praxis werden zu lassen? Wie kann der Zusammenhang zwischen Zielen, Strategien und Massnahmen verbessert werden? Und was müssen wir dabei zuerst anpacken?

10 Konkrete und messbare Ziele

Eine zukunftsfähige Energiepolitik muss alle drei Pole der Nachhaltigkeit gleichermaßen anstreben: wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit, Umwelt- und Klimaschutz sowie gesellschaftliche Chancenvielfalt.

Die ETS-Kerngruppe hat sich zum Ziel gesetzt, starke Impulse für eine nachhaltige und wettbewerbsfähige Energiepolitik zu setzen. Das bedeutet konkret, Strategien zu entwickeln, die den drei Polen der Nachhaltigkeit – Wettbewerbsfähigkeit, Umwelt- und Klimaschutz und gesellschaftliche Chancenvielfalt – gleichermaßen gerecht werden (vgl. Abb. 26). Damit soll die hohe Lebensqualität für gegenwärtige und zukünftige Generationen gesichert werden. Der ETS ist sich bewusst, dass zwischen den drei Polen im Zieldreieck Konflikte entstehen können. Er ist gleichzeitig überzeugt, dass der notwendige Optimierungsprozess in vielen Fällen nicht zu nachteiligen Kompromissen führen muss, sondern dass es im Gegenteil sogar viele Synergien gibt (vgl. Kap. 4).

10.1 Konkrete Zielsetzungen des Energie Dialog Schweiz

Die Kerngruppe des ETS hat gemeinsam die folgenden acht messbaren oder zumindest bewertbaren Zielsetzungen verabschiedet:

a. Lebensqualität

Z1 Die Schweiz gehört auch in Zukunft zur weltweiten Spitzengruppe der Länder mit einer hohen Lebensqualität¹⁰³ und bietet die dafür notwendigen Energiedienstleistungen an. International anerkannte Indikatoren: Mercers¹⁰⁴, Quality of Life (WHO)¹⁰⁵.

b. Wirtschaft

Z2 Die Energieeffizienz muss in den



Abb. 26

Die Ziele der ETS-Kerngruppe für die zukünftige Energiepolitik

¹⁰³ Unter Lebensqualität wird die Sicherstellung optimaler ökologischer, sozialer und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen sowie die positive Einschätzung des persönlichen Wohlbefindens verstanden.

¹⁰⁴ Die Studie «Quality of Living» von Mercer, die regelmässig aktualisiert wird, vergleicht die Lebensqualität in zahlreichen Städten auf allen Kontinenten. Nach 39 einheitlichen Kriterien erfasst und bewertet werden Faktoren wie Infrastruktur, öffentlicher Service, Sicherheit und Stabilität, persönliche Freiheit, Bildung und Umwelt (vgl. www.mercer.com/qualityofliving).

¹⁰⁵ WHO Quality of Life-BREF: Der Fragebogen der WHO erfasst mittels 26 Fragen die Selbsteinschätzung von Einzelpersonen bezüglich ihrer physischen und psychischen Gesundheit, ihrer persönlichen Beziehungen und ihrer direkten Umwelt (vgl. <http://who.int>).



Tab. 13
Hochrechnung der
Zielwerte der ETS-Kern-
gruppe für die Schweiz
in Bezug auf die Jahre
2020, 2035 und 2050

nächsten Jahren deutlich steigen. Dies bedeutet, dass die Endenergieintensität der Volkswirtschaft, d.h. der Endenergieeinsatz umgerechnet auf das Bruttoinlandprodukt (BIP), sinken muss. Als Zielgrösse wird eine durchschnittliche jährliche Senkung der Endenergieintensität der Volkswirtschaft (Endenergieverbrauch pro BIP) um 1,8 % definiert. Dies liegt 0,8 Prozentpunkte höher als die berechnete Referenzentwicklung von 1,0%.¹⁰⁶ In der Vergangenheit betrug dieser Wert in der

Schweiz jährlich 0,4 % (2000–2005) bzw. 0,3 % (1990–2000). Die Senkung der Energieintensität darf jedoch nicht durch eine Verlagerung energieintensiver Branchen ins Ausland realisiert werden.

Z3 Die Umsetzung der Energiestrategie soll kein Hindernis, sondern ein spürbarer Impuls für das Wachstum des Bruttonationaleinkommens¹⁰⁷ sein durch eine Förderung der Innovationsdynamik und damit verbunden einer Steigerung der Standortattraktivität und des Exportvolumens der Schweiz.

		1990	2005	2020	2035	2050
Zugrundeliegende Annahmen						
BIP ¹⁾	Mrd. CHF	387,9	440,6	560,4	627,8	715,9
Bevölkerung ¹⁾	Mio.	6,80	7,47	8,10	8,30	8,24
BIP pro Kopf ¹⁾	CHF	57 044	58 983	69 211	75 640	86 885
		gemäss BAFU		Zielwerte des ETS (Z6)		
ETS-Zielwerte CO₂-/THG³⁾-Emissionen						
Inländische CO ₂ -Emissionen	Mio. t	40,9	40,7	30,7	19,4	8,2
Inländische CO ₂ -Emissionen / Kopf	t	6,0	5,5	3,8	2,3	1,0
Inländische THG-Emissionen	Mio. t	52,7	53,7	39,5	25,0	10,5
Inländische THG-Emissionen / Kopf	t	7,8	7,2	4,9	3,0	1,3
		Modellwerte BFE		Modellwerte Referenzszenario ETS		
Energieintensität						
Referenzszenario ETS:						
Endenergieverbrauch	PJ	772	840	877	883	866
Energieintensität	MJ/CHF	2	1,90	1,6	1,4	1,2
		Modellwerte BFE		Zielwerte des ETS²⁾ (Z2)		
ETS-Zielwert:²⁾						
Endenergieverbrauch	PJ	772	840	789	694	607
Energieintensität	MJ/CHF	2,0	1,9	1,4	1,1	0,85

¹⁾ Die BIP- und Bevölkerungswerte entsprechen ab 1990 Modellwerten aus BFE 2007c, aufdatiert mit BFS 2008 und SECO-Wachstumstrends von 2006.

²⁾ Annahme: Energieintensität (= Endenergieverbrauch/BIP) nimmt jährlich um 1,8 % ab (ab 2006), Durchschnittswert über die Zeit, keine lineare Kurve.

³⁾ THG=Treibhausgas

Quellen: Energiewerte sind Modellwerte aus BFE 2007c sowie Berechnungen Energie Dialog Schweiz (vgl. Jakob et al. 2009); BIP und Bevölkerungswerte aus BFE 2007c, aufdatiert mit BFS 2008 und SECO-Wachstumstrends von 2006, mündliche Mitteilung Simon Jäggi, SECO; CO₂- und THG-Emissionen: BAFU 2009b

Dadurch soll das Wachstum über der langfristigen Status-quo-Prognose des Staatssekretariats für Wirtschaft (SECO) zu liegen kommen, d.h. längerfristig jährlich rund 1,5 % betragen (ohne Einrechnung der aktuellen Wirtschaftskrise).

- Z4 Die Sicherheit der Versorgung mit Energiedienstleistungen muss hoch bleiben. Die Wahrscheinlichkeit und Tragweite von Ausfällen darf nicht zunehmen. Indikatoren: bestehende Anforderungen bezüglich Pflichtlagern von Öl und Gas, EU-Definition zu Stromversorgung in kalten Wintern.

c. Umwelt- und Klimaschutz

- Z5 Die Schweiz leistet ihren Beitrag, damit der globale Ressourcen- und Energieverbrauch auf ein Niveau reduziert werden kann, das die ökologische Tragfähigkeit der Erde nicht überschreitet. Der technologische Fortschritt soll zu einer nachhaltigen Nutzung der natürlichen Ressourcen beitragen. International anerkannter Indikator: ökologischer Fussabdruck.¹⁰⁸
- Z6 Die Schweiz leistet ihren Beitrag zur Stabilisierung der globalen Klimaerwärmung bei maximal 2,0 °C über dem globalen Mittel der vorindustriellen Zeit. Um die Klimaerwärmung auf einem Niveau zwischen 2,0 und 2,4 °C zu stabilisieren, darf aufgrund der Berechnungen des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) die Treibhausgas-Konzentration in der Atmosphäre maximal 450 bis 490 ppm CO₂-Äquivalente betragen. Für die Gruppe der Annex-I-Staaten



(Industrieländer) bedeutet dies eine Senkung der gesamten Treibhausgas-Emissionen um 25 bis 40 % bis ins Jahr 2020 und um 80 bis 95 % bis ins Jahr 2050.¹⁰⁹ Als Beitrag zur globalen Zielerreichung muss die Schweiz als Annex-I-Land daher ihre inländischen Treibhausgas-Emissionen bis 2020 um mindestens 25 % bzw. bis 2050 um mindestens 80 % reduzieren (Baseline 1990).¹¹⁰ Eine Interpolation für 2035 ergibt ein Reduktionsziel von rund 50 % verglichen mit dem Jahr 1990. Auf dem Weg dazu orientiert sich die Schweiz an den Obergrenzen der Reduktionsziele der Treibhausgas-Emissionen der Europäischen Union. Die Senkung der inländischen Treibhausgas-Emissionen darf nicht durch eine Verlagerung energieintensiver Branchen ins Ausland realisiert werden.

d. Gesellschaft

- Z7 Die Fiskalquote unter Berücksichtigung der Rückverteilung soll mittel- und langfristig durch klima- und energiepolitische Massnahmen tendenziell nicht gesteigert werden.¹¹¹

¹⁰⁸ Der ökologische Fussabdruck einer Bevölkerung ist die Menge an produktiven Land- und Wasserflächen, die notwendig ist, um die Ressourcen, die diese Menschen konsumieren, bereitzustellen und ihren Abfall aufzunehmen, dies alles bei gegebener Technologie. Die Berechnungen mit dem ökologischen Fussabdruck kommen heute zu folgender Aussage: Die Menschheit insgesamt lebt über ihre Verhältnisse. Genauer: Sie übernutzt die Biosphäre des Planeten um rund 20 % (vgl. www.footprintnetwork.org).

¹⁰⁹ Die Reduktion um 40 resp. 95 % garantiert dabei eine 50-prozentige Wahrscheinlichkeit, dass die Erwärmung unter 2 °C bleiben wird. Bei einer Emissionsreduktion um 25 resp. 80 % sinkt die Wahrscheinlichkeit auf rund 25 % (vgl. IPCC 2007).

¹¹⁰ Die EU spricht im Moment von einer Reduktion der Treibhausgas-Emissionen um 20 % bis 2020 (im Falle eines ausreichenden internationalen Abkommens um 30 %) auf der Basis der Emissionswerte von 1990 (vgl. IPCC 2007).

¹¹¹ Die Fiskalquote ist die Summe aller Einnahmen des Staates im Verhältnis zum Bruttoinlandsprodukt. Die Quote gibt damit an, wie viel Prozent des gesamten Einkommens in der Wirtschaft in Form von Steuern, Gebühren und anderen Abgaben an den Staat abgeliefert werden müssen.



Das Erreichen dieser anspruchsvollen Ziele erfordert einen tiefgreifenden Umbau des Energiesystems.

Kurz- bis mittelfristig (5–10 Jahre) sind von staatlicher Seite jedoch Zusatzinvestitionen notwendig, um den Umbau des Energiesystems in die vorgezeigte Richtung zu beschleunigen. Diese Investitionen müssen mittel- bis langfristig zum volkswirtschaftlichen Mehrwert beitragen.

Z8 Die Bevölkerung soll grundsätzlich befähigt werden, über Energie- und Klimafragen qualifiziert und sachlich entscheiden zu können. Die grosse Mehrheit der Bevölkerung soll den Zugang zu verständlicher Information haben, um bewusst energiepolitische Entscheide treffen und die Möglichkeiten des eigenen energiebewussten Handelns ausschöpfen zu können.

Werden diese Ziele wie vorgeschlagen umgesetzt, bedeutet das konkret: Der Endenergieverbrauch von heute 840 PJ sinkt – bei einer jährlichen Abnahme der Energieintensität um 1,8% – bis 2035 auf 694 PJ bzw. bis 2050 auf 607 PJ (vgl. Tab. 13 und Abb. 27).

Eine Reduktion der inländischen Treibhausgas-Emissionen um 25% bis

2020 (Baseline 1990¹¹²) bedeutet insgesamt eine Reduktion der Gesamtemissionen auf 39,5 Mio. t CO₂-Äquivalente (30,7 Mio. t CO₂) und eine Abnahme auf 4,9 t CO₂-Äquivalente pro Kopf (3,8 t CO₂) bis 2020 (vgl. Abb. 28). Eine Reduktion der inländischen Treibhausgas-Emissionen um 80% bis 2050 bedeutet eine Abnahme auf insgesamt 10,5 Mio. t CO₂-Äquivalente (8,2 Mio. t CO₂ und 1,3 t pro Kopf bis 2050 (1,0 t CO₂)).

Die Erreichung dieser anspruchsvollen Ziele ist keineswegs einfach, bedeuten sie doch in ihrer Kombination einen grossen und tiefgreifenden Umbau des schweizerischen Energiesystems während der nächsten 40 Jahre. Diese Zeitdauer mag lange erscheinen, ist es aber nicht: Viele Veränderungen brauchen erhebliche Planungs-, Entwicklungs- und Realisierungsfristen. Viele Investitionen wirken sich erst langfristig aus. Die gesellschafts- und letztlich politische Akzeptanz für notwendige Veränderungen setzt im demokratischen und föderalistischen System der Schweiz viel Verständnis und Einsicht bei Bürgerinnen und Bürgern voraus. Gerade weil der Zeitbedarf für Veränderungen erheblich ist, muss mit diesem Umbau rasch begonnen werden.

112 In einzelnen IPCC-Berichten wird 2000 als Referenzjahr eingesetzt. Eine Änderung des Referenzjahrs von 1990 auf 2000 hätte in der vorliegenden Strategie jedoch praktisch keinen Effekt auf den Absenkpfad, da die CO₂-Emissionen der Schweiz 1990 und 2000 praktisch gleich hoch waren.

Abb. 27 Entwicklung des Endenergieverbrauchs der Schweiz bis 2050: BFE-Szenarien I, III, IV sowie ETS-Szenario gemäss Z2 und Referenzszenario des ETS

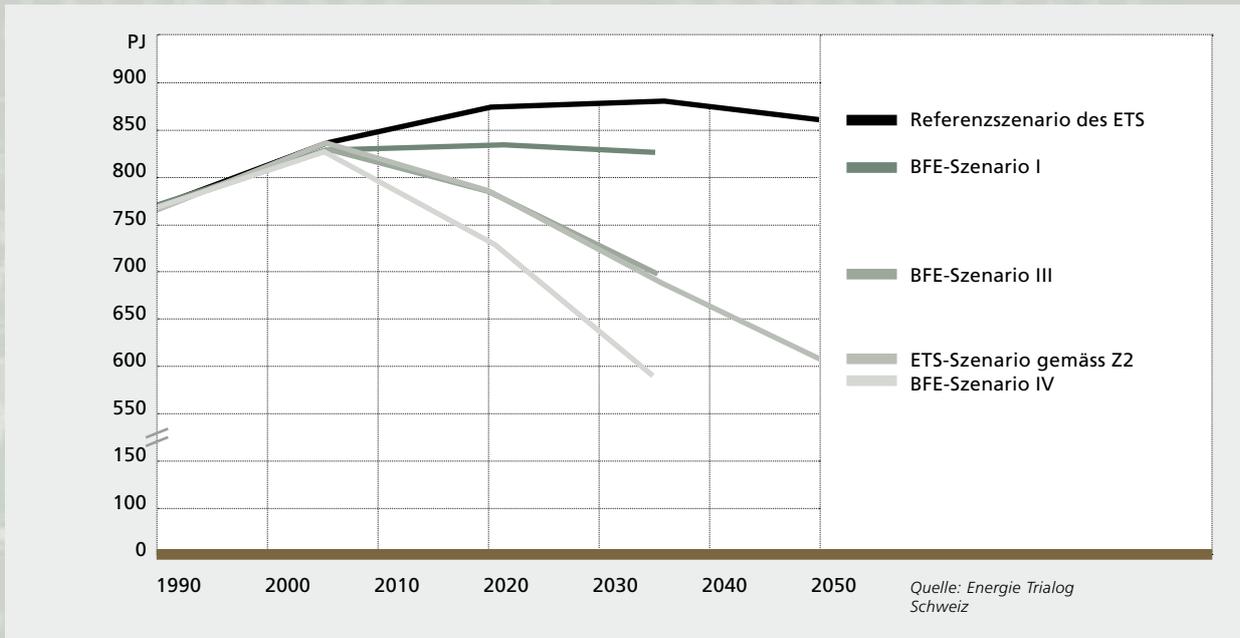
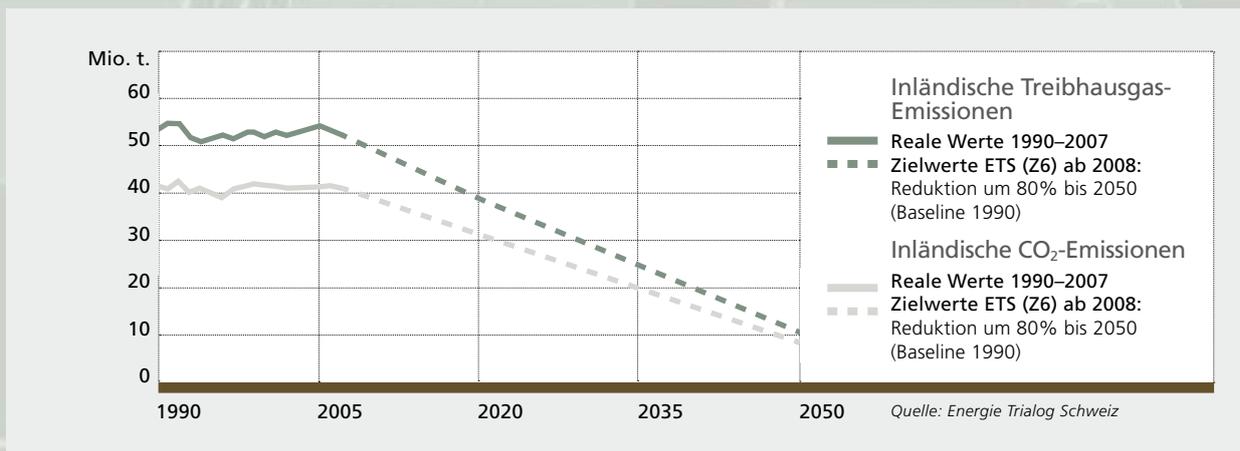


Abb. 28





11 Strategien für den Umbau unseres Energiesystems

Die anspruchsvollen Klima- und Energieziele lassen sich nur mit einer klaren und umfassenden Strategie erreichen. Die ETS-Kerngruppe schlägt eine Strategie mit sieben Pfeilern vor.

Der ETS strebt eine klare, langfristige und strategisch durchdachte Ausrichtung der Energiepolitik an.

11.1 Strategische Herausforderungen

Mit welchen Strategien können die anspruchsvollen Ziele wirksam erreicht werden? Die Antwort ist aus verschiedenen Gründen schwierig:

- Die Komplexität der Zusammenhänge erfordert hohen Respekt bezüglich der Gesamtwirkung einzelner Vorschläge.
- Die Langfristigkeit der strategischen Vorschläge ist einerseits notwendig, andererseits beruht sie aber auf Annahmen (beispielsweise die Preisentwicklung für fossile Energieträger oder Konjunkturschwankungen), die niemand genau genug prognostizieren kann.
- Die gesellschaftliche Akzeptanz von Grosstechnologien, aber auch der Ausbau von erneuerbaren Energien wie Wasserkraft und Wind ist keineswegs eindeutig einschätzbar.
- Die geopolitische Grosswetterlage ist und bleibt unberechenbar, sie ist zunehmend durch den schärferen Wettbewerb um fossile Energieressourcen geprägt.
- Unser Wissen um die Wirksamkeit von Strategien und Massnahmen hat sich zwar deutlich verbessert, es ist aber nach wie vor beschränkt: Die Wirkungsrichtung ist meist klarer belegbar als die Wirkungsintensität.

Die ETS-Kerngruppe möchte mit ihren Vorschlägen eine möglichst hohe Anpassungs- und Lernfähigkeit erreichen, verbunden mit einer klaren, langfristigen strategischen Ausrichtung. Diese ist notwendig, weil

- berechenbare Rahmenbedingungen eine Voraussetzung für langfristig ausgerichtete Investitionen und Verhaltensweisen sind,
- nur so im nationalen und internationalen Rahmen das Spielfeld für Verhandlungen und Abkommen sinnvoll abgedeckt werden kann,
- zeitgerechte demokratische Entscheidungen eine klare Strategie voraussetzen.

Hinzu kommt, dass sich die weltweiten energie- und klimapolitischen Megatrends kaum grundsätzlich ändern dürften. Sie prägen eine Bandbreite von Annahmen, die in der ETS-Analyse transparent dargelegt sind und die Grundlage für die strategischen Prioritäten der ETS-Kerngruppe bilden.

11.2 Die strategischen Prioritäten im Überblick

Der strategische Vorschlag der ETS-Kerngruppe basiert auf sieben Pfeilern, die gemeinsam die Erreichung der gesetzten Ziele auf möglichst effiziente und wirkungsvolle Weise ermöglichen sollen. Die Vorschläge gründen auf der Überzeugung, dass

- die zielgerichtete Nutzung der Marktkräfte die vielfältigen Investi-

onen beschleunigen werden, welche für den Umbau des schweizerischen Energiesystems nötig sein werden,

- hierfür eine Kombination von Anreizen, Normen und Geboten zur Setzung klarer und glaubwürdiger Rahmenbedingungen nötig sein wird,
- die dadurch ausgelösten Impulse die internationale Wettbewerbsfähigkeit der Schweiz tendenziell stärken werden.

11.3 Die sieben strategischen Pfeiler

S 1. Marktordnung verbessern

S1a Um negative Externalitäten zu vermeiden, müssen die Preise die Vollkosten abbilden. Explizite und implizite Subventionen müssen als Ausnahmen transparent gemacht werden und zeitlich befristet sein.

S1b Die Schweiz setzt sich für einen europäischen, längerfristig auch globalen Zertifikatshandel mit Treibhausgas-Emissionen ein. Sie fördert die Effizienz und Effektivität dieses Marktes aktiv und integriert sich darin.

S1c Die Schweiz setzt sich für einen möglichst offenen und effizienten europäischen Energiemarkt in Europa ein und integriert sich so weit wie möglich.

S1d In der schweizerischen Energie- und Klimapolitik werden verbindliche Etappenziele festgelegt, um langfristig vertrauenswürdige Rahmenbedingungen für Investitionsentscheidungen zu garantieren.

S2. Energieeffizienz markant steigern

S2a Die Energieintensität der Volkswirtschaft, d.h. der Energieeinsatz pro Bruttonationaleinkommen-Einheit, kann und soll aufgrund bestehen-

der und absehbarer neuer Technologien um ca. 25 % bis 2020, um ca. 40 % bis 2035 und um rund 55 % bis 2050 gesenkt werden (Baseline 2005). Diese Steigerung ist ökonomisch sinnvoll und trägt gleichzeitig auch zu einer höheren Versorgungssicherheit und zur Erreichung der klimapolitischen Ziele bei.

S2b Für eine starke Steigerung der Energieeffizienz sind Optimierungen im gesamten Energiesystem von der Erzeugung über die Verteilung bis zur Nutzung notwendig.

S2c Eine markante Effizienzsteigerung ist relativ rasch möglich im Mobilitäts- und im Gebäudebereich. Auch in der Industrie und bei den Dienstleistungen sind weitere Effizienzsteigerungen realisierbar.

S2d Da der Stromanteil im Energiemix in der Zukunft zunehmen wird, sind Effizienzbemühungen bei der Erzeugung, Verteilung und Nutzung von Strom besonders wichtig.

S3. Erneuerbare Energieträger stark ausbauen

S3a Das erwartete Potenzial¹¹³ an erneuerbaren Energien soll zu einem hohen Anteil ausgeschöpft werden. Dabei sind die Anliegen des Umwelt- und Landschaftsschutzes im Rahmen einer Interessen- und Güterabwägung zu berücksichtigen. Im Jahr 2035 sollen die neuen erneuerbaren Energien (ohne Grosswasserkraft) 12 bis 14,5 TWh zur Stromproduktion, 19 bis 24 TWh zur Wärmeproduktion und rund 5 TWh zur Treibstoffproduktion beitragen. Bis im Jahr 2050 soll die Nutzung der erneuerbaren Energien weiter ausgebaut werden, mit dem Ziel, 20,5 bis 28,5 TWh zur Stromerzeugung, 31,5 bis 40,5 TWh

¹¹³ Das «erwartete Potenzial» bezeichnet die Schnittmenge von theoretischem, technischem, wirtschaftlichem, ökologischem und sozial akzeptiertem Potenzial, vgl. Kap. 6

zur Wärmeproduktion und rund 5 TWh zur Treibstoffproduktion beizutragen. Bezüglich Grosswasserkraft sollen die Ausbauterhaben die Reduktionen aufgrund von Klimawandel und Restwassermengenerhöhung kompensieren.

Um diese Ziele zu erreichen, braucht es eine gesellschaftliche Akzeptanz der neuen Technologien sowie die politische Bereitschaft, die dafür notwendigen Investitionen zu tätigen und allfällige Zusatzkosten vorübergehend zu tragen.

S3b Die Rahmenbedingungen sollen mittelfristig so gesetzt werden, dass der Markt den Mix an erneuerbaren Energien bestimmt. Zeitlich beschränkte Anschubfinanzierungen sind möglich.

S3c Pilotanlagen für erneuerbare Energien sollen gefördert werden, um die Akzeptanz im Markt zu steigern.

S4. Den Einsatz fossiler Energieträger und nicht-erneuerbarer Ressourcen reduzieren

S4a Der Wärmebedarf im Gebäudebereich soll bis 2050 durch Effizienzmassnahmen bei Neubauten und Sanierungen stark gesenkt werden. Der verbleibende Wärmebedarf soll so weit wie möglich durch erneuerbare Energien gedeckt werden, da Erdöl, Erdgas und Strom zum Heizen und zur Warmwasseraufbereitung über Feuerungsanlagen bzw. Widerstandsheizungen zu wertvoll sind. Bis 2035 wird Erdöl für die Wärmeproduktion in Gebäuden grösstenteils ersetzt. Bis 2050 wird auch eine weitgehende Substitution von Erdgas angestrebt.

S4b Die CO₂-Emissionen aus dem Verkehr werden markant reduziert, indem die CO₂-Emissionen pro zurückgelegten Kilometer stark verringert werden. Zudem wird eine

Verlagerung hin zu klimaschonenden und energieeffizienten Verkehrsträgern angestrebt, insbesondere durch die Elektrifizierung des Privatverkehrs und durch die Förderung des Langsamverkehrs.

S4c Gaskombikraftwerke sind aufgrund ihrer kurzen Erstellungszeit eine mögliche Massnahme, um die Versorgungssicherheit für die Lebensdauer einer Kraftwerks-genera-tion sicherzustellen. Sie werden als Überbrückungsmassnahme definiert und präferentiell in der Nähe von industriellen Abnehmern von Strom und Wärme erstellt. Der CO₂-Reduktionspfad der ETS-Kerngruppe muss auch beim Einsatz von Gaskombikraftwerken eingehalten werden. Zudem muss ein zu definierender Anteil des genutzten Gases aus nichtfossilen Quellen stammen.

S4d Inskünftig soll grundsätzlich kein Strom aus Kohlekraftwerken importiert werden, bis eine CO₂-Speicherung umgesetzt ist (Carbon Capture and Storage) oder die Emissionen gemäss internationalen Regeln über Zertifikate kompensiert werden können.

S4e Im Interesse der Versorgungssicherheit sollen die bestehenden Schweizer Kernkraftwerke so lange betrieben werden, wie die gesetzlich geltenden Sicherheitsbestimmungen vollumfänglich erfüllt sind. Die Betreiber der Anlagen sichern als Voraussetzung die Entsorgung der radioaktiven Abfälle der Kernkraftwerke. Die Schweiz beteiligt sich an der Erforschung der Chancen und Risiken der Technologien für die vierte Generation von Kernkraftwerken.

S5. Innovationsdynamik stärken und beschleunigen

S5a Die Forschungs- und Innovationspolitik im Energiebereich soll sich auf die Steigerung der Energieeffi-

zienz, auf neue erneuerbare Energien sowie auf neue technologische, betriebswirtschaftliche und volkswirtschaftliche Lösungen im Energiebereich ausrichten. Dazu ist eine verstärkte internationale Kooperation sinnvoll.

- S5b Die Impulse dieser Politik sollen durch grössere finanzielle Ressourcen sowie effizientere Kooperationen zwischen den Hochschulen und der Privatwirtschaft markant erhöht werden.
- S5c Die Clusterentwicklung, d.h. die Know-how-Vernetzung von Firmen im energiebezogenen Innovationsbereich, ist aktiv zu fördern.
- S5d Konjunkturförderungsprogramme sollen entsprechend diesen Zielsetzungen ausgestaltet werden.

S6. Das Engagement der Schweiz in der internationalen Energie- und Klimapolitik stärken

- S6a Die Schweiz verstärkt ihr Engagement in der Energie- und Klimapolitik auf internationaler Ebene und verfolgt damit drei Ziele: Sicherstellung der Energieversorgung, Erarbeitung und Umsetzung einer wirksamen Klimapolitik (Klimakonferenz Kopenhagen 2009¹¹⁴) und Beteiligung an einem wirtschaftlich effizienten Energiemarkt. Die Schweiz weitet ihre bilateralen Verhandlungen mit der EU diesbezüglich aus.
- S6b Die Schweiz nimmt zudem eine Brückenfunktion in internationalen Gremien wie der United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) wahr und engagiert sich mit ihrem energie- und klimapolitischen Know-how in Schwerpunktländern der Entwicklungszusammenarbeit und Aussenwirtschaftsförderung.



- S6c Die schweizerische Energie-, Klima- und Aussenwirtschaftspolitik koordinieren ihre Anstrengungen zur Wahrnehmung der Chancen und zur Verminderung der Risiken im internationalen Energiehandel.

S7. Information, Transparenz und Kommunikation für die Bevölkerung verbessern

- S7a Um die wichtigen Weichen in der Energie- und Klimapolitik zu stellen, braucht es demokratische Entscheide. Die Bevölkerung muss über sachgerechte Informationen verfügen, um die komplexe Energiethematik diskutieren und Entscheide fällen zu können.
- S7b Hohe Transparenz und Objektivität bezüglich Chancen und Risiken von Technologiealternativen, internen und externen Marktfaktoren sowie Schwächen und Stärken der Schweiz müssen durch den Staat und private Institutionen gewährleistet werden.
- S7c Die jüngere Bevölkerung als Entscheidungsträger der Zukunft soll angesichts der Langfristigkeit der Probleme und Entscheidungen besonders gut informiert und in die Entscheidungsprozesse involviert werden.

Die Bevölkerung muss befähigt werden, sachgerecht komplexe Entscheide fällen zu können.

¹¹⁴ UN-Klimakonferenz: COP15, Kopenhagen, 7. bis 18. Dezember 2009: Vereinbarung eines Nachfolgeabkommens für das Kyoto-Klimaprotokoll.

12 Die zehn entscheidenden Massnahmen

Die Kriterien Wirksamkeit und Umsetzbarkeit definieren die zehn wichtigsten Massnahmen. Ein kontinuierliches Monitoring der Massnahmen ist notwendig, um deren Wirkung und Umsetzung stetig zu verbessern.

Für eine effektive Politikgestaltung ist in der Regel eine Kombination von Instrumenten notwendig.

In der aktuellen politischen Debatte steht eine Vielzahl von Massnahmen zur Diskussion, welche vom Bund, den Hochschulen oder den Umweltorganisationen vorgeschlagen wurden.¹¹⁵ Es besteht also kein Mangel an Ideen und Vorschlägen. Die ETS-Kerngruppe hat diese Vielfalt an Massnahmen und Instrumenten im internationalen Vergleich analysiert und auf eine umfassende Weise bewertet, insbesondere bezüglich Wirksamkeit zur Zielerreichung und politischer Umsetzbarkeit. Sie schlägt eine Auswahl von zehn Massnahmen vor, die in den nächsten fünf Jahren prioritär umgesetzt sein müssen, oder deren Umsetzung in die Wege geleitet sein muss, damit Sie in den nächsten zehn Jahren Wirkung zeigen können. Diese Weichenstellung ist entscheidend, um den Umbau des Energiesystems in Richtung der definierten Ziele des ETS einzuleiten und zu beschleunigen.

12.1 Die optimale Wahl und Ausgestaltung von Massnahmen

Wie eine Analyse von rund 150 Evaluationsstudien aus dem OECD-Raum aus den letzten zehn Jahren gezeigt hat, können alle der vier energiepolitischen Kategorien von Instrumenten im Prinzip wirksam sein.¹¹⁶ Entscheidend ist, dass die für die Gestaltung und den Vollzug der Instrumente bekannten Regeln eingehalten

werden. Im Folgenden soll dargestellt werden, unter welchen Voraussetzungen die verschiedenen Instrumententypen die beste Wirkung erzielen.

- **Regulative Instrumente** (z.B. Verbrauchsvorschriften für Geräte, Zielvorgaben zur Senkung des Energieverbrauchs) basieren auf Vorschriften als Steuerungsinstrument. Zentrales Problem ist die Definition angemessener Vorgaben und die Kontrolle der Umsetzung. Die angemessene Höhe der Vorgaben, die Möglichkeit zur Anpassung je nach Zielerreichung, adäquate Einführungs- und Übergangsfristen sowie eine hohe Vollzugsintensität mit Kontrollen und Sanktionen sind wichtige Erfolgsfaktoren. Positive Beispiele: Gebäudevorschriften, Zulassungsbedingungen für Anlagen, Fahrzeuge und Geräte. Negative Beispiele: Vorschriften ohne Vollzug, Nachvollzug der technischen Entwicklung in den Vorschriften.
- **Finanzielle Instrumente** (z.B. Energieabgaben, Subventionen, Einspeisevergütungen, Contractingangebote) zielen auf das ökonomische Nutzenkalkül der Zielgruppe ab. Zentrales Problem ist das Informationsdefizit des Staates über die effektive Funktionsweise des Marktes. Die Höhe der Anreize ist oft ungenügend, so dass sogenannte Mitnahmeeffekte entstehen. Ferner verhindern vielfach Um-

¹¹⁵ Vgl. Akademien der Wissenschaften Schweiz 2007, Allianz für eine verantwortungsvolle Klimapolitik 2008, BFE 2007a, BFE 2007b
¹¹⁶ Rieder und Walker 2009

setzungsbarrieren in der Praxis den Einsatz grundsätzlich wirtschaftlicher Massnahmen, weil beispielsweise Investitionsmehrkosten für effizientere Lösungen und deren Nutzen bei unterschiedlichen Personengruppen anfallen (z. B. Investor-Nutzer-Dilemma im Mietwohnungsmarkt). Eine klare Programmkonzeption sowie ein Monitoring zuhanden einer flexiblen Anpassung der Beiträge sind die wichtigsten Erfolgsfaktoren. Positive Beispiele: Einspeisevergütungen (sehr effektiv, sofern richtig konzipiert) und Steuerdifferenzierung (theoretisch am besten geeignet, aber selten umgesetzt). Negative Beispiele: Fiskalische Förderprogramme mit zu geringen Förderbeiträgen.

- **Persuasive Instrumente** (z.B. Information und Beratung, Labels, Audits) versuchen die Zielgruppe durch Appelle zu überzeugen. Das Erzielen einer genügend grossen Reichweite und Intensität ist das Hauptproblem. Eine stringente Konzeption (Zielformulierung, Selektion der Zielgruppen, Ziel-Mittel-Verhältnis), die Nähe zur Zielgruppe (Audits und Beratung statt Kampagnen) und der langfristige Einsatz sind wichtige Erfolgsfaktoren. Positive Beispiele: Gebäude-Audits, Beratung für erneuerbare Energien. Negative Beispiele: Beratungsangebote mit minimaler Reichweite sowie schlecht konzipierte Kampagnen.
- **Strukturierende Instrumente** (z. B. freiwillige Vereinbarungen und Unterstützung von Netzwerken) versuchen, durch die Befähigung und Stärkung der Akteure eine indirekte Steuerung zu erzielen. Zentrale Probleme sind die Dauerhaftigkeit der initiierten Strukturen und die hohen Anforderungen an den Organisationsgrad der Zielgruppen. Ideal sind diese Instrumente bei Win-win-Situationen oder wenn andere Instrumente nicht ein-

setzbar sind. Die dauerhafte Aktivierung der Zielgruppen sowie die Einhaltung einer kritischen Distanz zur Zielgruppe sind entscheidend für den Erfolg. Positive Beispiele: Netzwerke zu ausgewählten erneuerbaren Energien. Negative Beispiele: Hohe Konkurrenz innerhalb der Zielgruppe, beispielsweise Automobilindustrie.

Für eine effektive Politikgestaltung ist in den meisten Fällen eine Kombination von Instrumenten notwendig. Typischerweise müssen gesetzliche Vorgaben mit Beratung verbunden sein, um Wege zur Zielerreichung aufzeigen zu können. Auch die Vergabe von Subventionen muss zwingend durch eine Information- und Beratungstätigkeit begleitet werden, um die Reichweite des Instruments zu erhöhen und den Mitnahmeeffekt zu verringern.

Von einer direkten Kombination von gesetzlichen Vorgaben und finanziellen Anreizen ist jedoch abzuraten. Die Subvention eines Verhaltens, das vom Gesetz vorgeschrieben ist, ist weder effizient noch gerecht. Finanzielle Unterstützung sollte daher nur angeboten werden für Leistungen, die über die gesetzlichen Vorgaben hinausgehen.

Folgende Punkte sind daher unerlässlich für die Gestaltung einer wirksamen Energie- und Klimapolitik:

- Die einzelnen Instrumente müssen evidenzbasiert ausgestaltet werden, d.h. sich auf das bestehende Wissen und vorliegende Evaluationen abstützen.
- Es ist ein Mix an Instrumenten anzustreben, um die Reichweite zu erhöhen, Synergien zu nutzen und eine breitere Abdeckung von Inhalten zu ermöglichen.
- Die Kontinuität und Langfristigkeit muss gewährleistet sein, um die Akzeptanz und Investitionssicherheit zu erhöhen. Dies schliesst nicht aus, dass einzelne Instrumente wie eine kos-



tendeckende Einspeisevergütung nur während eines begrenzten Zeitraums eingesetzt werden. Perioden von fünf bis zehn Jahren haben sich jedoch als wirksamer erwiesen als Perioden unter fünf Jahren.

- Es braucht quantifizierbare bzw. beurteilbare Ziele, die laufend angepasst werden. Dies erleichtert und verbessert die Steuerung.
- Die Zielgruppen sind genau zu definieren, um Streuverluste und Misserfolge zu vermeiden.
- Es braucht ein regelmässiges Monitoring, um die Wirksamkeit der Massnahmen zu überprüfen und ihre Stärke und Umsetzung allenfalls anzupassen.

Zum heutigen Zeitpunkt werden bereits bestehende klima- und energiepolitische Instrumente ungenügend umgesetzt und wirken zu wenig zielführend. Hier besteht ein grosses Verbesserungspotenzial.

12.2 Der Vorschlag der ETS-Kerngruppe für die zehn entscheidenden Massnahmen

Die ETS-Kerngruppe ist sich bewusst, dass eine umfassende Energiepolitik ein ganzes Massnahmenpaket beinhalten muss. Er

möchte im Rahmen dieser Energie-Strategie jedoch zehn Instrumente ins Zentrum stellen, die eine besonders grosse Wirksamkeit entfalten können und deren politische Umsetzbarkeit innerhalb nützlicher Frist als realistisch erachtet wird. Die Auswahl dieser Instrumente hat er im Rahmen eines iterativen Prozesses aufgrund von umfassenden Analysen und Expertengesprächen getroffen.¹¹⁷ Die ETS-Kerngruppe ist sich im Klaren, dass der Neuigkeitsgehalt dieser Vorschläge beschränkt ist. Gleichzeitig soll diese Gewichtung jedoch ermöglichen, die wesentlichen Massnahmen richtig und in kurzer Frist umzusetzen, sodass die Massnahmen innerhalb der nächsten fünf bis zehn Jahre ihre zielführende Wirkung entfalten können.

Folgende zehn Massnahmen sollen in den nächsten fünf Jahren umgesetzt, bzw. deren Umsetzung initiiert werden:

1. Einheitlicher Preis für CO₂

Diese Massnahme trägt zu Strategie 1 (Marktordnung verbessern), Strategie 2 (Energieeffizienz steigern), Strategie 3 (Erneuerbare ausbauen), Strategie 4 (Fossile und nicht-erneuerbare Ressourcen reduzieren), Strategie 5 (Innovationsdynamik stärken) und Strategie 6 (Internationales Engagement verstärken) bei.

Sämtliche CO₂-Emissionen, die durch die Nutzung von nicht-erneuerbaren Energieträgern produziert werden, sollen einen Preis erhalten. Dabei ist für Europa oder die Welt grundsätzlich ein einheitlicher Preis für CO₂ über sämtliche Energieträger anzustreben.¹¹⁸ Der Preis muss über die Definition eines Caps oder mittels einer progressiven Erhöhung so hoch zu liegen kommen, dass die angestrebte CO₂-Reduktion erreicht wird.

Anzustreben ist ein europäisches oder globales CO₂-Handelssystem, welches sämtliche Energieverbraucher einschliesst. Ein solcher Emissionsmarkt braucht ein klar definiertes Einzugsgebiet sowie transparen-

¹¹⁷ Rieder und Walker 2009, Akademien der Wissenschaften Schweiz 2007, Allianz für eine verantwortungsvolle Klimapolitik 2008, BFE 2007a, BFE 2007b, mündliche Mitteilungen von Stefan Rieder, Interface, und Stefan Hammer, Infrac.

¹¹⁸ Je nach Entwicklung der Märkte werden in der Realität jedoch zumindest mittelfristig Abweichungen zwischen den CO₂-Preisen verschiedener Energieträger und Weltregionen zu beobachten sein.

te Spielregeln und Prüfmechanismen. Die Schweiz engagiert sich für ein solches System und strebt proaktiv eine vollständige Integration in ein solches System an.

Solange die aktuellen CO₂-Handelssysteme noch nicht optimal funktionieren und nur einen geringen Teil der CO₂-Emittenten einschliessen, ist die CO₂-Besteuerung über Lenkungsabgaben auf Brenn- und Treibstoffe sowie im Inland fossil-thermisch erzeugten Strom weiterzuführen und auszubauen. Die Höhe der Abgaben soll an deren Lenkungsziel angepasst werden, wie dies heute bei der CO₂-Abgabe auf Brennstoffe bereits praktiziert wird. Die Besteuerung erfolgt auf sämtliche Energieträger bzw. -erzeugungsanlagen, die CO₂-Emissionen im Inland verursachen. Die Abgaben sollen vollumfänglich rückverteilt werden über gleich hohe Beiträge an sämtliche Einwohner und Rabatte bei den Sozialabgaben der Unternehmen. Für Branchen bzw. Unternehmen, die auf dem internationalen Markt agieren oder durch diesen konkurrenzieren, sind Sonderregelungen wie z. B. die heutigen EnAW-Zielvereinbarungen und Befreiungsmöglichkeiten vorzusehen.

Es sind somit jährliche Frachtziele für die CO₂-Reduktion im Inland entsprechend dem ETS-Reduktionsziel von mindestens 25 % bis 2020 festzulegen.¹¹⁹ Die Zielerreichung soll periodisch überprüft und die Abgabe gemäss effektiver Zielerreichung angepasst werden. Müssen die ETS-Ziele alleine durch diese Massnahme 1 erreicht werden, so würde dies das Schweizer Energiepreisniveau im Laufe der Zeit deutlich über die Nachbarländer ansteigen lassen. Die Massnahmen 2 bis 10 sind deshalb wichtig, um die Zahl der Abgabesatzerhöhungen zu reduzieren resp. optimieren.

Gleichzeitig sichert Massnahme 1, dass die gesetzten Energie- und Klimaziele erreicht werden können.¹²⁰

2. Energetische Zielwerte für Neubauten und Sanierungen

Diese Massnahme trägt insbesondere zu Strategie 2 (Energieeffizienz steigern), Strategie 4 (Fossile und nicht-erneuerbare Ressourcen reduzieren) und Strategie 5 (Innovationsdynamik stärken) bei.

Neubauten dürfen nur noch 48 kWh pro Quadratmeter Wohnfläche an Wärmeenergie verbrauchen und deren Wärmedämmwerte, sowie Heizungs-, Lüftungs- und Kühlungssysteme müssen dem Baustandard Minergie oder einem vergleichbaren Standard entsprechen. Bis 2020 gibt es eine graduelle Verschärfung der Anforderungen hin zum Baustandard Minergie-P (30 kWh pro Quadratmeter Wohnfläche) oder einem vergleichbaren Standard. Bei umfassend sanierten Gebäuden gelten rund 90 kWh pro Quadratmeter Wohnfläche, und die Wärmedämmwerte entsprechen den Vorgaben der Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE) (Art. 1.6, 2008). Im Rahmen der nächsten Revision der MuKE wird auch bei Sanierungen eine Verschärfung der Norm angestrebt.

3. Förderprogramm für Gebäudesanierungen

Diese Massnahme trägt insbesondere zu Strategie 2 (Energieeffizienz steigern), Strategie 4 (Fossile und nicht-erneuerbare Ressourcen reduzieren) und Strategie 5 (Innovationsdynamik stärken) bei.

Sanierungen und Erneuerungsbauten, deren Energiekennzahlen höher liegen als der Mindeststandard, werden in erster Priorität mit finanziellen Mitteln im Rahmen der Konjunkturförderung oder eines spe-

Der ETS konzentriert sich in seinem Vorschlag auf Instrumente, die eine besonders grosse Wirkung erzielen und realisierbar sind.

¹¹⁹ Im Gegensatz zum Vorschlag des Bundesrates im Rahmen der Botschaft zur CO₂-Gesetz-Revision vom 26.8.09 fordert die ETS-Kerngruppe eine vollständige Reduktion der CO₂-Emissionen im Inland. Gemäss Gesetzesentwurf des Bundesrats dürfen bis zur Hälfte der zu erreichenden Emissionsverminderungen im Ausland durchgeführt werden.

¹²⁰ Ein Mitglied der ETS-Kerngruppe spricht sich für eine modifizierte Fassung der Massnahme 1 aus: Soweit der Zertifikatshandel und die nachfolgenden Massnahmen 2–8 (insbesondere Massnahme 4) effektiv nicht ausreichen, um den angestrebten CO₂-Senkungspfad einzuhalten, ist für die Zielerreichung die CO₂-Lenkungsabgabe auf Brennstoffe weiterzuführen bzw. auszubauen und eine CO₂-Lenkungsabgabe auf Brenn- und Treibstoffe sowie im Inland fossil-thermisch erzeugten Strom einzuführen.



zifischen Gebäudeförderungsprogramms unterstützt. Ein entsprechendes Impulsprogramm mit genügend hohen, aber degressiven Förderbeiträgen während einer festen Dauer von zehn Jahren soll eine markante Beschleunigung im Erneuerungsbau und bei Sanierungen bringen. Der Bund soll daher sein aktuelles Förderprogramm ab 2010 um 200 Mio. CHF pro Jahr aufstocken, um die kantonalen und kommunalen Bemühungen zu ergänzen. Zudem ist eine bessere Koordination der Initiativen auf den verschiedenen Ebenen unerlässlich. Aufgrund vorliegender Untersuchungen wird klar, dass Bauteilsubventionen alleine nicht ausreichen, um jährlich die ca. 40 000 Häuser zu sanieren, die der ETS-Zielsetzung entsprechen, da hierzu wesentlich mehr Fördergelder nötig werden. Deshalb muss das Wissen bei Bauherren, Bauverwaltern, Architekten, Planer und Handwerkern durch ein Impulsprogramm «Energetisch sanieren» in der ganzen Breite weitergegeben werden und eine grössere Zahl von Energieberatern ausgebildet werden, die neben technischem Wissen auch finanzielles Know-how anbieten können. Insgesamt sollten diese Angebote auf einfache Weise zugänglich gemacht werden.

4. Übernahme der EU-Emissionsvorschriften im Verkehr

Diese Massnahme trägt insbesondere zu Strategie 2 (Energieeffizienz steigern), Strategie 4 (Fossile und nicht-erneuerbare Ressourcen reduzieren) und Strategie 5 (Innovationsdynamik stärken) bei.

Die Schweiz übernimmt die Vorschriften der EU bezüglich Treibstoffverbrauch der Neuwagenflotte, d.h. 130 g CO₂/km bis 2015 sowie voraussichtlich 95 g CO₂/km bis 2020. Dabei orientiert sie sich an den fortschrittlichsten Ländern. Diese Grenzwerte entsprechen gemäss dem gegenwärtigen Stand der Technik einem Verbrauch von 4,91 l Diesel oder 5,49 l

Benzin pro 100 km bis 2015 bzw. 3,58 l Diesel oder 3,99 l Benzin pro 100 km bis 2020. Zur Implementierung empfiehlt die ETS-Kerngruppe ein System mit handelbaren Zertifikaten auf der Ebene der Importeure.¹²¹

5. Förderung der Energieeffizienz im Verkehr

Diese Massnahme trägt insbesondere zu Strategie 2 (Energieeffizienz steigern), Strategie 4 (Fossile und nicht-erneuerbare Ressourcen reduzieren) und Strategie 5 (Innovationsdynamik stärken) bei.

Die Steigerung der Energieeffizienz im Verkehr lässt sich insbesondere über zwei Wege erreichen: erstens die steigende Elektrifizierung des Privatverkehrs und zweitens die stärkere Verlagerung des Privat- sowie des Güterverkehrs auf die Schiene. Voraussetzung bildet ein attraktives Angebot mit einer leistungsfähigen Bahninfrastruktur und einer optimalen Vernetzung, insbesondere zwischen dem individuellen elektrifizierten Agglomerationsverkehr und dem öffentlichen Verkehr von der ersten bis zur letzten Meile. Die Planung und Realisierung entsprechender Infrastrukturvorhaben, insbesondere von Umsteigeknotenpunkten, muss allerdings aufgrund der langen Planungs-, Genehmigungs- und Realisierungszeiten bereits jetzt an die Hand genommen und von der öffentlichen Hand gefördert werden. Im Güterverkehr sind die bisherigen Instrumente wie leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (LSVA), Treibstoffzölle und Trassenpreisverbilligungen beizubehalten und nach Möglichkeit auszubauen.

6. Steigerung der Stromeffizienz

Diese Massnahme trägt insbesondere zu Strategie 2 (Energieeffizienz steigern), Strategie 4 (Fossile und nicht-erneuerbare Ressourcen reduzieren) und Strategie 5 (Innovationsdynamik stärken) bei.

Abgestimmt auf die Vorgaben in der EU

¹²¹ Damit könnten gemäss aktuellen Informationen des Departements Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation die CO₂-Emissionen gegenüber dem BFE-Referenzszenario im Jahre 2020 um 1,9 Mio. t CO₂ tiefer liegen (vgl. UVEK 2009).

sind energetische Mindestanforderungen für Lampen sowie elektrische und elektronische Geräte festzulegen und stufenweise zu verschärfen. In einem ersten Schritt hat der Bundesrat am 24. Juni 2009 beschlossen, Mindeststandards festzulegen, welche rund 1 TWh Stromersparung bei vergleichbarer Gerätezahl und -art bis 2020 erwarten lassen. Aktuelle Studien weisen auf deutlich weiterführende Potenziale hin, beispielsweise über die Ausweitung der Standards auf weitere Gerätekategorien.¹²² Zusätzlich sind weitere Instrumente einzuführen und so auszugestalten, dass die Szenario-Werte 2035 und 2050 gemäss ETS-Szenario beim Stromverbrauch erreicht werden können. Zu diesen Instrumenten gehören u.a. Grossverbrauchermodelle mit Effizienzboni, Vorschriften für den Ersatz elektrischer Widerstandsheizungen, Anreize für den Ersatz ineffizienter Geräte, hinreichend geäußerte Stromsparmassnahmen zur wettbewerblichen Ausschreibung von Effizienzmassnahmen sowie die Verpflichtung zu Energiepotenzialanalysen und zum Einsatz von Monitoringinstrumenten. Die ETS-Kerngruppe beabsichtigt, dieses Thema in einer weiteren Phase vertieft zu diskutieren.

7. Ausbau der zeitlich begrenzten und degressiven Einspeisevergütung für erneuerbare Energien

Diese Massnahme trägt insbesondere zu Strategie 3 (Erneuerbare ausbauen) und Strategie 5 (Innovationsdynamik stärken) bei.

Die Mittel für die Einspeisevergütung für erneuerbare Energien sind zu erhöhen. Gleichzeitig ist sie jedoch konsequent auf zehn Jahre hinaus degressiv auszugestalten. Es sind klare und transparente Anmelde- und Vergabekriterien zu definieren, die wirtschaftliche, soziale und ökologische Aspekte berücksichtigen. Für die Verteilung

der Gelder zwischen den Technologien soll kein fester Schlüssel gelten, sondern es soll ein transparenter Wettbewerb nach klaren Entscheidungskriterien spielen. Dieser Ansatz erlaubt es, die Markteinführung jener Technologien zu beschleunigen, die nahe an der Wirtschaftlichkeit sind. Das Programm soll so ausgestaltet und alimentiert werden, dass der heute sichtbare Zubaupfad von 2009 bis 2011 auch nach 2012 gemäss den Zielvorgaben der ETS-Kerngruppe weitergeführt werden kann und den vom Parlament bewilligten Mitteln entspricht.

8. Stärkung der Innovationsdynamik über Forschung und Risikokapital

Diese Massnahme trägt insbesondere zu Strategie 5 (Innovationsdynamik stärken) bei.

Eine nachhaltige und wettbewerbsorientierte Energie-Strategie bedeutet, dass Innovationen in technischen, betriebswirtschaftlichen und institutionellen Bereichen beschleunigt werden. Die Schweiz forciert dazu einen Ausbau der Forschung und Entwicklung im Energiebereich in enger Zusammenarbeit mit Partnern aus der Praxis, und zwar auf drei Ebenen:

A) Neues KTI-Programm «Energie»:¹²³

Es soll analog zum KTI-Modell ein Fonds zur Förderung der Forschung und Entwicklung in Kooperationsprojekten zwischen Hochschulen und Unternehmen geschaffen werden. Das Programm ist mit jährlich rund 100 Mio. CHF auszustatten. Schwerpunktthemen sind: effizienzsteigernde Technologien, Weiterentwicklung der erneuerbaren Energien, Gebäudesanierungen, etc.

B) Ausbau der Grundlagenforschung zu Energie: Die Schweiz baut die Beiträge an die Grundlagenforschung im Bereich Energie in den

¹²² WWF 2009a

¹²³ Die KTI ist die Förderagentur für Innovation des Bundes. Sie fördert seit über 60 Jahren den Wissens- und Technologietransfer zwischen Unternehmen und Hochschulen. Sie verknüpft Partner aus beiden Bereichen in Projekten angewandter Forschung und Entwicklung und unterstützt den Aufbau von Start-ups.



nächsten zehn Jahren um 50 % aus, d.h. von heute rund 160 Mio. auf 240 Mio. CHF pro Jahr. Dies soll auch zu einem deutlichen Ausbau der internationalen Kooperation beitragen.

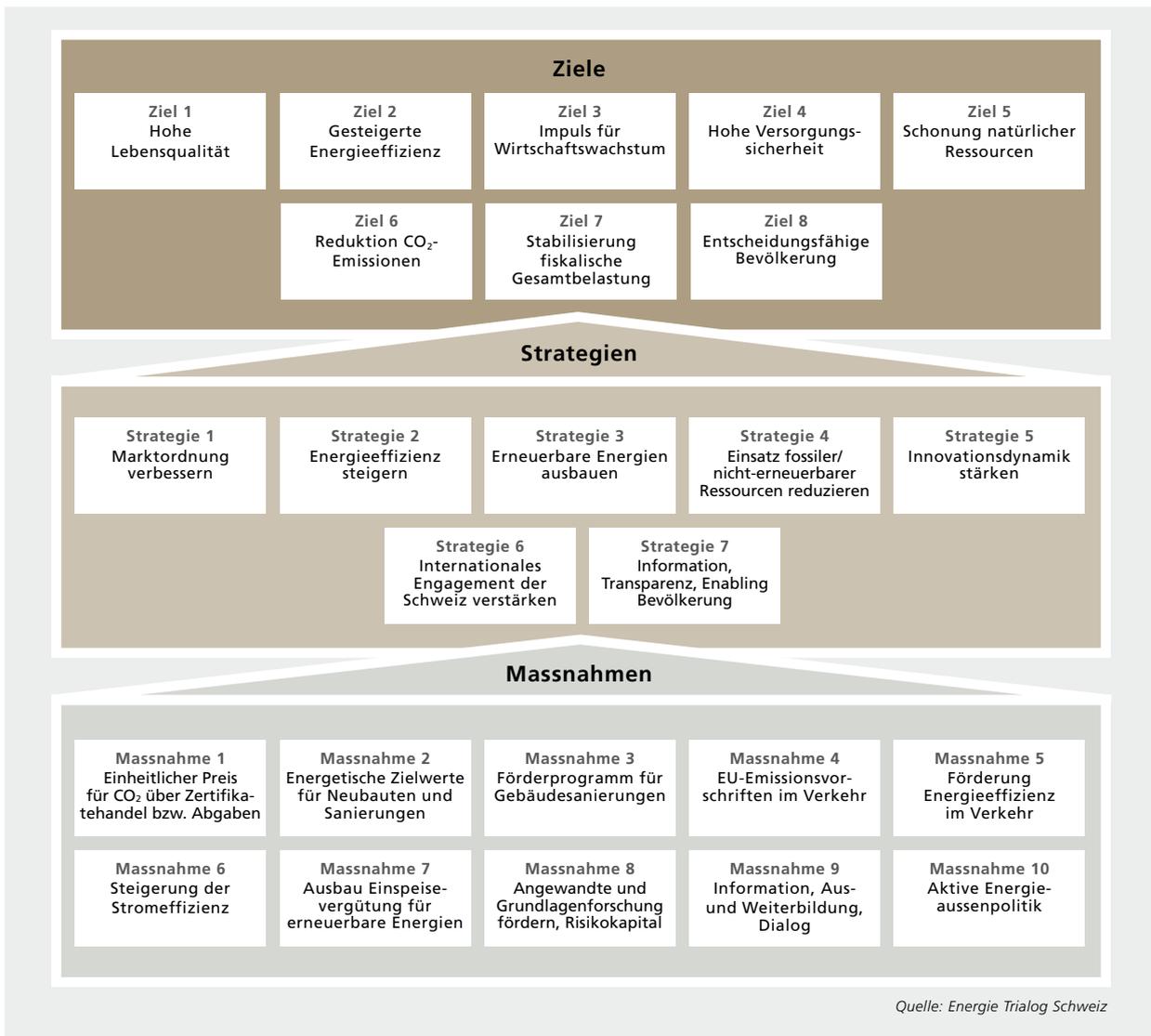
C) Fiskalische und institutionelle Rahmenbedingungen für Risikokapital verbessern: Die fiskalischen und institutionellen Rahmenbedingungen für den Risikokapitalmarkt in den Bereichen saubere und intelligente Energietechnologien sind zu verbessern.

9. Information, Aus- und Weiterbildung, Dialog

Diese Massnahme trägt insbesondere zu Strategie 7 (Information, Transparenz, Enabling) bei.

Die rasche Ausbreitung von Technologien sowie organisatorischen und betriebswirtschaftlichen Innovationen hängt massgeblich vom Netz an Beratungsleistungen im Markt ab. Die Hochschulen sollen in der Aus- und Weiterbildung die Vermittlung der Grundlagen für diese Beratungstätigkeit intensivieren, die Gemeinde- und

Abb. 29 Die vorgeschlagenen Ziele, Strategien und Massnahmen der ETS-Kerngruppe



Kantonsbehörden, aber auch private Netzwerke ihre praktische Anwendung aktiv fördern. Ebenso wichtig ist der Aufbau des Wissens in der Gesellschaft, insbesondere bei der jungen Bevölkerung. Auf allen Ausbildungsstufen soll eine vertiefte und attraktive Auseinandersetzung mit dem Thema Energie stattfinden.

10. Aktive Energieaussenpolitik

Diese Massnahme trägt insbesondere zu Strategie 6 (Internationales Engagement verstärken) bei.

Die Schweiz setzt sich im Rahmen der United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) für ein ambitioniertes globales Klimaschutzabkommen ein (2-Grad-Szenario). Sie beteiligt sich gleichzeitig aktiv an der weiteren Ausgestaltung des europäischen Energiemarktes sowie am Ausbau des europäischen Emissionshandelssystems. Sie setzt im Rahmen der Verhandlungen mit der EU alles daran, ihre Position im Klima- und Energiebereich zu stärken. Insbesondere gilt es die Langfristverträge mit Frankreich zwecks priorisiertem Stromimport auf deren Laufzeit zu sichern. Energieaussenpolitik ist in diesem Sinne auch Klima- und Wirtschaftsaussenpolitik: Die zielorientierte Koordination der aussenpolitischen Bemühungen ist von grösster Bedeutung für die Schweiz.

12.3 Volkswirtschaftliche Folgen der Energie-Strategie: Kosten oder Investitionen?

Inwiefern können die zehn Massnahmen ohne zusätzliche fiskalische Nettobelastung für den Einzelnen und ohne Erhöhung der Staatsquote umgesetzt werden? Inwiefern bewirken diese Massnahmen Kosten und inwiefern sind es Investitionen, die sich volkswirtschaftlich auszahlen? Eine grobe Einschätzung zeigt Folgendes:

M1 (Einheitlicher Preis für CO₂ über Zertifikatehandel bzw. Abgaben) ist bei vollständiger Rückzahlung an die Gesellschaft fiskalneutral. M2 (Energetische Zielwerte für Neubauten und Sanierungen), M4 (EU-Emissionsvorschriften) und M6 (Steigerung der Stromeffizienz), welche Veränderungen über die Festlegung von Normen auslösen, können kurzfristig eine höhere fiskalische Belastung bewirken. Diese zahlt sich aber mittelfristig aus durch die Einsparung von Energiekosten. Die Geschwindigkeit des Pay-backs ist abhängig von der Entwicklung der Energiepreise und der konkreten Ausgestaltung der Massnahmen.

M9 (Aus- und Weiterbildung) und M10 (Aktive Energieaussenpolitik) dürften keine fiskalische Mehrbelastung bewirken, da sie über Prioritätsverschiebungen in bestehenden Budgets finanziert werden.

M3 (Förderprogramm für Gebäudesanierungen), M7 (Ausbau Einspeisevergütung für erneuerbare Energien) und M8 (Angewandte- und Grundlagenforschung fördern, Risikokapital) werden kurzfristig eine fiskalische Mehrbelastung auslösen, die zeitlich klar begrenzt sein muss. In der Regel ist eine Wirkungszeit von fünf bis zehn Jahren hinreichend. Bei den Einspeisevergütungen wird diese aufgrund der Bindung an die Lebensdauer der Anlagen etwas höher liegen. Die Massnahmen 3, 7 und 8 sollen einen starken Impuls im Sinne von Investitionen und Innovationen auslösen, der sich mittel- und langfristig in einer gestärkten Wettbewerbsfähigkeit der Schweiz mit positiver Wirkung auf das BIP niederschlagen wird.

M5 (Förderung Energieeffizienz im Verkehr) ist schliesslich im Rahmen der öffentlichen Infrastrukturprogramme von Bund und Kantonen anzugehen. Teilweise kann die Finanzierung über Verlagerungen in bestehenden Budgets geschehen, teilweise werden aber zusätzliche Investitionskosten vorübergehend zu einer fiskalischen Mehrbelastung führen können.



Teil V

Fazit: Zukunft gestalten

Der Weg zur nachhaltigen und wettbewerbsfähigen Energieversorgung ist lang. Reichen unsere Kräfte dazu aus? Oder bleiben wir auf halber Strecke stehen? Können wir uns auf ein gemeinsames Vorgehen einigen – oder verharren wir in der Blockade des kurzfristigen Denkens? Was muss sich in unseren Köpfen heute ändern, damit wir morgen am gewünschten Ort ankommen?

13 Ein starker und gemeinsam getragener Vorschlag

Die gesetzten Ziele für 2020 können mit den vorgeschlagenen Massnahmen erreicht werden. Für eine vollständige Zielerreichung 2035 und 2050 ist bereits heute die Diskussion um weitere Massnahmen zu lancieren.

Die von der Kerngruppe definierten Ziele, Strategien und Massnahmen bedeuten einen tiefgreifenden Umbau zugunsten eines nachhaltigen und wettbewerbsfähigen Energiesystems Schweiz. Die abschliessende Frage lautet: Sind die aufgezeigten Strategien und Massnahmen kräftig genug, um die anspruchsvollen Ziele bis 2050 zu erreichen? Oder, falls eine Lücke zur Zielerreichung besteht, welche zusätzlichen Anstrengungen wären für eine vollständige Zielerreichung notwendig?

Wie die vorangehenden Kapitel aufzeigen, konnte sich die ETS-Kerngruppe einerseits auf weitreichende Ziele für 2035 und 2050 einigen (vgl. Kap. 10). Ausgehend von diesen Zielen hat sie anspruchsvolle und doch realistische Strategien definiert bezüglich Effizienzsteigerungen und dem Ausbau erneuerbarer Energien in den Jahren 2035 und 2050 (vgl. Kap. 11). Und sie hat eine Einschätzung in Bezug auf den Stromhandel getroffen (vgl. Kap. 7.1). Für die Umsetzung der Strategie in die Richtung der definierten Szenarien hat die ETS-Kerngruppe ein Set der zehn wichtigsten Massnahmen definiert, die innerhalb der nächsten fünf Jahre realisiert oder eingeleitet sein müssen (vgl. Kap. 12). Welche Zielerreichung ist damit für die Schweiz aus eigener Anstrengung möglich?

13.1 Zielerreichung im Überblick

Die ETS-Kerngruppe ist sich einig, dass die gesteckten energie- und klimapolitischen Ziele bis 2020 vollständig erreichbar sind,

wenn die zehn vorgeschlagenen Massnahmen zielführend ausgestaltet sowie rasch und konsequent umgesetzt werden. Zudem müssen in einer Anfangsphase genügend Mittel für Anreize zur Verfügung stehen. Sie ist sich jedoch bewusst, dass diese Zielerreichung grosse Anstrengungen voraussetzt. Verschiedene aktuelle Studien zeigen, dass dieser strategische Vorschlag positive Impulse auf die Wettbewerbsfähigkeit der Schweiz auslösen dürfte (vgl. Kap. 9).

Für die Jahre 2035 und 2050 zeigen die aktuellen Abschätzungen, dass mit dem vorgeschlagenen Massnahmenpaket eine weitgehende, aber keine vollständige Zielerreichung möglich ist. Aus diesem Grund muss bereits ab heute diskutiert werden, wie das vorgeschlagene Massnahmenpaket weiterentwickelt werden kann.

Als Erstes soll die Zielerreichung von drei wichtigen, messbaren Zielen im Detail analysiert werden. Diese drei Ziele – die effizientere Nutzung der Energie, der Ausbau der erneuerbaren Energien sowie die Reduktion der CO₂-Emissionen – können wie folgt erreicht werden:

- **Steigerung der Energieeffizienz (Ziel 2):** Verglichen mit der ETS-Referenzentwicklung ist eine markant stärkere Entkoppelung des Energieverbrauchs vom Bruttoinlandprodukt (BIP) möglich. Der Endenergieverbrauch pro BIP-Einheit sinkt im Referenzszenario von heute 1,9 (840 PJ / 441 Mrd. CHF) auf 1,2 (866 PJ / 716 Mrd. CHF) im Jahr 2050. Im ETS-Szenario ist eine Senkung

Die ETS-Strategie löst positive Impulse auf die Wettbewerbsfähigkeit aus.



Um die Ziele zu erreichen, braucht es eine langfristig verbindliche politische Verpflichtung.

bis auf 0,85 (607 PJ / 716 Mrd. CHF) im Jahr 2050 möglich. Dies bedeutet eine Senkung der Endenergieintensität um rund 55 % bis 2050 und entspricht einer vollständigen Zielerreichung. Bis 2035 ist mit dem ETS-Szenario bereits eine Senkung um 42 % möglich, d.h. eine Senkung auf 1,1 (694 PJ / 628 Mrd. CHF).

- **Ausbau der erneuerbaren Energien (Strategie 3):** Die Energiebereitstellung für Wärme, Treibstoffe und Strom aus erneuerbaren Energien inklusive Grosswasserkraft kann – bei gleichzeitiger Senkung des Gesamtenergiebedarfs – bis 2035 gegenüber heute um 50 % gesteigert werden, bis 2050 resultiert gegenüber heute nahezu eine Verdoppelung. Erneuerbare Energien können so im Jahre 2035 rund 35 % und im Jahre 2050 rund 55 % der Energienachfrage decken. Heute sind es 20 %.
- **Reduktion der CO₂-Emissionen (Ziel 6):** Die ETS-Kerngruppe hat sich – in Anlehnung an den IPCC-Bericht – das Ziel gesetzt, die inländischen CO₂-Emissionen bis 2020 um mindestens 25 % zu reduzieren. Bis 2035 soll eine Absenkung um 50 %, bis 2050 um mindestens 80 % erfolgen. Nach Einschätzung der ETS-Kerngruppe können aufgrund der Effizienzsteigerungen und dem Ausbau der erneuerbaren Energien

die CO₂-Emissionen im Vergleich zu 1990 bis 2020 ohne Auslandkompensationen um 25 % gesenkt werden. Das Ziel 2020 ist somit vollständig erreichbar. Voraussetzung ist, dass die entsprechenden Massnahmen zielführend ausgestaltet sowie rasch und konsequent umgesetzt werden. Angesichts der aktuellen politischen Lage wird von einem Teil der ETS-Kerngruppe jedoch Skepsis geäussert, ob die rasche und konsequente Umsetzung zeitgerecht erfolgen kann. Eine Zielerreichung von mindestens 20 % im Inland ist jedoch auf jeden Fall realistisch mit dem vorgeschlagenen Massnahmenpaket. Bis 2035 ist eine Senkung der CO₂-Emissionen um 40 % möglich, bis 2050 eine Reduktion um 65 %. Diese Absenkpfade sind ohne Kompensationsmöglichkeiten im Ausland erreichbar. Für 2035 und 2050 werden die gesetzten Ziele von 50 % bzw. mindestens 80 % somit weitgehend, aber nicht vollständig erreicht. Mögliche Ansatzpunkte für eine vollständige Zielerreichung hat die ETS-Kerngruppe insbesondere im Gebäudebereich und bei der Mobilität identifiziert (vgl. Kap. 13.2). Die ETS-Kerngruppe konnte sich jedoch zum aktuellen Zeitpunkt jedoch nicht auf konkrete Massnahmen einigen, um diese Potenziale nach 2020 auch noch zu erschliessen.

Diese Entwicklungen haben voraussichtlich deutliche positive, wenn auch nicht im Detail messbare Effekte auf die Erreichung weiterer Ziele:

- **Schonung der natürlichen Ressourcen (Ziel 5):** Die starke Effizienzsteigerung der Energienutzung und der Ausbau der erneuerbaren Energien tragen gemeinsam zur Schonung der natürlichen, nicht-erneuerbaren Ressourcen bei.

- **Reduktion der Auslandabhängigkeit (Ziel 4):** Der steigende Grad an Eigenversorgung mit Wärme und Treibstoffen durch erneuerbare Energien, die starken Effizienzsteigerungen sowie gezielte Substitutionen reduzieren die Auslandabhängigkeit und steigern die Versorgungssicherheit allgemein, aber insbesondere bezüglich fossiler Energieträger.
- **Deckung der zukünftigen Stromnachfrage (Ziel 4):** Das inländische Angebot an Strom aus erneuerbaren Energien kann deutlich gesteigert werden. Im Elektrizitätsbereich werden gleichzeitig deutliche Effizienzsteigerungen stattfinden. Das Angebot an Strom aus konventioneller Produktion wird in den nächsten Jahren deutlich sinken, da nach heutigem Wissen die privilegierten Importe aus Frankreich nicht verlängert werden können und falls die Kernkraftanlagen nicht ersetzt werden können. Die Kombination all dieser Faktoren führt dazu, dass die Stromnachfrage im Jahr 2035 noch zu rund 85 % durch die inländische Produktion gedeckt werden kann, im Winterhalbjahr zu rund 80 %. 2050 sinken diese Werte auf drei Viertel für das ganze Jahr und zwei Drittel für das Winterhalbjahr. Eine Unterdeckung in dieser Größenordnung läuft dem Ziel der Versorgungssicherheit zuwider.
- **Impulse für Wirtschaftswachstum (Ziel 3):** Der Innovationsschub, der für den Umbau des Energiesystems in die skizzierte Richtung notwendig ist, dürfte sich mittel- und langfristig positiv auf die Wettbewerbsfähigkeit der Schweiz auswirken (vgl. Kap. 9.1).¹²⁴
- **Hohe Lebensqualität und entscheidungsfähige Bevölkerung:** Indirekt werden durch diese grund-

sätzlich positiven Wirkungen auch die Erreichung der Ziele 1 (Erhaltung einer hohen Lebensqualität) sowie 8 (Entscheidungsfähige Bevölkerung) unterstützt. Die Wirkungsrichtung ist klar richtig, zur Wirkungsintensität kann allerdings nichts Genaueres gesagt werden.

Die ETS-Kerngruppe ist sich bewusst, dass entscheidende Rahmenbedingungen erfüllt sein müssen, um diese weitgehende Zielerreichung in die Realität umzusetzen. Es braucht ein starkes und langfristig verbindliches politisches Engagement, welches erlaubt, die notwendigen Regulierungen, Normen und Anreizsysteme auf vertrauenswürdige und effektive Weise und in nützlichen Fristen zu etablieren. Und es braucht zu Beginn während einer Beschleunigungsphase auch erhebliche zusätzliche finanzielle Mittel, um Anreizsysteme so auszugestalten, dass sie effektiv Wirkung zeigen. Dieser Mitteleinsatz darf aber nur befristet erhöht werden, mittelfristig darf keine erhöhte nettofiskalische Belastung resultieren.

Wie kann nun aber auch mittelfristig eine vollständige Zielerreichung noch realisiert werden? Die ETS-Kerngruppe will an den festgelegten Zielen festhalten. Und sie beabsichtigt gleichzeitig, den Energie Dialog Schweiz in einer zweiten Phase weiterzuführen, um zusätzliche gemeinsam getragene Lösungsansätze zu entwickeln. Diese können in verschiedenen Bereichen diskutiert und konkretisiert werden:

- die globale Weiterentwicklung von Technologien und Innovationen, die heute noch nicht als marktnahe eingestuft werden;
- Veränderungen der externen und internen Rahmenbedingungen, z. B. im CO₂-Zertifikatsmarkt;
- eine systematische und rasche Auswertung der Erfahrungen, die mit



*Bis 2020
können die
CO₂-Emissionen
der Schweiz um
25 % gesenkt
werden.*

energie- und klimapolitischen Massnahmen im OECD-Raum gemacht wurden, sowie die Ableitung von Folgerungen für die fortlaufend bessere Ausgestaltung der Massnahmen in der Schweiz.

Die dynamische Auseinandersetzung mit solchen und weiteren Trends schafft die Erwartung, dass sich weitere neue Ideen konkretisieren und die Energie- und Klimapolitik anreichern werden. Insbesondere muss dabei die Systemgrenze Schweiz, die diesen Bericht prägt, auf europäische und weltweite Zusammenhänge und entsprechende internationale Lösungsansätze ausgeweitet werden.

In den folgenden Kapiteln sollen jene zwei Ziele näher beleuchtet werden, die im Zentrum der aktuellen Debatte stehen: das CO₂-Reduktionsziel (Kap. 13.2.) sowie die künftige Sicherstellung der Stromversorgung (Kap. 13.3.).

13.2 Das CO₂-Reduktionsziel

Ein zentraler Punkt im Zusammenhang mit den Post-Kyoto-Verhandlungen und der Diskussion rund um das neue CO₂-Gesetz der Schweiz ist die Festlegung eines realistischen CO₂-Reduktionsziels.

Die ETS-Kerngruppe hat sich bei ihrer Zielsetzung an den IPCC-Werten orientiert und für die Schweiz drei explizite Ziele formuliert. Bis im Jahr 2020 sollen die inländischen Treibhausgas-Emissionen um mindestens 25 % reduziert werden, bis im Jahr 2035 um rund 50 % (Basisjahr: 1990). Im Jahr 2050 soll sich die Reduktion auf mindestens 80 % belaufen. Nach Einschätzung der ETS-Kerngruppe können aufgrund der Effizienzsteigerungen und des Ausbaus der erneuerbaren Energien die CO₂-Emissionen bis 2020 ohne Auslandkompensationen um 25 % gesenkt werden (Basisjahr 1990). Das Ziel 2020 ist somit vollständig erreichbar.

Voraussetzung ist, dass die entsprechenden Massnahmen zielführend ausgestaltet sowie rasch und konsequent umgesetzt werden. Angesichts der aktuellen politischen Lage wird von einem Teil der ETS-Kerngruppe jedoch Skepsis geäussert, ob die rasche und konsequente Umsetzung zeitgerecht erfolgen kann. Einig ist man sich jedoch, dass auf jeden Fall eine Zielerreichung von mindestens 20 % im Inland realistisch ist. Die mögliche Zielerreichung im Jahr 2020 allein durch inländische Massnahmen liegt somit in jedem Fall deutlich über den Zielsetzungen des Bundesrats für 2020. Dieser schlägt als Ziel die Reduktion von 20 % der Treibhausgas-Emissionen bis 2020 vor, wobei davon bis zur Hälfte über Kompensationen im Ausland erreicht werden darf.¹²⁵

Bis 2035 ist gemäss Einschätzung der ETS-Kerngruppe eine Senkung der CO₂-Emissionen um 40 % möglich, bis 2050 eine Reduktion um 65 %. Auch diese Absenkpfade sind ohne Kompensationsmöglichkeiten im Ausland erreichbar. Für 2035 und 2050 können somit die gesetzten Ziele von 50 % bzw. mindestens 80 % weitgehend, aber nicht vollständig erreicht werden. Mit rund 65 % erreichbarer Reduktion im 2050 werden mit dem ETS-Szenario Werte in der Grössenordnung der inländischen Zielwerte von OcCC und des Gesamtziels der Akademien der Wissenschaften Schweiz erreicht (vgl. Tab. 14).¹²⁶

Diese Vergleiche machen deutlich, dass auch ohne Auslandkompensationen ein starker CO₂-Reduktionspfad für die Schweiz möglich ist.

Wie soll mit der verbleibenden Zielerreichungslücke umgegangen werden? Die ETS-Kerngruppe sieht keinen Anlass, die Ziele zu revidieren. Sie hat zum heutigen Zeitpunkt auch bereits zwei wichtige Ansätze identifiziert, jedoch noch keine gemeinsam getragene Vorstellung entwickelt,

¹²⁵ BAFU 2009a

¹²⁶ OcCC 2009, Akademien der Wissenschaften Schweiz 2009

wie das fehlende Stück zur Zielerreichung realisiert werden könnte.

Zwei zentrale Ansatzpunkte für die Debatte sind heute sichtbar:

- **Dekarbonisierung Gebäudebereich:** Zur vollständigen Zielerreichung braucht es eine weitere Reduktion der fossilen Energieträger für die Erzeugung von Raumwärme. Dieser Ansatz erweist sich auch in Kostenoptimierungsmodellen als volkswirtschaftlich günstigste Lösung (vgl. Kap. 9.3). Eine Steigerung der Renovationsraten beziehungsweise eine Verschärfung der energetischen Zielwerte für Gebäude könnten zu einem schnelleren Absenkpfad für CO₂-Emissionen aus dem Gebäudesektor beitragen.

Aktuelle Analysen zeigen, dass sich energetische Sanierungen bei Geschäftsbauten besonders lohnen.¹²⁷

Mit einem vollständigen Verzicht auf fossile Brennstoffe für die Erzeugung von Raumwärme liessen sich im Jahr 2050 nochmals rund 5 Mio. t CO₂ reduzieren (vgl. Kap. 8.6).¹²⁸

- **Elektrifizierung Verkehr:** Im Bereich des motorisierten Individualverkehrs (MIV) ist eine raschere Steigerung der Elektrifizierung denkbar. Voraussetzung dafür bilden deutliche Fortschritte bei der Batterietechnologie (vgl. Kap. 13.4) oder beim Stromerzeugungssystem im Fahrzeug. Eine anteilmässige Steigerung des elektrifizierten motorisierten Individualverkehrs von einem Viertel auf die Hälfte

CO₂-Reduktionsziele: Vergleich von ETS-Zielwerten und ETS-Szenario mit den Zielwerten verschiedener anderer Institutionen **Tab. 14**

		2020		2035	2050	
		CO ₂ -Reduktion gegenüber 1990	davon im Ausland	CO ₂ -Reduktion gegenüber 1990	CO ₂ -Reduktion gegenüber 1990	davon im Ausland
Zielwerte IPCC	%	25 – 40	0	50 – 65 ¹⁾	80 – 95	0
Zielwerte Klimaallianz	%	mind. 40	0		mind. 90	0
Zielwerte ETS	%	mind. 25	0	ca. 50 ¹⁾	mind. 80	0
Zielwerte OcCC	%	30	k.A.		80	max. 1/5
Zielwerte A+	%	30	1/3		60	k.A.
Zielwerte Bundesrat	%	20 ²⁾	max. 1/2			
Entwicklung im Referenzszenario des ETS	%			11	24	
Entwicklung mit ETS-Massnahmen (2020) bzw. im ETS-Szenario (2035/2050)	%	25		40	65	

¹⁾ linear interpoliert zwischen 2020 und 2050
²⁾ allfällige Erhöhungen auf 30 % in Abhängigkeit von der UNO-Klimakonferenz in Kopenhagen im Dezember 2009

Quelle: IPCC 2007, Allianz für eine verantwortungsvolle Klimapolitik 2008, OcCC 2009, Akademien der Wissenschaften Schweiz 2009 (A+), BAFU 2009a, Energie Dialog Schweiz

¹²⁷ McKinsey 2009b

¹²⁸ Annahme: Die verbleibenden 4 bis 5 Mio. t CO₂ aus Brennstoffen im Jahr 2050 stammen aus fossilen Brennstoffen, die für Prozesswärme genutzt werden. Dies entspricht drei Vierteln des aktuellen Bedarfs für Prozesswärme.



Sieben verschiedene Stossrichtungen zur Sicherstellung der Versorgung mit Strom wurden identifiziert.

erlaubt, 1 Mio. t CO₂ einzusparen. Für den Langdistanzverkehr und insbesondere den Flugverkehr sind in den nächsten Jahren jedoch keine raschen Substitutionsmöglichkeiten für fossile Energieträger sichtbar. Eine deutlich weiter gehende Senkung des Benzins- bzw. Dieserverbrauchs mittels 2,2-Liter-Autos anstelle der angenommenen 4,4-Liter-Autos würde zu einer weiteren Senkung von rund 1,5 Mio. t CO₂ beitragen.

Eine weitere Reduktion von CO₂-Emissionen ist aus heutiger Sicht nur über erst teilweise erkennbare und noch nicht marktreife Technologien zu erreichen. Zudem sind auch kreative Ideen gefragt, um den effizienteren Umgang mit Energie zu einem neuen Lifestyle zu machen, wie das beispielsweise mit Minergie als Gebäudestandard nach einer längeren Aufbauphase gelungen ist.

13.3 Stromversorgung: Sieben Stossrichtungen für die energiepolitische Diskussion

Wie in der Strombilanz ausgewiesen, kann der prognostizierte Stromverbrauch im Jahr 2035 im Winter nur zu vier Fünfteln durch inländische Produktion gedeckt werden, bei den von der ETS-Kerngruppe angenommenen Effizienzsteigerungen und dem inländischen Ausbau erneuerbarer Energien (vgl. Kap. 8). Dies unter der Annahme, dass keine Grosskraftwerke ersetzt oder neu gebaut werden, und – gemäss heutigem Wissensstand – die privilegierten Stromimporte aus Frankreich nicht verlängert werden können.

Welche strategischen Lösungsansätze könnten die vollständige Deckung der Nachfrage im Winterhalbjahr 2035 (Zusatzbedarf: 7 TWh) bzw. 2050 (Zusatzbedarf 12 TWh) sicherstellen? Die ETS-Kerngruppe

hat dazu sieben mögliche Stossrichtungen entwickelt (vgl. Abb. 30). Diese Stossrichtungen lassen sich in zwei Gruppen unterteilen: solche, die das Angebot an Strom ausbauen und solche, die eine weitere Reduktion der Nachfrage anstreben.

In der Folge werden diese sieben Stossrichtungen kurz beschrieben bezüglich:

- ihrem potenziellen Beitrag zur Deckung der Lücke,
- Realisierungs- und Betriebsdauer,
- Risiken im Hinblick auf die Versorgungssicherheit,
- Wirtschaftlichkeit,
- CO₂-Emissionen,
- weiteren spezifischen Risiken sowie
- Gesamtbeurteilung durch die ETS-Kerngruppe.

Einzelne Stossrichtungen haben durchaus grundsätzlich das Potenzial, die gesamte Stromlücke zu schliessen, während andere nur in einer Kombination relevante Beiträge anbieten können. Es ist abzusehen, dass ein optimaler Lösungsweg eine Kombination von Stossrichtungen benötigen wird. In der ETS-Kerngruppe konnte bisher keine gemeinsame Einschätzung zum optimalen Lösungsweg gefunden werden, da insbesondere die Chancen- und Risikobeurteilung sehr unterschiedlich vorgenommen wird.

Stossrichtung 1

Fossile Wärmekraftkoppelung (WKK fossil):¹²⁹ Anlagen zur fossilen Wärmekraftkoppelung können je nach vorhandenem Wärmeabnehmer rascher oder weniger rasch realisiert werden. Eine Nachhaltigkeitsbewertung zeigt, dass aus Sicht des Umweltschutzes, aber auch aus Sicht der Wirtschaftlichkeit erst Anlagen in der Grössenordnung von mindestens 1 MW elektrische Leistung positiv abschneiden.¹³⁰ Anlagen in dieser Grössenordnung brauchen

¹²⁹ Die Wärmekraftkoppelung mit erneuerbaren Energien erscheint hier nicht als Szenario, da bei den Annahmen des ETS bezüglich Ausbau von erneuerbaren Energien bereits das gesamte ökologische Biomassepotenzial eingesetzt wurde (vgl. Kap. 6).

¹³⁰ Axpo und PSI 2009

erhebliche Wärmeabnehmer, d.h. sie sind auf den Neubau bzw. den Um- und Ausbau bestehender Fernwärmenetze angewiesen. Die Potenziale für den Ausbau solcher Verbundnetze sind heute in der Schweiz beschränkt und bedingen hohe finanzielle Investitionen. Der Umbau bestehender Feuerungen zu WKK-Anlagen würde hingegen ein erhebliches Potenzial zur Stromerzeugung bieten.¹³¹ Allerdings wird der Wärmebedarf zum Heizen in den nächsten Jahren zurückgehen aufgrund der erhöhten Energiestandards in Gebäuden. Bezüglich CO₂-Bilanz bringt die fossile Wärmekraftkoppelung eine deutliche Optimierung verglichen mit der direkten Verbrennung fossiler Energieträger, ist aber den Gaskombikraftwerken in Kombination mit Wärmepumpen klar unterlegen. In absoluten Werten resultiert aber aus zusätzlichen, fossil betriebenen WKK-Anlagen eine starke CO₂-Belastung.

Die ETS-Kerngruppe schätzt aufgrund der zusätzlichen CO₂-Belastung, dass höchstens einige Prozente der Stromversorgungslücke mit Wärmekraftkoppelung gedeckt werden könnten.

Stossrichtung 2

Gaskombikraftwerke: Gaskombikraftwerke (GUD) haben eine Bauzeit von zwei Jahren, die gesamte Planungs- und Realisierungszeit beläuft sich auf rund fünf bis sieben Jahre. Die mittlere Betriebsdauer liegt bei 20 Jahren. Zur gesamten Deckung der ausgewiesenen Winterlücke bis zum Jahr 2035 wäre die Kapazität von 3,5 Gaskombikraftwerken mit einer Leistung von je 500 MW notwendig. Bis zum Jahr 2050 wären sechs Gaskombikraftwerke erforderlich.¹³² Gaskombikraftwerke können der Stromnachfrage relativ rasch nachfahren. Ihr elektrischer Wirkungsgrad konnte in den letzten Jahren deutlich gesteigert werden und beträgt heute knapp 60 %. Er liegt



somit deutlich über dem elektrischen Wirkungsgrad von WKK-Anlagen, die je nach Grösse der Anlage 30 bis 40 % elektrischen Wirkungsgrad erreichen. Die starke Abhängigkeit von einzelnen, politisch instabilen Lieferstaaten und die geringe Lagerfähigkeit des Erdgases führen jedoch zu erheblichen Unsicherheiten bezüglich der Versorgungssicherheit. Ein starker Anstieg des Gaspreises schlägt sich rasch auf die Stromkosten nieder, da der Preis für das Gas rund 70 % der Stromgestehungskosten ausmacht. Der CO₂-Ausstoss von Gaskombikraftwerken ist zudem beträchtlich. Für ein Gaskombikraftwerk mit einer Leistung von 500 MW ist jährlich mit Emissionen von rund 1 Mio. t CO₂ zu rechnen.¹³³ Die anspruchsvollen CO₂-Reduktionsziele der ETS-Kerngruppe lassen sich daher nur mit dem Bau von Gaskombikraftwerken vereinen, wenn anderweitig grosse zusätzliche CO₂-Reduktionen realisiert werden können. Gleichzeitig ist der Bau von Gaskombikraftwerken aus heutiger Sicht nicht wirtschaftlich, wenn diese ihre CO₂-Emissionen zu mindestens 50 % im Inland kompensieren müssen. Die Realisierung von Gaskombikraftwerken ist abhängig von einer finanziell tragbaren Lösung zur Kompensation der CO₂-Emissionen.

Aufgrund der hohen CO₂-Belastung und der Importrisiken beim Gas lehnt die ETS-

¹³¹ BFE 2007h

¹³² Annahmen: 4000 h Betriebsdauer im Winterhalbjahr. Mündliche Mitteilung Tony Kaiser, Alstom.

¹³³ Annahmen: Emissionsfaktor GuD: 340 g CO₂ pro kWh, Betriebsdauer 5750 h im Jahr. Mündliche Mitteilung Tony Kaiser, Alstom.

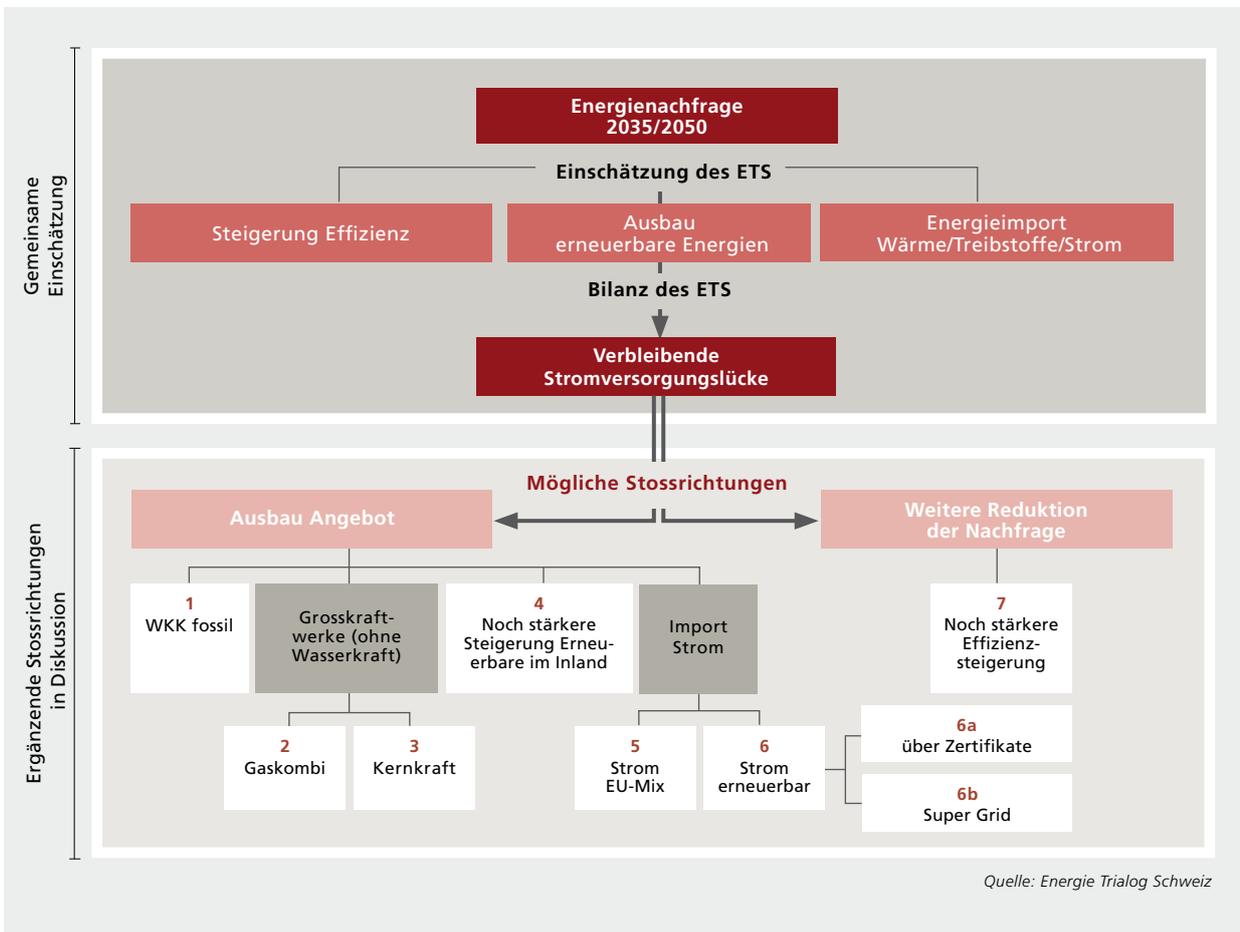
Kerngruppe eine mehrheitliche Deckung der Stromversorgungslücke durch Gaskombikraftwerke ab.

Stossrichtung 3

Kernkraft: Kernkraftwerke haben aufgrund der gültigen Gesetzgebung Planungs-, Entscheidungs- und Realisierungshorizonte von ca. 15 Jahren. Die Betriebsdauer liegt bei rund 60 Jahren. Die ausgewiesene Versorgungslücke beim Strom im Winterhalbjahr bis zum Jahr 2035 liesse sich mit dem Bau von einer Anlage mit einer Leistung von 1600 MW

elektrische Leistung knapp decken.¹⁴⁰ Bis zum Winterhalbjahr 2050 wären zwei Anlagen erforderlich. Die Kernenergie liefert Bandenergie, die Produktion kann dem Bedarf jedoch nur beschränkt nachgefahren werden. Die längerfristige Versorgungssicherheit mit Brennstoffelementen wird aufgrund der breit gestreuten Uranvorkommen und der aktuellen Import-situation aus hauptsächlich politisch stabilen Ländern als relativ hoch betrachtet. Zudem können die Brennstäbe für einige Jahre gelagert werden (vgl. Kap. 7.3). Da der Preis für Rohuran nur etwa 5%

Abb. 30 Gemeinsame Einschätzung der ETS-Kerngruppe bezüglich zukünftigem Energieangebot und Nachfrage sowie ergänzende Stossrichtungen zur Deckung der Versorgungslücke beim Strom



der Stromgestehungskosten ausmacht, schlägt sich auch eine markante Preiserhöhung beim Rohstoff Uran nicht stark auf den Strompreis nieder. Die Kernenergie in der Schweiz verursacht bei einer aktuellen Lebenszyklusbetrachtung sehr wenig CO₂, auch wenn die Bandbreite der Einschätzungen recht gross ist.¹³⁵ Eine Reihe von weiteren Faktoren wird je nach Quelle diametral unterschiedlich eingeschätzt. Während die eine Seite von rund 6 bis 8 Rp. pro kWh für Strom aus denjenigen Anlagen ausgeht, die zurzeit als Rahmenbewilligungsgesuche beim Bund liegen,¹³⁶ weisen Kritiker der Kernenergie auf die ihres Erachtens nötige volle Internalisierung der Risikokosten in die Preisbildung hin.¹³⁷ Sehr unterschiedlich werden insbesondere die volkswirtschaftlichen und damit versicherungstechnischen Folgen bei einem grossen Schadensfall eingeschätzt. Auch die Einschätzung der Unfall- Sabotage- und Proliferationsrisiken sowie der Risiken und Kosten der sicheren Entsorgung der radioaktiven Abfälle gehen deutlich auseinander.¹³⁸ Über die Realisierung von Kernkraftwerken wird mittels einer Volksabstimmung entschieden.

Diese Stossrichtung wird innerhalb der ETS-Kerngruppe aufgrund der grossen Bandbreite an Risikoeinschätzungen sehr unterschiedlich beurteilt.

Stossrichtung 4

Noch stärkere Steigerung der erneuerbaren Energien im Inland: Die ETS-Kerngruppe hat das Potenzial für Strom aus erneuerbaren Energien gemeinsam bereits auf 12 bis 14,5 TWh im Jahr 2035 geschätzt und Massnahmen definiert, um diese Potenziale auch effektiv ausschöpfen zu können (vgl. Kap. 5 und Kap. 12).

Die Stossrichtung 4 beinhaltet einen zusätzlichen, d.h. noch stärkeren Ausbau der erneuerbaren Energien im Inland.¹³⁹ Heute sind bereits 4,8 TWh realisiert und weitere knapp 5 TWh wurden bereits für die kostendeckende Einspeisevergütung angemeldet.¹⁴⁰ Geht man von einer deutlich weitergehenden Aufstockung der Fördermittel aus, ist insbesondere bei der Fotovoltaik eine stärkere und raschere Ausschöpfung der technischen Potenziale möglich. Ein denkbares Modell wäre, die Elektrifizierung des motorisierten Individualverkehrs gezielt durch Solarstrom zu decken. Auch bei der Geothermie könnte die Dynamik grösser werden als zur Zeit erwartet. Insbesondere bis 2035 und 2050 könnte die Geothermie, insbesondere für hydrothermale Anlagen, wesentlich grössere Beiträge liefern als dies die ETS-Kerngruppe gemäss heutigem Wissensstand eingeschätzt. Allerdings wären auch hier beträchtliche öffentliche Fördermittel notwendig. Die Analyse zeigt, dass ein weitergehender Ausbau der erneuerbaren Energien in der Schweiz ein erhebliches, wenn auch beschränktes Potenzial zur Deckung der Versorgungslücke beinhaltet.

Aufgrund der Notwendigkeit von umfangreichen zusätzlichen Fördergeldern und gesetzlichen Massnahmen sowie der Unsicherheiten zur sozialen Akzeptanz der Technologien beurteilt die ETS-Kerngruppe die Realisierung dieser Stossrichtung sehr unterschiedlich.

Stossrichtung 5

Stromimport EU-Mix: Vermehrte Stromimporte aus der EU sind theoretisch denkbar zur Deckung der gesamten Stromversorgungslücke. Die ETS-Kerngruppe sieht verschiedene Gründe, die gegen diese Stossrichtung sprechen: erstens die hohen CO₂-Emissionen der

¹³⁵ BFE 2009c, NOK 2008

¹³⁶ Mündliche Mitteilung Niklaus Zepf, Axpo Holding AG

¹³⁷ Mündliche Mitteilung Leo Scherrer, Greenpeace Schweiz. Vgl. auch die UREK-Antwort vom 23.1.06 auf eine parlamentarische Initiative von NR Martin Bäumle.

¹³⁸ BFE 2009c

¹³⁹ Für eine ausführliche Beschreibung der Stossrichtung vgl. WWF 2009b.

¹⁴⁰ Mündliche Mitteilung Patrick Hofstetter, WWF Schweiz



Beim Bau eines Super Grids sind die politischen Hürden schwerer zu überwinden als die technologischen.

Stromproduktion im umliegenden Ausland. Diese basiert – neben einem Anteil an Kernenergie – fast vollumfänglich auf fossilen Energieträgern. Zweitens sprechen technische Netzengpässe und Angebotsengpässe dagegen, die sich aufgrund des wachsenden Stromimportbedarfs praktisch aller europäischen Länder für die nächsten Jahre ergeben. Drittens sprechen die höheren Preise aufgrund höherer Stromhandelspreise im Ausland und der damit verbundenen Auktionspreise für Import dagegen (vgl. Kap. 7.1).

Aus diesen Gründen lehnt die ETS-Kerngruppe diese Stossrichtung jedoch ab.

Stossrichtung 6a

Import von Strom aus erneuerbaren Energien über Zertifikate (Stromimport erneuerbar): Diese Stossrichtung ist grundsätzlich denkbar, um den Bedarf an inländisch bereitgestelltem Strom zu reduzieren, ohne CO₂-Emissionen im Ausland zu verursachen. Da bei dieser Stossrichtung rein physisch der gleiche EU-Mix wie in der Stossrichtung 5 importiert wird, müsste in den nächsten Jahren jedoch mit ähnlichen Engpässen und Preissteigerungen gerechnet werden. Wie viel dieser «virtuelle Import von erneuerbarem Strom» über Zertifikate zur Reduktion der Versorgungslücke beitragen kann, ohne die Versorgungssicherheit zu beeinträchtigen und die gute Position der Schweiz im Strom-

handel zu schwächen, ist heute schwer einschätzbar (vgl. Kap. 7.1). Diese Stossrichtung wäre ähnlich wie Stossrichtung 5 mit spürbaren Preissteigerungen verbunden.

Im Rahmen der bisherigen Diskussionen hat die ETS-Kerngruppe aufgrund der Komplexität des Themas keine gemeinsam getragene Aussage zu einem realistischen Anteil an «erneuerbarem Importstrom über Zertifikate» erarbeiten können (vgl. Kap. 7.1). Die ETS-Kerngruppe beabsichtigt, diese Fragestellung in einer zweiten Phase weiterzuverfolgen.

Stossrichtung 6b

Physischer Import von Strom aus erneuerbaren Energien (Super Grid): Diese Stossrichtung bedingt den längsten Planungs- und Realisierungshorizont aller Importszenarien. Um grosse Mengen an erneuerbaren Energien – sei es von Off-shore-Windanlagen in der Nordsee oder Solaranlagen aus der Sahara – durch ganz Europa zu importieren, ist ein massiver Ausbau der Übertragungskapazitäten über lange Distanzen, die Beseitigung von Engpässen in Regionalnetzen sowie der Bau von neuen Speichermöglichkeiten notwendig.¹⁴¹ Die politische Machbarkeit bezüglich dem Bau der Produktionsanlagen, Netze und zusätzlichen Speichermöglichkeiten in ganz Europa bildet dabei ein grösseres Hindernis als die technologischen Hürden. Das Vorhaben setzt einen einheitlichen Willen aller EU-Staaten und der nordafrikanischen Staaten voraus und kann neue Abhängigkeiten schaffen.¹⁴² Die politischen und auch wirtschaftlichen Unsicherheiten sind heute schwer einzuschätzen.

In der ETS-Kerngruppe bestehen zum heutigen Zeitpunkt unterschiedliche Einschätzungen bezüglich einer zeitgerechten, versorgungstechnisch und institutionell sicheren Realisierung dieser Stossrichtung. Die ETS-Kerngruppe beabsichtigt, diese Fragestellung in einer zweiten Phase weiterzuverfolgen.

¹⁴¹ Vgl. Barandun 2009

¹⁴² Mit dem Konjunkturförderprogramm der EU im Bereich der Super Grids wurde immerhin eine erste gute Voraussetzung geschaffen.

Stossrichtung 7

Noch stärkere Effizienzsteigerung über strengere Normen und Schaffung von Anreizen: Die ETS-Kerngruppe hat sich bereits gemeinsam auf erhebliche Effizienzsteigerungspotenziale geeinigt, mit denen eine Reduktion der Gesamtenergienachfrage bis 2050 um 28 % erreicht werden kann. Auch der Anstieg des Stromverbrauchs kann mit dem ETS-Szenario deutlich reduziert werden (vgl. Kap. 5).

Die Stossrichtung 7 geht von einer deutlich weiter gehenden Verschärfung der Normen, Vorschriften, Verbote und einem massiv stärken Ausbau von Anreizsystemen aus, um zusätzlich noch deutlich höhere Effizienzpotenziale realisieren zu können, und zwar in der Größenordnung der berechneten Stromversorgungslücke.¹⁴³ Die entscheidenden Hebel wären die folgenden: Steigerung der Sanierungsrate von 1,5 % (Annahme ETS-Kerngruppe) auf 3 % mit Hilfe eines beschlossenen Gebäudeprogramms, Abrissprämien und eines Sanierungszwangs ab 2020 für schlecht isolierte Gebäude. Gleichzeitig würden die Neubaustandards noch wesentlich stärker verschärft in Richtung Plusenergiehäuser, die höhere Anforderungen erfüllen als Minergie-P. Die Kombination dieser Ansätze würde eine weitergehende Verringerung des Wärmebedarfs und somit des Bedarfs nach Strom für Wärmepumpen bewirken, trotz einer erhöhten Durchdringungstiefe. Im Verkehr würde von einer Verschärfung der EU-Norm für die Neuwagenflotte auf 80 g CO₂ pro km im Jahr 2020 und 60 g CO₂ im Jahr 2025 ausgegangen. Eine aktuelle Studie des Bundesamtes für Energie zeigt, dass alleine durch die intelligentere Planung und Regelung von Geräte – zusätzlich zum Ersatz durch effizientere Geräte – rund ein Sechstel des Schweizer Stromverbrauchs eingespart werden könnte.¹⁴⁴ Neben den bereits genannten Instrumen-

ten würde dieser Stossrichtung eine haushaltsneutrale Lenkungsabgabe auf Strom und auf CO₂-haltige Brenn- und Treibstoffe mit Befreiungsmöglichkeiten für energieintensive Betriebe zugrunde liegen.

Die politische Realisierbarkeit dieser Stossrichtung wird von der ETS-Kerngruppe aufgrund der starken und zeitlich raschen Verschärfung von Normen, Vorschriften und Verboten sowie dem massiven Ausbau der Anreizsysteme sehr unterschiedlich beurteilt.

13.4 Vergleichende Beurteilung der Stossrichtungen und weiterführende Arbeiten

Die ETS-Kerngruppe hat die verschiedenen Stossrichtungen bezüglich ihres Potenzials zur Deckung der Eigenversorgungslücke und bezüglich Realisierungschancen bewertet und kommt zu folgenden Schlüssen:

Einige Stossrichtungen werden von der gesamten ETS-Kerngruppe deutlich ausgeschlossen:

- Aufgrund der hohen CO₂-Belastung und der Importrisiken wird eine vollständige Deckung der ausgewiesenen Lücke mit Gaskombikraftwerken deutlich abgelehnt. Gaskombikraftwerke sind nur in Kombination mit anderen Stossrichtungen denkbar und unter der Voraussetzung, dass der CO₂-Absenkungspfad eingehalten wird.
- Neue fossile WKK-Anlagen werden nur eine marginale Rolle spielen aufgrund der grossen Nachfrage und des geringen Angebots an Wärmesenken. Sie bedeuten eine zusätzliche Belastung mit CO₂-Emissionen. Zudem nimmt der Wärmebedarf für Raumheizungen aufgrund der höheren Energiestandards in Gebäuden in den nächsten Dekaden stark ab.

Die ETS-Kerngruppe lehnt eine Deckung der Stromversorgungslücke nur mit Gaskombikraftwerken ab.

¹⁴³ Für ausführliche Beschreibung des Szenarios vgl. WWFb 2009
¹⁴⁴ BFE 2009a



- Der Import grosser Mengen Strom ohne Herkunftsdeklaration zur Deckung der Nachfrage wird insbesondere aufgrund der hohen CO₂-Emissionen an den Erzeugungsstandorten abgelehnt.
- Eine reine Importstrategie, welche die gesamte künftige Stromversorgungslücke durch weitgehende Importe aus Europa abdecken und somit den Eigenversorgungsgrad der Schweiz deutlich senken würde, wird aus Gründen der Versorgungssicherheit abgelehnt.

Die Stossrichtung 6 (Import von Strom aus erneuerbaren Energien über Zertifikate oder physisch (Super Grid)) wird von der ETS-Kerngruppe einheitlich mit einem gewissen Potenzial zur Deckung eines Teils der Stromversorgungslücke beurteilt. Die Realisierung ist allerdings von markttechnischen, politisch-institutionellen und infrastrukturellen Rahmenbedingungen abhängig, die heute nicht gegeben sind (vgl. Kap. 7.1).

Zu den verbleibenden Stossrichtungen besteht in der ETS-Kerngruppe keine gemeinsame Priorisierung aufgrund unterschiedlicher Chancen- und Risikobeurteilung. Zwei unterschiedliche Positionen stehen sich mit unterschiedlichen Annahmen und Folgerungen gegenüber.

Die Stossrichtung 3 (Kernkraft) hat das Potenzial, die aufgezeigte Stromlücke zeitgerecht zu schliessen. Die Einschätzung der Risiken und damit verbundenen Kostenfolgen ist jedoch – wie oben dargestellt – stark unterschiedlich. Die Realisierung dieser Stossrichtung wird letztlich durch eine bundesweite Volksabstimmung in absehbarer Zeit entschieden.

Die Stossrichtung 7 (Noch stärkere Effizienzsteigerung über strengere Normen und Schaffung von Anreizen) in Kombination mit Stossrichtung 4 (Noch

stärkere Steigerung der erneuerbaren Energien im Inland) geht davon aus, dass nochmals markant stärkere Effizienzsteigerungen und – begleitend – auch ein nochmals stärkerer Ausbau der erneuerbaren Energien möglich sind, als die ETS-Kerngruppe bereits gemeinsam eingeschätzt hat. Hierzu notwendig ist eine Verschärfung von Normen, Verboten und Vorschriften sowie zusätzliche Fördermittel, die über die zehn Massnahmen der ETS-Kerngruppe (vgl. Kap. 12) hinausreichen. Die Chancen und Risiken dieser kombinierten Stossrichtung werden in der ETS-Kerngruppe ebenfalls unterschiedlich beurteilt. Insbesondere bestehen bezüglich der gesellschaftlichen Akzeptanz grosse Meinungsdivergenzen.

Diese beiden Grundpositionen sind a priori nicht vereinbar. Beide beruhen auf unterschiedlichen Annahmen zu:

- externen Rahmenbedingungen,
- technischen Entwicklungen,
- gesellschaftlichen Präferenzen sowie
- Wirksamkeit von staatlichen Massnahmen.

Daraus ergeben sich – bei gleicher Ausrichtung auf eine nachhaltige und wettbewerbsfähige Energiepolitik – eine unterschiedliche Bewertung von Chancen und Risiken für Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt. Und genau hier liegt auch die Gefahr der Emotionalisierung der Debatte.

Die Versachlichung dieser Zusammenhänge ist letztlich Voraussetzung für sachgerechte Volksentscheide. Deshalb setzt sich die ETS-Kerngruppe für eine wissenschaftsbasierte, transparente Analyse und Argumentation und die entsprechende Dialogkultur ein. Und daher ist auch die Massnahme 9 (Aus- und Weiterbildung) von derart grosser Bedeutung für eine nachhaltige, zielorientierte Energiepolitik.

13.5 Engagement für Lern- und Innovationprozesse

Die Energie-Strategie ist mit ihrem Zielhorizont 2050 bewusst langfristig ausgerichtet, weil nur so heutige und absehbare Entscheidungen wirklich im Sinn einer nachhaltigen und wettbewerbsfähigen Energiepolitik vorbereitet und getroffen werden können. Gleichzeitig hat sie für die Jahre 2020 und 2035 Meilensteine definiert, um eine periodische Überprüfung der Zielerreichung zu ermöglichen.

«Vorhersagen sind schwierig, besonders wenn es um die Zukunft geht» (Erich Kästner). Niemand weiss heute, welche Innovationen, Technologien, Handelsformen, Organisationsformen und Netzwerke sich mit welcher Dynamik auf unseren Märkten durchsetzen werden. Externe Faktoren wie die Entwicklung des weltweiten Erdölpreises oder das internationale Regime um CO₂-Zertifikate bestimmen diese Dynamik stark mit (vgl. Kap. 9). Aber die Schweiz hat das Wissens- und Erfahrungspotenzial, um die Zukunft aktiv mitzugestalten und damit ihre Lebensqualität auch für kommende Generationen zu sichern.

Die ETS-Kerngruppe ist überzeugt, dass die hier vorgelegte Energie-Strategie zusätzliche Impulse für Innovationen aller Art auf verschiedenen Märkten auslösen wird. Ob diese Impulse zeitgerecht auf den Märkten umgesetzt werden, hängt nicht zuletzt von den Rahmenbedingungen ab, die in der Strategie identifiziert wurden.

Die ETS-Kerngruppe sieht gute Möglichkeiten, dass sich in Zukunft technische Innovationen und gesellschaftliche Veränderungen in folgenden Feldern durchsetzen könnten:

- Die Vision eines intelligenten Elektrizitätsnetzes «Smart Grid» umfasst ein breites Spektrum an Technologien und Anwendungen, die die



Stromverteilung und -nutzung innerhalb von Unternehmen und Privathaushalten optimiert. Die Schweiz hat mit ihren Erfahrungen und ihrem Know-how im Bereich der Infrastruktur und Netze gute Voraussetzungen, entsprechende Entwicklungen voranzutreiben. Voraussetzung ist eine breite, transdisziplinäre Zusammenarbeit insbesondere zwischen Raumplanern, Architektinnen, Ingenieuren und Informatikern.

- Die breite Markteinführung von effizienten Fahrzeugen hängt stark von der weiteren Entwicklung der Batteriespeichertechnik und der Brennstoffzellentechnik ab. Die Anforderungen an Reichweite und Wirtschaftlichkeit sind zwar gross, gleichzeitig bestehen aber Erwartungen, dass aus der Verknüpfung von Automobilindustrie und Energieindustrie Synergien entstehen, beispielsweise indem eine grosse Flotte dieser Fahrzeuge zur Stromspeicherung und Netzstabilisierung eingesetzt werden könnte. Dies stellt für die künftige Entwicklung auch im Zusammenhang mit «Smart Grid» ein interessanter Entwicklungspfad dar.
- Die Schweiz verfügt über gute Voraussetzungen, die tiefe Geothermie zur Stromerzeugung zu nutzen, wenn



Die ETS-Kerngruppe setzt sich für einen starken Innovationspfad bei der Umsetzung der Energie-Strategie ein.

die technische Machbarkeit nachgewiesen ist. Der Ausbau des entsprechenden Know-hows und die Realisierung von Pilotanlagen sollte daher beschleunigt vorangetrieben werden.

- Innovationen im Bereich der Material- und Produkteeffizienz können die Reduktion der Energienachfrage markant beeinflussen und zudem positiv auf eine Senkung der grauen CO₂-Emissionen einwirken. Mit neuen Technologien kann es gelingen, Materialien- und Produkte mit geringerem Energieeinsatz so herzustellen, dass der Gebrauchsnutzen derselbe bleibt.
- Neue Erkenntnisse dürften sich auch im volkswirtschaftlichen, gesellschaftlichen und politischen Bereich ergeben: Ein systematisches Monitoring der energie- und klimapolitischen Massnahmen im internationalen Vergleich dürfte den Lernprozess erheblich beschleunigen und zu einer effektiveren Politik führen.

Zentral für diesen Innovationspfad ist die mentale Grundeinstellung insbesondere der jüngeren Generation: Je offener, kreativer, innovativer sie sich verhalten wird, desto eher wird ein «Esprit» für Innovation, für die Gründung neuer Unternehmungen, Forschungsteams und Dienstleistungen entstehen. Wir brau-

chen diesen Geist der Gründerzeit in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts jetzt wieder: Daraus entsteht in der Schweiz und für die Schweiz in der Welt eine enorme volkswirtschaftliche Chance. Energie – Klima – Lebensqualität werden zu einem zentralen Treiber des wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Erfolgs. Forschung und Entwicklung, dynamische KMU und international verflochtene Konzerne dürften einen eigentlichen Energie-Klima-Wissenscluster vorantreiben, der zur Wertschöpfung, Nachhaltigkeit und Wettbewerbsfähigkeit der Schweiz zunehmend beitragen wird.

Der Umbau unserer Energieversorgung in Richtung Nachhaltigkeit und Wettbewerbsfähigkeit ist eine grosse Herausforderung. Stresssituationen und Krisen werden sich voraussichtlich häufen, falls nicht rechtzeitig gehandelt wird. Stress ist häufig die Ursache für grösseren Veränderungswillen. Krisen kreieren in der Regel auch Chancen. Die ETS-Kerngruppe setzt sich für das zeitgerechte Erkennen von Stresssymptomen, das rechtzeitige Schaffen und Wahrnehmen von Chancen und einen starken Gestaltungswillen in der Umsetzung einer kräftigen Energiestrategie ein. Ein guter Teil des Weges ist klar sichtbar. Den restlichen Teil müssen wir – Wissenschaft, Gesellschaft und Wirtschaft – gemeinsam entdecken.

Brennstoffzelle (BZ)



SuperCapacitor (SC)

SC Abkühlung und Steuerung

124 / 125

Kühler für die BZ und SC Komponenten

Kühler (2x) für die Traktionskomp.

Unterdruckpumpe

Ölwanne M250
Leadbatteriepumpe

2x 2000
2x 2000



14 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Organisationsstruktur des Energie Dialog Schweiz	9
Abb. 2	Prognose des globalen Energieverbrauchs bis 2030: Business-as-usual-Szenario der IEA	12
Abb. 3	Energieverbrauch in der Schweiz 1910 bis 2008 aufgeteilt nach Energieträgern	15
Abb. 4	Endenergieverbrauch der Schweiz von 1950 bis 2005 und Szenarien für die weitere Entwicklung bis 2035/2050	21
Abb. 5	Endenergieverbrauch pro BIP-Einheit in der Schweiz von 1950 bis 2005 und Szenarien für die weitere Entwicklung bis 2035	22
Abb. 6	Endenergieverbrauch pro Kopf in der Schweiz von 1950 bis 2005 und Szenarien für die weitere Entwicklung bis 2035	22
Abb. 7	Elektrizitätsverbrauch der Schweiz von 1950 bis 2005 und Szenarien für die weitere Entwicklung bis 2035/2050	24
Abb. 8	Zielsystem des ETS: «Nachhaltige und wettbewerbsfähige Energiepolitik»	27
Abb. 9	Die Ziele der ETS-Kerngruppe für die zukünftige Energiepolitik	33
Abb. 10	Stromnachfrage in der Schweiz im Jahr 2006, aufgeteilt nach Verwendungszwecken und Sektoren	39
Abb. 11	Nachfrage nach thermischen Energieträgern und Treibstoffen in der Schweiz im Jahr 2006, aufgeteilt nach Verwendungszwecken und Sektoren	39
Tab. 1	Vergleich des Referenz- und des ETS-Szenarios in Bezug auf die Entwicklung der Stromnachfrage in der Schweiz von 2005 bis 2050	45
Tab. 2	Vergleich des Referenz- und des ETS-Szenarios in Bezug auf die Entwicklung der Nachfrage nach thermischen Energieträgern (ohne Treibstoffe) in der Schweiz von 2005 bis 2050	45
Tab. 3	Vergleich des Referenz- und des ETS-Szenarios in Bezug auf die Entwicklung der Treibstoffnachfrage in der Schweiz von 2005 bis 2050	45
Tab. 4	Entwicklung der jährlichen Veränderungsraten der Energieintensitäten und der Pro-Kopf-Nachfrage für die Endenergie als Gesamtes sowie für die Elektrizität zwischen 1990 und 2005	46
Tab. 5	Entwicklung der Energieintensitäten und der Pro-Kopf-Nachfrage in der Schweiz	49

Abb. 12	Das erwartete Potenzial als Schnittmenge sämtlicher Einschätzungen	51
Abb. 13	Inländische Potenziale der Stromproduktion aus Fotovoltaik, Kleinwasserkraft, tiefer Geothermie, Biomasse und Windenergie im Szenarienvergleich, 2010 bis 2050	56
Tab. 6	Übersicht über die erwarteten inländischen Potenziale der neuen erneuerbaren Energien (ohne Grosswasserkraft) in den Jahren 2035 und 2050.	59
Abb. 14	Import-Export-Flussdiagramm der Elektrizität 2008: Jahresbilanz der Schweiz	61
Abb. 15	Monatliche Erzeugungsanteile und Verbrauch von elektrischer Energie in der Schweiz 2008	62
Abb. 16	Produktionsverlauf von elektrischer Energie in Abhängigkeit der Tages- und Jahreszeit im Jahr 2008	64
Abb. 17	Verlauf der inländischen Elektrizitätsnachfrage sowie Einfuhr und Ausfuhr von Strom in Abhängigkeit von Tages- und Jahreszeit im Jahr 2008	64
Tab. 7	Energienachfrage in der Schweiz in den Jahren 2035 und 2050: Einschätzungen der ETS-Kerngruppe	75
Tab. 8	Bilanz für Brennstoffe, Fern- und Umweltwärme sowie Treibstoffe in der Schweiz in den Jahren 2035 und 2050: Einschätzungen der ETS-Kerngruppe	76
Tab. 9	Beste Schätzung der ETS-Kerngruppe zur inländischen Strombilanz in den Jahren 2035 und 2050	77
Tab. 10	Differenz zwischen inländischem Angebot beim Verbraucher und Nachfrage der Verbraucher heute, 2035 und 2050: Einschätzung der ETS-Kerngruppe	78
Abb. 18	Entwicklung der Endenergienachfrage in der Schweiz bis 2050 gemäss Einschätzungen der ETS-Kerngruppe	79
Abb. 19	Entwicklung von Angebot und Nachfrage in der Schweiz im Bereich Brennstoffe, Fern- und Umweltwärme sowie im Bereich Treibstoffe bis 2035 und 2050	79
Abb. 20	Beste Schätzung der ETS-Kerngruppe zur Differenz zwischen Stromnachfrage und Stromangebot im Jahr 2035, Ganzjahresbetrachtung	80



Abb. 21	Beste Schätzung der ETS-Kerngruppe zur Differenz zwischen Stromnachfrage und Stromangebot im Winterhalbjahr 2035	81
Tab. 11	Abschätzung der möglichen CO ₂ -Reduktionen in der Schweiz für 2020, 2035 und 2050 mit dem ETS-Szenario	82
Abb. 22	Basisszenario für den Zeitraum 2010 bis 2030: Eine Reduktion der CO ₂ -Emissionen in der Schweiz um 45 % bedeutet eine Gesamtinvestition von 38 Mrd. EUR	85
Tab. 12	Potenziale und Preisannahmen für die Schweiz in den Modellrechnungen mit MARKAL	88
Abb. 23	Vergleich der Effekte eines hohen Ölpreises auf die CO ₂ -Emissionen mit den Effekten des Klimaschutzszenarios	89
Abb. 24	Reduktion der CO ₂ -Emissionen in Abhängigkeit des zur Verfügung stehenden Kraftwerkparks	89
Abb. 25	Elektrizitätsmix und Stromproduktion in der Schweiz im Jahr 2050 für die vier verschiedenen Kombinationen	91
Abb. 26	Die Ziele der ETS-Kerngruppe für die zukünftige Energiepolitik	93
Tab. 13	Hochrechnung der Zielwerte der ETS-Kerngruppe für die Schweiz in Bezug auf die Jahre 2020, 2035 und 2050	94
Abb. 27	Entwicklung des Endenergieverbrauchs der Schweiz bis 2050	97
Abb. 28	Entwicklung der CO ₂ - und Treibhausgas-Emissionen der Schweiz total bis 2050	97
Abb. 29	Die vorgeschlagenen Ziele, Strategien und Massnahmen der Kerngruppe des Energie Trialog Schweiz	108
Tab. 14	CO ₂ -Reduktionsziele: Vergleich der ETS-Zielwerte und des ETS-Szenarios mit den Zielwerten verschiedener anderer Institutionen	115
Abb. 30	Gemeinsame Einschätzung der ETS-Kerngruppe bezüglich zukünftigem Energieangebot und Nachfrage sowie ergänzende Stossrichtungen zur Deckung der Versorgungslücke beim Strom	118

15 Glossar

Akademien der Wissenschaften

Ein Verbund der vier schweizerischen Akademien der Wissenschaften. Sie umfassen nebst den vier Akademien das Kompetenzzentrum TA-SWISS und weitere wissenschaftliche Netzwerke. In ihrer Zusammenarbeit konzentrieren sie sich insbesondere auf die drei Kompetenzbereiche Früherkennung, Ethik und Dialog zwischen Wissenschaft und Gesellschaft.

Allianz für eine verantwortungsvolle Klimapolitik

Ein Zusammenschluss von 52 Schweizer Organisationen aus den Bereichen Entwicklung, Kirche, Gesundheit, Fachverbänden, Gewerkschaften, Politik sowie Umwelt- und Konsumentenschutz.

Annex-I-Staat

Staat, der sich unter dem Kyoto-Protokoll zu Emissionszielen verpflichtet hat (d.h. Industriestaaten, Russland, Ukraine)

Bandenergie

Elektrische Energie, die den ganzen Tag (während 24 Stunden) von den Kraftwerken bereitgestellt werden muss, um den Grundlastbedarf zu decken. Das Gegenteil davon wird Spitzenenergie genannt. Bandenergie entsteht während eines gegebenen Zeitabschnitts (typischerweise 1 Jahr, 1 Monat, 1 Tag) durch mehr oder weniger konstant produzierte elektrische Leistung.

Bruttoinlandprodukt (BIP)

Die Summe der Marktwerte aller Güter und Dienstleistungen, die während eines bestimmten Zeitraumes (normalerweise 1 Jahr) in einem Land produziert werden.

Bruttonationaleinkommen (BNE)

Das Bruttonationaleinkommen, bis 1999 auch Bruttosozialprodukt genannt (BSP), ist die Summe der Marktwerte aller Güter und Dienstleistungen, die während eines

bestimmten Zeitraumes (normalerweise 1 Jahr) durch Produktionsfaktoren, die sich im Eigentum von Inländern befinden, produziert werden.

Cap

Von Staaten oder Staatengemeinschaften festgelegte Obergrenze für Treibhausgas-Emissionen (engl. Cap) im Rahmen des Emissionszertifikatehandels nach dem Ansatz von «cap and trade».

Emissionszertifikatehandel

Die Emissionsrechte können zwischen Besitzern dieser Zertifikate (z.B. Unternehmen, Länder) gehandelt werden.

Endenergie

In aller Regel kommerziell gehandelte Energieträger wie z.B. Heizöl, Erdgas, Strom, Benzin, Diesel, Holzpellets und Holzschnittel oder Fernwärme, die beim Verbraucher in privaten Haushalten, Wirtschaft und Verkehr ankommen.

Energiebezugsfläche (EBF)

Die Summe aller Geschossflächen eines Gebäudes, die beheizt beziehungsweise klimatisiert werden.

Energiedienstleistungen

Gewünschte Situationen und Leistungen, die den Einsatz technischer Lösungen mit Energieeinsatz benötigen (z.B. temperierte Häuser, produzierte Tonnen Stahl oder Papier, Mobilität mit Fahrzeugen, technisch gestützte Kommunikation).

Energieintensität

Eine Kennzahl, die den Energieverbrauch einer Volkswirtschaft in Bezug zum erwirtschafteten Bruttoinlandprodukt setzt. Hier definiert wie folgt: Energieintensität = Energieeinsatz / Bruttoinlandprodukt.



Externe Effekte

Die externen Effekte der Energienutzung (z. B. Korrosions-, Ernte- und Gesundheitsschäden durch Luftschadstoffe, Anpassungskosten an die Klimaänderung, Schadenskosten externer Witterungsereignisse). Sie sind heute in den Energiepreisen nicht enthalten.

European Transmission System Operators (ETSO)

Verband europäischer Stromnetzbetreiber. Umfasst, im Gegensatz zu UCTE, auch die britischen Inseln, Skandinavien, das Baltikum und die Türkei. Seit dem 1. Juli 2009 werden die Aufgaben der ETSO vom European Network of Transmission System Operators for Electricity (ENTSO-E) wahrgenommen.

Fernwärme

Als Fernwärme bezeichnet man den Transport von thermischer Energie in einem wärmegeprägten, überwiegend erdverlegten, teilweise auch als Freileitungen ausgeführten Rohrsystem vom Erzeuger oder der Sammelstelle der Wärme zu den Verbrauchern, meist zur Heizung von Gebäuden und vor allem in Wohngebäuden auch zur Bereitstellung von Warmwasser.

Fiskalquote

Die Fiskalquote ist die Summe aller Einnahmen des Staates im Verhältnis zum Bruttoinlandsprodukt (BIP).

Frozen-efficiency-Szenario

Ein Szenario, das die Effizienz von Neuanlagen und Produkten auf dem heutigen Stand einfriert. Der Ersatz von alten Anlagen, Geräten oder Fahrzeugen durch das heute verfügbare Standardangebot wird jedoch mit eingerechnet.

Graue CO₂-Emissionen (analog zu graue Energie)

CO₂-Emissionen, welche bei Herstellung, Transport und Lagerung (inkl. aller Vorpro-

dukte) sowie der Entsorgung eines Produktes erzeugt werden (z. B. Herstellung und Entsorgung eines Autos). Sie entstehen ausserhalb des Landes, in dem das Produkt genutzt wird.

Grünstromzertifikate

Offizielle Bescheinigungen, dass eine bestimmte Menge elektrischer Energie (z. B. Kilowattstunden) aus erneuerbaren Energiequellen produziert wurde.

Grundlast

Die Leistung, die während eines Tages nicht unterschritten wird.

International Energy Agency (IEA)

Kooperationsplattform im Bereich der Erforschung, Entwicklung, Markteinführung und Anwendung von Energietechnologien. Eine autonome Einheit der OECD.

Internalisierung externer Effekte

Durch energiespezifische Abgaben oder Steuern können externe Effekte in die Preise der jeweiligen Energieträger einbezogen (internalisiert) werden.

IPCC

Das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen), im Deutschen oft als Weltklimarat bezeichnet, wurde im November 1988 vom Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) und der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) ins Leben gerufen. Hauptaufgabe des der Klimarahmenkonvention (UNFCCC) beigeordneten Ausschusses ist es, Risiken der globalen Erwärmung zu beurteilen und Vermeidungsstrategien zusammenzutragen.

Klimawandel/Klimaänderung

Über einen längeren Zeitraum sich veränderndes Klima. Während natürliche Effekte wie die Veränderung der Sonneneinstrah-

lung und Vulkanausbrüche das historische Klima prägten, wird die Klimaänderung immer stärker durch menschliche (anthropogene) Aktivitäten wie die Emission von Treibhausgasen dominiert.

Kyoto-Protokoll

Zusatzprotokoll zur UNO-Klimarahmenkonvention, welches Annex-I-Staaten für die Verpflichtungsperiode 2008–2012 Emissionsziele vorschreibt.

Mittellast

Die Leistung, die während eines üblichen Arbeitstages verfügbar sein muss, abzüglich der Grundlast.

Modal Split

Bezeichnet in der Verkehrsstatistik die Verteilung des Transportaufkommens auf verschiedene Verkehrsmittel (Modi).

Nutzenergie

Diese Energieformen werden stets am Endpunkt einer Energiekette benötigt: z. B. die Heizwärme am Heiz radiator, die Fortbewegungskraft an der Achse eines Fahrzeugs, die Hochtemperaturwärme zum Stahlschmelzen, der Lichtstrom zur Beleuchtung.

OcCC

Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung (Organe consultatif sur les changements climatiques, OcCC), das eine Schnittstelle zwischen Forschung, Wirtschaft und Verwaltung bildet. Das Gremium formuliert Stellungnahmen und Empfehlungen zuhanden der zuständigen Departemente und Bundesämter.

OECD

Die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD, Organisation for Economic Cooperation and Development) ist eine internationale Organisation mit 30 Mitgliedsländern,

die sich der Demokratie und der Marktwirtschaft verpflichtet fühlen. Die meisten OECD-Mitglieder gehören zu den Ländern mit hohem Pro-Kopf-Einkommen und gelten als entwickelte Länder.

Peak Oil / Peak Gas

Zeitpunkt, an dem das Fördermaximum erreicht ist, ab dem die Fördermenge rückläufig ist. Peak Oil ist abhängig von Faktoren wie Preis, Nachfrage und Förderpolitik.

Primärenergie

Diejenige Energie eines Landes, die der Natur im Inland entnommen oder über die Grenze importiert wird. Nicht enthalten in der Primärenergie sind Betankungen für den internationalen Flug- und Schiffsverkehr.

Pumpspeicherkraftwerk

Ein Pumpspeicherkraftwerk ist eine Kombination von einem Speicherkraftwerk und einem reinen Umwälzwerk. Ein Speicherkraftwerk nutzt nur einen Teil des gefassten Wassers unverzüglich zur Stromproduktion. Der andere Teil wird gespeichert und später genutzt. Bei einem reinen Umwälzwerk wird nur Wasser genutzt, das vorgängig gepumpt und gespeichert wird.

Regelenergie

Energie, welche kurzfristig erforderlich ist, um die positive oder negative Differenz zwischen geplanter Erzeugung und geplanter Nachfrage (einen Tag im Voraus mittels Fahrplänen angemeldet) auszugleichen, bzw. im Rahmen der Primär-, Sekundär- und Tertiärregelung von Erzeugern gelieferte bzw. bezogene Energie.

Smart Grid

Auch «intelligentes Stromnetz» genannt, bezeichnet die ganzheitliche Organisation der modernen Stromnetze zur Steuerung, (Lasten-)Verteilung, Speicherung und Erzeugung von elektrischer Energie.



Spitzenlast

Die Leistung, abzüglich der Grundlast und der Mittellast, zur Abdeckung der Lastspitzen.

Super Grid

Ein ganz Europa, Nordafrika und den Nahen Osten umfassendes Stromverbundnetz, in dem Strom mittels Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) über Tausende Kilometer verlustarm übertragen werden kann.

Thermische Energie

In der Umgangssprache wird die thermische Energie auch Wärmeenergie genannt. Es ist die in Atomen oder Molekülen gespeicherte ungeordnete Bewegungsenergie. In thermischen Kraftwerken wird einem heissen Gas oder Wasserdampf thermische Energie entzogen, um eine Turbine anzutreiben.

Treibhausgase (THG)

Treibhausgase absorbieren die langwellige Wärmestrahlung in der Atmosphäre. Die wichtigsten natürlichen Treibhausgase sind Wasserdampf und Kohlendioxid (CO_2). Die bedeutendsten vom Menschen verursachten Treibhausgase sind CO_2 aus der Verbrennung fossiler Kohlenstoffe, Methan (CH_4) und zu einem geringeren Anteil Lachgas und Fluorkohlenwasserstoffe.

UCTE

Union for the Coordination of Transmission of Electricity: Synchroner Verbund kontinentaleuropäischer Stromnetzbetreiber (d.h. von Iberien bis Polen und von Dänemark bis Griechenland). Nicht eingeschlossen sind Länder mit asynchronen Interkonnektionen zur UCTE-Zone (Brit. Inseln, Skandinavien, Baltikum, Türkei, Russland, Maghreb); siehe auch ETSO. Seit dem 1. Juli 2009 werden die Aufgaben der UCTE vom European Network of Transmission System Operators for Electricity (ENTSO-E) wahrgenommen.

Umgebungswärme/Umweltwärme

Energie, die ein relativ tiefes Temperaturniveau aufweist und praktisch überall vorhanden ist: in der Luft, im Erdreich, im Grundwasser, im See- und Flusswasser. Ihre effiziente Nutzung ist zurzeit ausschliesslich mit Wärmepumpen möglich.

Wärmeerkoppelung (WKK)

Wird in einer Anlage gleichzeitig Wärme und Strom – also Kraft – genutzt, spricht man von Wärmeerkoppelung (WKK). Diese Technologie ermöglicht die gleichzeitige Bereitstellung von mechanischer Energie - welche in der Regel direkt in Strom umgewandelt wird - und nutzbarer Wärme. Im Vordergrund für die Wärmenutzung stehen vor allem Raumheizungen und Warmwasseraufbereitungen.

16 Quellen und weiterführende Literatur

16.1 Auftragsstudien des Energie Trialog Schweiz

AXPO HOLDING AG und PAUL SCHERRER INSTITUT (PSI) 2009: Systemvergleich von Strom- und Wärmeversorgung mit zentralen und dezentralen Anlagen. Studie im Rahmen des Energie Trialog Schweiz. Baden und Villigen PSI. Veröffentlicht auf www.energetrialog.ch.

BACHER, RAINER und JAKOB, MARTIN 2009: Chancen und Risiken eines verstärkten Imports von Elektrizität in die Schweiz. Zusammenfassung der Diskussion am Experten-Workshop vom 2. Februar 2009. Baden. Veröffentlicht auf www.energetrialog.ch.

CADOT, OLIVIER, GONSETH, CAMILLE und THALMANN, PHILIPPE 2009: The Effect of Energy Efficiency Enhancement on Innovation and Competitiveness. Studie im Auftrag des Energie Trialog Schweiz und des Bundesamtes für Energie. Lausanne. Veröffentlicht auf www.energetrialog.ch und www.ewg-bfe.ch.

ENERGIE TRIALOG SCHWEIZ (ETS) 2009: Erneuerbare Energien: Übersicht über vorliegende Studien und Einschätzung des Energie Trialog Schweiz zu den erwarteten inländischen Potenzialen für die Strom-, Wärme- und Treibstoffproduktion in den Jahren 2035 und 2050 inklusive Berücksichtigung der Potenziale aus Abfällen. Grundlagenpapier für die Energie-Strategie 2050. Zürich. Veröffentlicht auf www.energetrialog.ch.

GUTSCHER, HEINZ 2008: Positionen, Emotionen, Argumente, Entscheidungen. Science Consulting. Studie im Auftrag des Energie Trialog Schweiz. Benglen. Veröffentlicht auf www.energetrialog.ch.

JAKOB, MARTIN, DE HAAN, PETER, JOCHEM, EBERHARD und GROSS, NADJA 2009: Quantifizierung der Energieeffizienzpotenziale, der Substitutionseffekte und der Energienachfrage in der Schweiz bis 2050. Studie im Auftrag des Energie Trialog Schweiz (ETS). TEP Energy. Zürich. Veröffentlicht auf www.energetrialog.ch.

KAISER, TONY 2009: Inländische Strombilanz 2035 und 2050. Grundlagenpapier für die Erarbeitung der Einschätzung durch die ETS-Kerngruppe. Veröffentlicht auf www.energetrialog.ch.

NEOSYS AG 2009: Optimale Nutzung der Energie aus Abfällen. Side Document zur Energiestrategie. Studie im Auftrag des Energie Trialog Schweiz (ETS). Gerlafingen. Veröffentlicht auf www.energetrialog.ch.

RIEDER, STEFAN und WALKER, DAVID 2009: Wirksamkeit von Instrumenten zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Förderung erneuerbarer Energien. Studie im Auftrag des Energie Trialog Schweiz und des Bundesamtes für Energie. Interface Institut für Politikstudien. Luzern. Veröffentlicht auf www.energetrialog.ch und www.ewg-bfe.ch.

WEIDMANN, NICOLAS, TURTON, HAL und WOKAUN, ALEXANDER 2009: Case Studies of the Swiss Energy System – Sensitivity to Scenario Assumptions Assessed with the Swiss MARKAL Model. Paul Scherrer Institut. Studie im Auftrag des Energie Trialog Schweiz. Villigen PSI. Veröffentlicht auf www.energetrialog.ch.



16.2 Quellen, weiterführende Literatur und Datenmaterial

AKADEMIEN DER WISSENSCHAFTEN SCHWEIZ 2009: Vernehmlassung zur Revision CO₂-Gesetz: Antwort der Akademien Schweiz. Bern. AKADEMIEN DER WISSENSCHAFTEN SCHWEIZ 2007: Denk-Schrift Energie. Energie effizient nutzen und wandeln. Bern.

ALLIANZ FÜR EINE VERANTWORTUNGSVOLLE KLIMAPOLITIK 2008: Anforderungen an die Klimapolitik 2020 der Schweiz.

ALLIANZ FÜR EINE VERANTWORTUNGSVOLLE KLIMAPOLITIK 2006: Klima-Masterplan. Der Weg zu einer klimaverträglichen Schweiz.

AUTO-SCHWEIZ 2009: Achtungserfolg beim Treibstoffverbrauch – freiwillige Vereinbarung mit UVEK zeigt Wirkung! Pressemitteilung vom 7.5.09. http://www.presseportal.ch/de/pm/100003597/100582721/auto_schweiz_auto_suisse. Letzter Zugriff: 18.9.09.

AXPO 2005: Strom für heute und morgen. Baden.

AXPO Studie «Stromperspektiven 2020». Baden.

BACHER, RAINER 2009: Chancen und Risiken eines verstärkten Imports von Elektrizität in die Schweiz. Schlussfolgerungen aus dem Experten-Workshop vom 2. Februar 2009. Baden. Veröffentlicht auf www.energetrialog.ch.

BARANDUN, ANGELA 2009: «Wüstenstrom ist ein realistisches Szenario». In: Tages-Anzeiger der Stadt Zürich, 6.7.2009, S.17.

BRETSCHGER, LUCAS 2008: Energy Prices, Growth, and the Channels in Between: Theory and Evidence. Zürich. To be published.

BUNDESAMT FÜR ENERGIE (BFE) 2009a: Betrieb ohne Nutzen. BoN im Dienstleistungssektor. Schlussbericht. Bern.

BUNDESAMT FÜR ENERGIE (BFE) 2009b: Gesamte Erzeugung und Abgabe elektrischer Energie in der Schweiz 2008. Bern.

BUNDESAMT FÜR ENERGIE (BFE) 2009c: Literaturübersicht Kernenergie. Bern.

BUNDESAMT FÜR ENERGIE (BFE) 2009d: Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2008. Bern.

BUNDESAMT FÜR ENERGIE (BFE) 2009e: Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2008. Bern.

BUNDESAMT FÜR ENERGIE (BFE) 2009f: Stand der Wasserkraftnutzung in der Schweiz am 1. Januar 2009. Bern.

BUNDESAMT FÜR ENERGIE (BFE) 2008a: Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000–2006 nach Verwendungszwecken. Bern.

BUNDESAMT FÜR ENERGIE (BFE) 2008b: Gesamte Erzeugung und Abgabe elektrischer Energie in der Schweiz 2007. Bern.

- BUNDESAMT FÜR ENERGIE (BFE) 2008c: Strategie Wasserkraftnutzung Schweiz. Bern.
- BUNDESAMT FÜR ENERGIE (BFE) 2008d: Wasserkraftanlagen der Schweiz. Entwicklung der Leistung und der mittleren Produktionserwartung. Bern.
- BUNDESAMT FÜR ENERGIE (BFE) 2007a: Aktionsplan Energieeffizienz. Entwurf, 3. September 2007. Bern.
- BUNDESAMT FÜR ENERGIE (BFE) 2007b: Aktionsplan erneuerbare Energien. Entwurf, 3. September 2007. Bern.
- BUNDESAMT FÜR ENERGIE (BFE) 2007c: Die Energieperspektiven 2035. Band 1. Synthese. Bern.
- BUNDESAMT FÜR ENERGIE (BFE) 2007d: Die Energieperspektiven 2035. Band 2. Szenarien I bis IV. Bern.
- BUNDESAMT FÜR ENERGIE (BFE) 2007e: Schlussbericht der Arbeitsgruppe Leitungen und Versorgungssicherheit (AG LVS). Bern.
- BUNDESAMT FÜR ENERGIE (BFE) 2007f: Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2006. Bern.
- BUNDESAMT FÜR ENERGIE (BFE) 2007g: Bundesrat beschliesst neue Energiepolitik. Pressemitteilung vom 21.2.2007.
- BUNDESAMT FÜR ENERGIE (BFE) 2007h: Potenzial erneuerbarer Energien in grösseren fossilen Feuerungen. Schlussbericht. Bern.
- BUNDESAMT FÜR ENERGIE (BFE) 2004: Ausbaupotenzial der Wasserkraft. Bern.
- BUNDESAMT FÜR RAUMENTWICKLUNG (ARE) 2006: Perspektiven des schweizerischen Personenverkehrs bis 2030. Bern.
- BUNDESAMT FÜR STATISTIK (BFS) 2008. Bilanz der ständigen Wohnbevölkerung (Total) nach dem Szenario A-00-2005/08, 2008-2050, su-d-01.04.01.01.15, Neuchâtel.
- BUNDESAMT FÜR UMWELT (BAFU) 2009a: Bundesrat verabschiedet Botschaft zur Revision des CO₂-Gesetzes. Medienmitteilung vom 26.8.2009. <http://www.bafu.admin.ch/aktuell/medieninformation/00004/index.html?lang=de&msg-id=28680>. Letzter Zugriff: 18.9.09.
- BUNDESAMT FÜR UMWELT (BAFU) 2009b: Emissionen nach CO₂-Gesetz und Kyoto-Protokoll. Letzte Aktualisierung: 15.4.2009. <http://www.bafu.admin.ch/klima/06538/06541/06589/index.html?lang=de>. Letzter Zugriff: 18.9.09.
- BUNDESAMT FÜR UMWELT (BAFU) 2009c: Treibhausgas-Emissionen 2007 deutlich gesunken. Medienmitteilung vom 16.4.2009. <http://www.news.admin.ch/message/index.html?lang=de&msg-id=26424>. Letzter Zugriff: 18.9.09.
- BUNDESAMT FÜR UMWELT (BAFU) 2009d: Unsere Energiezukunft. umwelt 02/09. Bern.
- BUNDESAMT FÜR UMWELT (BAFU) 2007: Graue Treibhausgas-Emissionen der Schweiz 1990–2004. Erweiterte und aktualisierte Bilanz. Bern.
- BUNDESGESETZ ÜBER DEN SCHUTZ DER GEWÄSSER 2008: (Gewässerschutzgesetz, GSchG) vom 24. Januar 1991 (Stand am 1. August 2008). Systematische Sammlung des Bundesrechts. <http://www.admin.ch/ch/d/sr/8/814.20.de.pdf>. Letzter Zugriff: 18.9.09.



BUNDESRAT 2008: Energiestrategie Schweiz. Bericht zur Energieaussenpolitik der Schweiz – Umfeld, Herausforderungen und Strategie. Bern.

CAMPBELL, COLIN J., LIESENBORGHS, FRAUKE, SCHINDLER, JÖRG und ZITTEL, WERNER 2007: Ölwechsel! Das Ende des Erdölzeitalters und die Weichenstellung für die Zukunft. 3. Auflage. München.

DEPARTEMENT FÜR UMWELT, VERKEHR, ENERGIE UND KOMMUNIKATION (UVEK) 2009: Teilrevision des CO₂-Gesetzes, Emissionen von in der Schweiz neu immatrikulierten Personenwagen (Erfüllung der Motion 07.3004). Vorentwurf und erläuternder Bericht des Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation. Bern.

ENERGIE-AGENTUR DER WIRTSCHAFT (EnAW) 2007: Jahresbericht 2006. Zürich.
ENERGIEGESETZ (EnG) 2009: Systematische Sammlung des Bundesrechts. Gesetz vom 26. Juni 1998 (Stand am 1. Januar 2009). <http://www.admin.ch/ch/d/sr/7/730.0.de.pdf>. Letzter Zugriff: 18.9.09.

ENERGIESCHWEIZ 2009: EnergieSchweiz für Gemeinden: Energiestadt-News. <http://www.energiestadt.ch>. Letzter Zugriff: 18.9.09.

ENERGIESCHWEIZ 2008: Bewährte Rezepte und neue Horizonte. 7. Jahresbericht EnergieSchweiz 2007/2008. Bern.

ENERGIESCHWEIZ 2007: Stand der Energiepolitik in den Kantonen. Bern.

ENERGIESTADT 2009: Kennzahlen Energiestadt. http://www.energiestadt.ch/d/joomla/downloads/label/Facts-and-Figures_Kennzahlen_09_d.gif. Letzter Zugriff: 18.9.09.

ENERGY SCIENCE CENTER (ESC) 2008: Energiestrategie für die ETH Zürich. Zürich.

ETH-RAT 2009: Schweizer Beitrag zur Energiezukunft: Forschung im ETH-Bereich. Zürich.

FILIPPINI, MASSIMO, BANFI, SILVIA, LUCHSINGER, CORNELIA und WILD, JÖRG 2001: Perspektiven für die Wasserkraftwerke in der Schweiz - Langfristige Wettbewerbsfähigkeit und mögliche Verbesserungspotenziale. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Energie.

GANSER, DANIELE und REINHARDT, ERNST 2008: Erdölknappheit und Mobilität in der Schweiz. Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften, Zürich.

GREENPEACE SCHWEIZ, WWF SCHWEIZ, VERKEHRSClub SCHWEIZ und SCHWEIZERISCHE ENERGIE-STIFTUNG (Hrsg.) 2006: Energieperspektive 2050 – Kurzfassung. Wegweiser in die 2000-Watt-Gesellschaft. Basel.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) 2007: Klimaänderung 2007. Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: Klimaänderung 2007: Verminderung des Klimawandels. Beitrag der Arbeitsgruppe III zum Vierten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung (IPCC), Cambridge und New York.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA) 2008a: Energy balances of the OECD countries. Paris.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA) 2008b: World Energy Outlook 2008. Paris.

- MCKINSEY & COMPANY 2009a: Pathways to a Low-Carbon Economy. Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve. Stockholm.
- MCKINSEY & COMPANY 2009b: Swiss Greenhouse Gas Abatement Cost Curve. Zürich.
- NITSCH, JOACHIM 2007: Leitstudie 2007. Ausbaustrategie Erneuerbare Energien. Aktualisierung und Neubewertung bis zu den Jahren 2020 und 2030 mit Ausblick bis 2050. Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Stuttgart.
- NORDOSTSCHWEIZERISCHE KRAFTWERKE AG (NOK) 2008: Umweltdeklaration KKW Beznau. Baden.
- NUKLEARFORUM SCHWEIZ 2008: Uran – Ressource mit Zukunft. Faktenblatt. Bern.
- OCCC 2009: OcCC-Stellungnahme zur Schweizerischen Klimapolitik und zu den Klimaverhandlungen in Kopenhagen 2009. Medieninformation vom 26. August 2009. http://www.occc.ch/comments_all_d.html
- OCCC 2008: Das Klima ändert – was nun? Der neue UN-Klimabericht (IPCC 2007) und die wichtigsten Ergebnisse aus Sicht der Schweiz. OcCC – Organe consultatif sur les changements climatiques, Bern.
- PAUL SCHERRER INSTITUT (PSI) 2005: Neue erneuerbare Energien und neue Nuklearanlagen: Potenziale und Kosten. Villigen.
- PAUL SCHERRER INSTITUT (PSI) 2007: FACTS FÜR DIE ENERGIEPOLITIK VON MORGEN, Energiespiegel Nr. 18. Villigen.
- PIOT, MICHEL 2007a: Exkurs 3: Einfluss der Klimaerwärmung auf das Energiesystem. In: Die Energieperspektiven. Band 4. Bundesamt für Energie, Bern.
- PIOT, MICHEL 2007b: Exkurs 8: Elektrizität aus Wasserkraft. In: Die Energieperspektiven. Band 4. Bundesamt für Energie, Bern.
- RECHSTEINER, RUDOLF 2008a: Bern erneuerbar! Ein Kanton unterwegs zur Vollversorgung mit erneuerbaren Energien. Basel.
- RECHSTEINER, RUDOLF 2008b: Kommentar zum Dialog Papier erneuerbare Energien, Potenziale und Kosten (Entwurf vom Juni 08). Internes Arbeitspapier.
- SATW 2006: Roadmap für die erneuerbaren Energien in der Schweiz bis 2050. Bern.
- SAWIN, JANET L. 2008: Another Sunny Year for Solar Power. World Watch Institute. <http://www.worldwatch.org/node/5449>. Letzter Zugriff: 18.9.09.
- SBB 2009: Dokumentation Planungsgrundlagen, nachfragegestützte Bedarfsanalyse und Referenzangebot Bahn 2030. SBB Personenverkehr. Bern.
- SCHULZ, THORSTEN F., KYPREOS, SOCRATES, BARRETO, LEONARDO und WOKAUN, ALEXANDER 2008: Intermediate steps towards the 2000 W society in Switzerland: An energy-economic scenario analysis. In: Energy Policy, Vol. 36, Issue 4, 1303–1317.
- SCHWEIZERISCHE ENERGIEFORSCHUNGSKOMMISSION CORE 2007: Konzept der Energieforschung des Bundes 2008–2011. Bern.



SCHWEIZERISCHE ENERGIE-STIFTUNG (SES) 2007: Strom von gestern. Die Mär vom sauberen Atomstrom. Zürich.

SCNAT 2007: Energieressourcen: Zahlen und Fakten. Nutzung, Potenziale und Risiken. Eine Analyse zur Erschliessung der Potenziale bis 2050. Bern.

STERN, NICHOLAS 2006: Stern Review: The Economics of Climate Change. www.hm-treasury.gov.uk/d/Executive_Summary.pdf. Letzter Zugriff: 18.9.09.

STIFTUNG KLIMARAPPEN 2008: Jahresbericht 2007. Zürich.

STIGLER, HEINZ, HUBER, CHRISTOPH, WULZ, CHRISTOPH und TODEM, CHRISTIAN 2005: Energiewirtschaftliche und ökonomische Bewertung potenzieller Auswirkungen der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie auf die Wasserkraft. Technische Universität Graz.

UNION FOR THE COORDINATION OF TRANSMISSION OF ELECTRICITY (UCTE) 2008: Statistical Yearbook 2007. Brüssel. Seit 1.7.2009 integriert in ENTSO-E, European Network of Transmission System Operators of Electricity. <http://www.entsoe.eu/resources/publications/ce/syb/>. Letzter Zugriff: 18.9.09.

VERBAND SCHWEIZERISCHER ELEKTRIZITÄTSUNTERNEHMEN (VSE) 2006: Vorschau 2006 auf die Elektrizitätsversorgung der Schweiz im Zeitraum bis 2035/2050.

WORLD ENERGY COUNCIL 2008: Europe's Vulnerability to Energy Crises: Executive Summary. London.

WWF 2009a: Energieverordnung: Entwurf ungenügend, Umweltverbände bringen eigenen Vorschlag. Medienmitteilung vom 16.4.2009. <http://www.ch/de/newsservice/news/news/medien/?1171/Energieverordnung-Entwurf-ungenueuml-gend-Umweltverbaumlnde-bringen-eigenen-Vorschlag>. Letzter Zugriff: 18.9.09.

WWF 2009b: ETS+-Szenario mit Schwergewicht Effizienz und Erneuerbare. Beitrag zur Energie-Strategie des Energie Trialog Schweiz. Veröffentlicht auf www.energetrialog.ch.

17 Liste der Teilnehmenden am ETS-Prozess

Folgende Persönlichkeiten haben am Prozess des Energie Dialog Schweiz teilgenommen und ihre Erfahrungen, Meinungen und Ideen eingebracht. Ihre persönliche Meinung mag von Inhalten in dieser Publikation abweichen.

Amacher Peter, Prof., Amacher PB&MS; Ammann Thomas, Architekt FH, Schweizerischer Hauseigentümergeverband; Ammon Karin, Wissenschaftliche Mitarbeiterin, Departement Bau, Verkehr und Umwelt Kanton Aargau; Amstutz Renate, Direktorin, Schweiz. Städteverband; Avellan Francois, Prof., EPF Lausanne; Ayres Robert, Prof. em., ehem. Centre for the Management of Environmental Resources; Bacher Rainer, Geschäftsführer, Bacher Energie; Banfi Silvia, Prof., CEPE ETH Zürich; Bartlome Jürg E., Generalsekretär, Schweizerischer Energierat; Bauer Christian, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Paul Scherrer Institut; Bäumle Martin, UREK, Nationalrat, GLP; Beglinger Nick, CEO, Foundation for Global Sustainability; Berg Marco, Geschäftsführer, Stiftung Klimarappen; Berger Urs, Leiter Energie und Haustechnik, Migros-Genossenschafts-Bund; Bernauer Thomas, Prof., CIS ETH Zürich; Betschart Ueli, Direktor, Electrosuisse; Bettoni Bruno, Vorsitzender der Gruppenleitung, Allreal Generalunternehmung AG; Boulouchos Konstantinos, Prof., ETH Zürich; Brunetti Aymo, Chef der Direktion für Wirtschaftspolitik, SECO; Bunge Rainer, Prof., Hochschule für Technik Rapperswil; Burgener Andreas, Direktor, auto-schweiz; Bürgi Curt, Werbung/Marketing (Automobile), ehem. Bürgi & Partner AG; Buri Jürg, Geschäftsleiter, Schweizerische Energie-Stiftung; Burkhard Hans-Peter, Direktor, Center for Corporate Responsibility and Sustainability; Cavedon Jean-Marc, Direktionsmitglied, Paul Scherrer Institut; Christener Jürg, Prof., Direktor, HS Technik FHNW; Davis Joan S., Geschäftsführerin, ARC Aquatic Research and Consultancy; de Haan Peter, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, IED ETH Zürich; Defilla Steivan, Ressort Technologie-, Umwelt- und Energiepolitik, SECO; Denss Claudia, Wissenschaftliche Mitarbeiterin, SECO; Diethelm Cornelia, Leiterin Issue-Management, Migros-Genossenschafts-Bund; Dürr Josef A., Direktor, Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen; Edlmann Xaver, Mitglied der Direktion, EMPA; Ernst Thomas, CEO, Nagra; Etique Claude R., ehem. Sun 21; Fahrni Hans-Peter, Leiter Abteilung Abfall und Rohstoffe, Bundesamt für Umwelt; Fontana Giatgen-Peder, Verwaltungsratspräsident, Mobility Genossenschaft; Freitag Pankraz, Ständerat, FDP; Friedrich Horst, Leitung und Administration, Institutsleiter, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt; Füllemann Christoph, Environmental Delegate, Swiss International Air Lines Ltd.; Gallego Diana, Wissenschaftliche Mitarbeiterin, Universität Stuttgart; Ganser Daniele, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Universität Basel; Geelhaar Michel, Partner BHP – Bruggen und Partner AG, COO des ETS bis Sommer 2008; Gielen Dolf, Senior Analyst, International Energy Agency; Girod Bastien, Nationalrat, GP; Gmür Ansgar, Direktor, Schweizerischer Hauseigentümergeverband; Gonseth Camille, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, HEC Université de Lausanne; Gutscher Heinz, Prof., Universität Zürich; Gutzwiller Lukas, Programmleiter Energiewirtschaftliche Grundlagen, Bundesamt für Energie; Gysler Matthias, Stv. Abteilungsleiter, Sektionsleiter, Bundesamt für Energie; Hartl Rolf, Geschäftsführer, Erdöl-Vereinigung; Hewicker Christian, Managing Consultant, Leiter Markt & Regulierung, KEMA Consulting GmbH; Hildesheimer Gabi, Co-Geschäftslei-



terin, ÖBU; Hirschberg Stefan, Head Laboratory for Energy Systems Analysis, Paul Scherrer Institut; Hofstetter Patrick, Leiter Klimapolitik, WWF Schweiz; Honauer Mark, Leiter Immobilien, Suva; Hufschmied Peter, CEO, Präsident ENSI-Rat, ExTechNa GmbH; Hug Rudolf, Vorstandsausschuss-Mitglied, Swissmem; Hürlimann Bruno, Leiter Erneuerbare Energie und Energieeffizienz, Elektrizitätswerk der Stadt Zürich; Iten Rolf, Mitglied der Geschäftsleitung, Infrac AG; Jacot Maurice, ehem. Präsident, Electrosuisse; Jakob Martin, Executive Director, TEP Energy GmbH; Jans Beat, Leiter der Abteilung Politik und Internationales, Pro Natura; Jenny This, UREK, Ständerat, SVP; Jochem Eberhard, Prof. em., CEPE ETH Zürich; Jochum Gerhard, Energieberater, Büro Gerhard Jochum; Koch Reinhard, Geschäftsführer, Europäisches Zentrum für erneuerbare Energie; König Ulrich, Direktor, Schweizerischer Gemeindeverband; Koschützky Markus, Chief Technology Officer, Reuss Engineering AG; Kriesi Ruedi, Vizepräsident, Verein Minergie; Kypreos Socrates, Honorary Senior Scientist, Paul Scherrer Institut; Lehmann Peter, Direktor, sanu; Leumann-Würsch Helen, Verwaltungsratsmitglied, Collano AG; Leutenegger Hajo, Verwaltungsratspräsident, Verband der Schweizerischen Gasindustrie; Leuthard Werner, Leiter Fachstelle Energie, Kanton Aargau; Liechti Jürg, CEO, Neosys AG; Lustenberger Ruedi, UREK, Nationalrat, CVP; Luterbacher Urs, Prof., HEI Université de Genève; Marty Kälin Barbara, Geschäftsführerin, Forum Landschaft; Mathys Nicole, Leiterin Forschungsprogramm Energiewirtschaftliche Grundlagen, Bundesamt für Energie; Meier Armin, Chief Commercial Officer, Travelport; Meister Urs, Projektleiter, Avenir Suisse; Minsch Jürg, Prof., minsch sustainability affairs; Müller Geri, Nationalrat, GP; Müller Walter, ehem. Ressortleiter Umwelt und Energie, Swissmem; Näf Urs, Stv. Leiter Wirtschaftspolitik, Bildung & Energie, economiesuisse; Nowak Stefan, Geschäftsführer, NET Nowak Energie & Tech. AG; Ohler Christian, Department Head Electro-technologies, ABB Schweiz AG; Ott Walter, Managing Partner, econcept AG; Pfander Jean-Pierre, Infrastruktur und Energie, SBB AG; Pinnekamp Friedrich, Vice President Group R&D and Technology, ABB Ltd.; Preiss Otto, Leiter Corporate Research, ABB Schweiz AG; Püttgen Hans B., Prof., Direktor, CEN EPF Lausanne; Randall Julian, National Contact Point Energy & Transport, EURESEARCH; Rechsteiner Rudolf, Nationalrat, SP; Rechsteiner Stefan, Anwalt, Vischer AG; Renn Ortwin, Prof., Universität Stuttgart; Riatsch Jon, Leiter Energie, SBB AG; Rieder Stefan, Bereichsleiter, Interface Institut für Politikstudien; Riklin Kathy, Nationalrätin, CVP; Ritz Christoph, Geschäftsleiter, ProClim-Forum for Climate and Global Change; Rogenmoser Christian, Präsident, Schweizerischer Energierat; Romero José, Sektionschef Rio-Konventionen, Bundesamt für Umwelt; Roth Stefan, Leiter Technologiemanagement, Axpo Holding AG; Röthlisberger Andreas, Rechtsanwalt, Röthlisberger Vogel Bircher; Rufli Peter, Chief Engineer, Alstom Schweiz AG; Sample Jonathan, Energy Economist, Shell; Saxenhofer Peter, Geschäftsleiter, Verkehrs-Club der Schweiz; Schäfer Otto, Beauftragter für Theologie und Ethik, Schweizerischer Evangelischer Kirchenbund; Schaffner Christian, Fachspezialist Energieversorgung, Bundesamt für Energie; Schenker Robert, Präsident des Stiftungsrates, WWF Schweiz; Scherer Leo, Dossierleiter Energie, Greenpeace Schweiz; Scherrer Anton, Verwaltungsratspräsident, Swisscom AG; Schmausser Erik, Bereichsleiter Nachhaltige Entwicklung, Amstein + Walthert AG; Schmid Adrian, Geschäftsleiter, Schweizer Heimatschutz; Schmid Stephan, Mitarbeiter, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt; Schmid Walter, Verwaltungsratspräsident, Kompogas AG; Schmockler Ulrich, Direktor, Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat; Schötzau Hans-Jörg, Vize-

präsident, ElCom; Schuler Kaspar, Geschäftsleiter, Greenpeace Schweiz; Schwaller Urs, Präsident, Cemsuisse; Schweickart Hans E., Generaldirektor, EOS Holding SA; Schweiger Rolf, UREK, Ständerat, FDP; Schwer Peter, CEO, New Energy Scout GmbH; Sommaruga Simonetta, UREK, Ständerätin, SP; Spicher Mathias, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, SECO; Steimer Peter, Leistungselektronik, ABB Schweiz AG; Steinmann Walter, Direktor, Bundesamt für Energie; Stocker Ursula, VUE, naturemade; Stöcklin Jürg, Grossrat GB, Kanton Basel; Straub Markus, Leiter Sektion Information, Sicherheitsforschung und Internationales, Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat; Studer Sonja, Ressortleiterin Umwelt und Energie, Swissmem; Stulz Roland, Geschäftsführer, Novatlantis; Stump Doris, Nationalrätin, SP; Thalmann Philippe, Prof., Direktor, REME EPF Lausanne; Theiler Georges, UREK, Nationalrat, FDP; Thumann Manfred, CEO, Nordostschweizerische Kraftwerke AG; Tobola Dreyfuss Agathe, Politische Sekretärin, Schweizerischer Gewerbeverband; Tschanz Karl, Leiter Umweltschutzfachstelle, Amt für Gesundheit und Umwelt der Stadt Zürich; Turton Hal, Leader Energy Economics Group, Paul Scherrer Institut; van Singer Christian, Nationalrat, GP; Vainini Paolo, Chief Financial Engineer, ZE, Zürcher Kantonalbank; Volkart Kathrin, Wissenschaftliche Mitarbeiterin, ehemals TEP Energy GmbH; von Moos Louis, Geschäftsführer, Verein Energy Certificate System Schweiz; Walker David, Mitarbeiter Umwelt- und Energiepolitik, Interface Institut für Politikstudien; Weidmann Nicolas, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Paul Scherrer Institut; Widmer Ulrich, Geschäftsbereichsleiter Kies und Beton, KIBAG Gruppe; Wiederkehr Kurt, Leiter Energie-/ Betriebswirtschaft, Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen; Wüstenhagen Rolf, Prof., Universität St. Gallen; Wyss Martina, Infrastruktur Kommunikation, SBB AG; Zah Rainer, Stv. Abteilungsleiter, EMPA; Zaugg-Ott Kurt, Leiter der Arbeitsstelle, OeKu Kirche und Umwelt; Zemp Markus, UREK, Nationalrat, CVP; Zeyer Christian, Stv. Leiter Klimapolitik, WWF Schweiz; Ziegler Marco, Principal, McKinsey & Company; Zimmermann Daniel, Leiter Netzbetrieb + Systeme, Nordostschweizerische Kraftwerke AG.



Impressum

Herausgeber

Verein Energie Trialog Schweiz
Lagerstrasse 33
Postfach 3977
8021 Zürich
Tel. 044 299 95 81
Fax 044 299 95 80
www.energetrialog.ch

Autoren

Prof. Dr. Ernst A. Brugger,
BHP – Brugger und Partner AG,
Energie Trialog Schweiz (Leitung)

Dr. Philipp Dietrich,
Paul Scherrer Institut

Rahel Gessler,
BHP – Brugger und Partner AG,
Energie Trialog Schweiz
(Programme Management)

Dr. Tony Kaiser,
Alstom (Schweiz) AG

Thomas Vellacott,
WWF Schweiz

Prof. Dr. Alexander Wokaun,
Paul Scherrer Institut

Niklaus Zepf,
Axpo Holding AG

Deborah Wettstein-Strässle,
BHP – Brugger und Partner AG,
Energie Trialog Schweiz (Assistenz)

Redaktionelle Mitarbeit

Dr. Felix Würsten, Zürich

Gestaltung

Britta Appert, Grafik Design, Zürich

Fotografie

Monika Estermann, Zürich

Illustration

Stefan Frey, FreYart, Zürich

Lektorat

text control AG, Zürich

Druck

DAZ – Druckerei Albisrieden AG, Zürich

Auflage

2 000 Exemplare

Der Bericht kann als PDF von der
Homepage www.energetrialog.ch
heruntergeladen werden.

Schutzgebühr

1–5 Exemplare kostenlos
Ab 6. Exemplar: CHF 20.-

Umweltstandard

100 % klimaneutral produziert
und auf FSC-Papier gedruckt.

Rechte

Alle Rechte vorbehalten.
Nachdruck nur mit Genehmigung
des Herausgebers.



Energie Trialog Schweiz
Lagerstrasse 33
Postfach 3977
8021 Zürich
www.energetriolog.ch
Tel. +41 44 299 95 81
Fax +41 44 299 95 80