



# Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Energierstrategie 2050 des Bundesrates

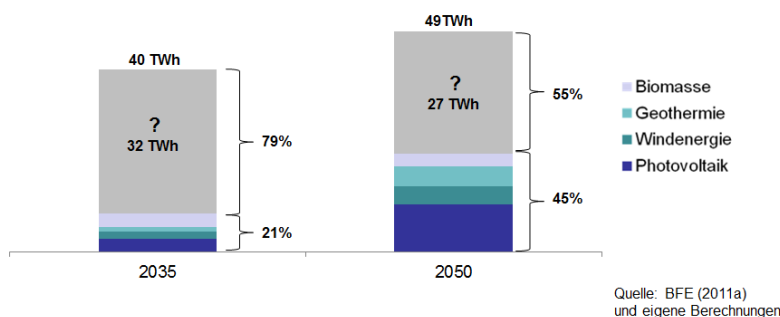
Silvio Borner | Dominik Hauri | Patrick Koch | Lukas Mohler | Markus Saurer

Basel, März 2012

## Executive Summary

Der Bundesrat kündigte im Frühjahr 2011 – unter dem unmittelbaren Eindruck der Ereignisse in Fukushima – mit der „Energiestrategie 2050“ einen tiefgreifenden energiepolitischen Paradigmenwechsel an. Kernelement der neuen Energiestrategie ist der Ausstieg aus der Kernenergie. Die bestehenden Kernkraftwerke müssen zwar nicht sofort vom Netz gehen, sollen aber am Ende ihrer Betriebszeit nicht mehr durch neue Kernkraftwerke ersetzt werden können. Es wird also ein schrittweiser Ausstieg aus der Kernenergie angestrebt, der im Jahr 2034 (geplantes Ende der Betriebszeit des Kraftwerks Leibstadt) vollzogen sein soll. Dieser Entscheid bedeutet für die Schweiz eine enorme energiepolitische Herausforderung, da der Anteil der Kernenergie im Schweizer Strommix mit rund 40% hoch ist.

Gemäss den vom Bundesrat in Auftrag gegebenen energiewirtschaftlichen Berechnungen ist im Referenzszenario im Jahr 2035 mit einem hypothetischen Stromdeckungsbedarf („Stromlücke“) von 40 TWh zu rechnen, wenn kein Zubau der Stromproduktion im Inland erfolgt. Diese Stromlücke wird im Referenzszenario bis zum Jahr 2050 auf 49 TWh ansteigen (vgl. untenstehende Abbildung). Um eine Abhängigkeit von Stromimporten in dieser Grössenordnung zu vermeiden, sieht der Bundesrat mit der Energiestrategie einen starken, durch zusätzliche Subventionen geförderten Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen vor. Obwohl der Bundesrat von optimistischen Ausbauzielen ausgeht, fällt das Ergebnis ernüchternd aus: gerade mal ein Fünftel der Stromlücke kann im Jahr 2035 durch neue Erneuerbare gedeckt werden. Zwischen 2035 und 2050 soll der Zubau von erneuerbaren Energien weiter vorangetrieben werden. Es muss aber davon ausgegangen werden, dass auch im Jahr 2050 weniger als die Hälfte der Lücke durch neue Erneuerbare gedeckt werden kann. Inländische fossile Stromerzeugung kann diese Lücke potenziell schliessen, doch gibt es unbestritten gute ökologische, ökonomische und politische Gründe, eine entsprechende Abhängigkeit von fossilen Energieträgern in der Stromproduktion zu vermeiden.



*Hypothetischer Deckungsbedarf gemäss Referenzszenario („weiter wie bisher“) in den Jahren 2035 und 2050 und maximaler Beitrag der erneuerbaren Energien*

Im Lichte dieser Einschränkungen auf der Angebotsseite sieht der Bundesrat tiefgreifende Massnahmen auf der Ebene der Energienachfrage vor. Konkret wird eine „neue Energiepolitik“ angestrebt, die die Schweiz auf den 2‘000-Watt-Pfad führt und damit die Energie- und Stromnachfrage nach politisch festgelegten Zielen lenkt. In den von Bundesrat beauftragten Berechnungen ist das zentrale Instrument der „neuen Energiepolitik“ eine umfassende Energielenkungssteuer, die dafür sorgen soll, dass der Deckungsbedarf der Elektrizität per 2035 bei vollem Ausbau der neuen Erneuerbaren statt 32 TWh (Szenario „weiter wie bisher“) „nur“ 18 TWh beträgt. Die zusätzliche Einsparung von 14 TWh im Jahr 2035 ist bereits für sich eine Herkules-Aufgabe, da ja bereits die aktuelle Energiepolitik mit vielfältigen Massnahmen den Stromverbrauch einzudämmen versucht. Besonders bemerkenswert sind aber die Ergebnisse der Entscheidungsgrundlagen im Hinblick auf das Jahr 2050, dem Ende des Planungshorizonts: Dannzumal sollen die Lenkungs- und Stromeffizienzmassnahmen die Stromnachfrage soweit nach unten gedrückt haben (minus 24 TWh gegenüber dem Szenario „weiter wie bisher“), dass unter Berücksichtigung des Ausbaus der erneuerbaren Energien gerade noch eine minimale Deckungslücke in Höhe von 3 TWh resultiert. Mit anderen Worten, es wird eine Energie- und Strompolitik angestrebt, die im einigermaßen planbaren Zeithorizont von zwei Jahrzehnten trotz grösster Anstrengungen grosse Deckungslücken nach sich zieht und erst in ferner Zukunft, zu einem Zeitpunkt, in dem längst nachrückende Generationen in der Verantwortung sind, gerade ihre Ziele erreichen soll.

Die Entscheidungsgrundlagen des Bundesrats sind insofern sehr kritisch zu beurteilen, als sie – wenn auch weitgehend unausgesprochen – eine radikale Energiewende und einen radikalen Strukturwandel der Schweizer Wirtschaft voraussetzen. Dabei werden die volkswirtschaftlichen Effekte der „neuen Energiepolitik“ weitestgehend ausgeblendet. Die energiewirtschaftlichen Modelle unterstellen zwar grob eine Verdoppelung der Energiepreise (ab 2011), doch die Möglichkeit von negativen Auswirkungen auf das Wirtschaftswachstum und den Wohlstand in der Schweiz wird nicht bzw. nur rudimentär in Betracht gezogen.

Die Machbarkeit der Energiewende ohne nennenswerte Wohlstandseinbussen wird durch eine im November 2011 erschienene Studie der ETH Zürich gestützt. Trotz massiver CO<sub>2</sub>-Reduktion (und auch zukünftig weitgehend CO<sub>2</sub>-freier Stromproduktion) soll demnach auch der Kernenergieausstieg noch möglich sein. Die Studie kommt auf der Basis von Modellrechnungen zum bemerkenswerten Ergebnis, dass das Wohlstandsniveau, das ohne Kernenergieausstieg im Jahr 2050 zu erwarten sei, im Falle des Ausstieges bereits rund ein Jahr später erreicht würde. Der Umstand, dass sämtliche historischen Daten eine hohe positive Korrelation zwischen dem Wirtschaftswachstum und dem Stromverbrauch aufzeigen, zwingt geradezu zu höchster Skepsis gegenüber diesen optimistischen Einschätzungen.

### *Zentrale Ergebnisse*

Die vorliegende Studie unterzieht die Entscheidungsgrundlagen des Bundesrates einer kritischen Würdigung, analysiert die Ergebnisse der ETH Zürich und evaluiert die schweizerische Energiepolitik insgesamt. Die Studie kommt bezüglich Entscheidungsgrundlagen und Energiestrategie 2050 zu folgenden zentralen Ergebnissen:

- Zwischen Stromverbrauch und Wirtschaftsleistung besteht seit Jahrzehnten eine enge Wechselwirkung, die sich bei Vorliegen von Wirtschaftswachstum in aller Regel in einem steigenden Stromverbrauch äussert. Die Entscheidungsgrundlagen unterstellen ohne hierfür plausible Gründe aufzuführen, dass in der Schweiz in den kommenden Jahren eine sehr weitgehende Entkopplung des Stromverbrauchs von der Wirtschaftsleistung gelingen wird. Erfüllt sich diese optimistische Annahme eines nachhaltigen Trendbruchs nicht, werden energiepolitische Massnahmen, die den Stromverbrauch auf ein vordefiniertes Niveau drücken, namhafte Einbussen beim Wirtschaftswachstum nach sich ziehen.
- Um die Beeinträchtigung der wirtschaftlichen Entwicklung durch die Energiestrategie 2050 möglichst gering zu halten, muss jederzeit eine ausreichende Stromversorgung gewährleistet sein. Wird aus politischen oder wirtschaftlichen Gründen ausserdem das Ziel verfolgt, eine strukturelle Abhängigkeit von Stromimporten zu vermeiden, werden fossile Grosskraftwerke in der Schweiz auf Jahrzehnte hinaus unerlässlich. Der Ausstieg aus der Kernenergie zwingt die Schweiz zum Einstieg in die fossile Stromerzeugung.
- Die energiepolitischen Entscheidungen sind überhastet und auf Grundlage unvollständiger Unterlagen getroffen worden. Wichtige Rahmenbedingungen wurden ignoriert oder ausgeblendet (Notwendigkeit von Stromspeicherung und zusätzlicher Netzausbau, internationaler Kontext, politökonomische Aspekte bei der Umsetzung der Energiestrategie).
- Der vom Bundesrat vorgesehene Massnahmen-Katalog zur Umsetzung der Energiewende ist höchst unklar definiert. Es besteht keinerlei Klarheit bezüglich der Wirkung und der politischen Durchsetzbarkeit der angedachten Instrumente.

Die Analyse der volkswirtschaftlichen Auswirkungen der Energiepolitik liefert folgende Ergebnisse:

- Quantitative Modellschätzungen zu den volkswirtschaftlichen Kosten der Energiewende sind wichtig, aber auch immer mit Vorsicht zu interpretieren. Dies gilt vor allem dann, wenn die Auswirkungen über einen langen Zeitraum geschätzt werden und die Modelle zudem massive (d.h. in diesem Ausmass noch nie dagewesene) Veränderungen abbilden sollen. Optimistische technische Annahmen führen unter diesen Voraussetzungen zu Ergebnissen, die

nicht als Grundlage für Politikentscheidungen dieser Tragweite taugen. Dies gilt auch für die Studie der ETH. Wir verzichten daher auf eine Quantifizierung der volkswirtschaftlichen Kosten, die mit der neuen Energiestrategie in Zukunft anfallen werden, weisen aber die Art der zu erwartenden Kosten aus.

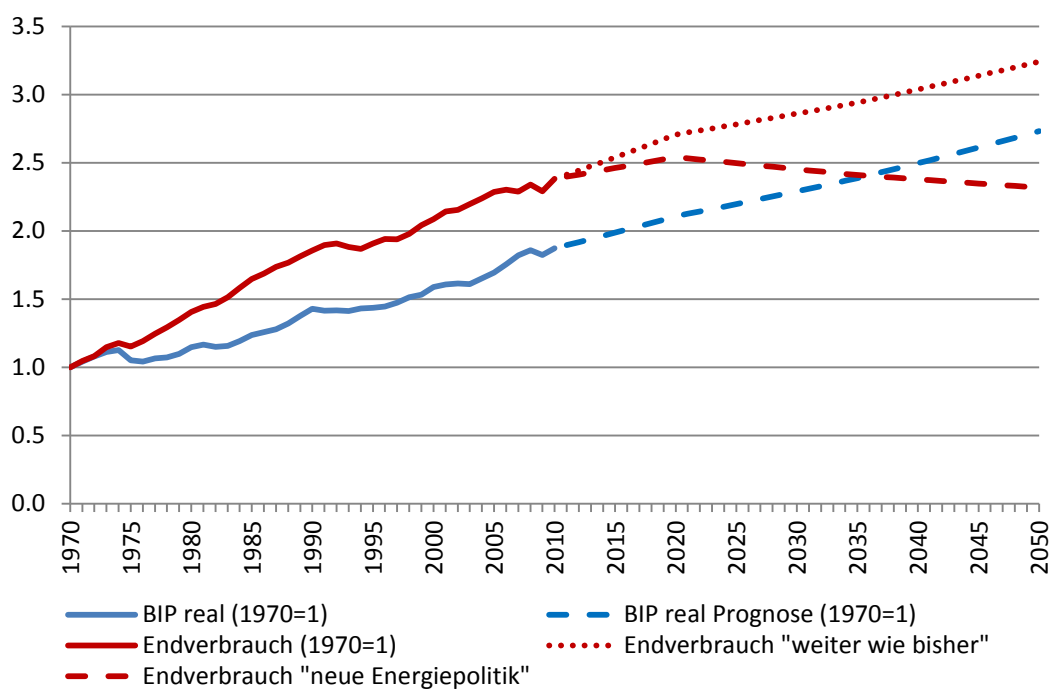
- Technologischer Fortschritt kann einen Beitrag zur Bewältigung der Energie- wende leisten, sofern neue Innovationen eine deutliche Steigerung der Ener- gieeffizienz in der gesamten Volkswirtschaft ermöglichen. Politische Mass- nahmen wie eine Energielenkungsabgabe sind aber nur sehr eingeschränkt in der Lage, die Richtung und die Geschwindigkeit des technologischen Fort- schritts zu steuern. Dies gilt in besonderem Masse für kleine und offene Volkswirtschaften wie die Schweiz, da die grossen Technologietrends globale Phänome sind.
- Die Umsetzung der Energiestrategie 2050 wird die internationale Wettbe- werbsfähigkeit zahlreicher Schweizer Wirtschaftszweige beeinträchtigen. Offen ist, inwieweit die damit einhergehenden volkswirtschaftlichen Kosten durch einen Strukturwandel der Schweizer Wirtschaft kompensiert werden können. Sehr riskant sind jedoch Versuche, den Strukturwandel durch die staatliche Förderung und Subventionierung von vermuteten Zukunftsbranchen (Beispiel Cleantech) vorantreiben und lenken zu wollen. (Die aktuellen Probleme in der deutschen Solarindustrie sollten ein warnendes Beispiel sein.) Es gibt kaum Beispiele von Fördermassnahmen, die nicht in ständige staatliche Abhängigkei- ten ausgeartet wären.
- Die Energiestrategie ist mit politökonomischen Risiken verbunden, weil durch Lobbying und Rent-Seeking eine ineffiziente Umsetzung und höhere volks- wirtschaftliche Kosten resultieren werden.

#### *Unwahrscheinliche Entkoppelung von Wirtschaftswachstum und Stromverbrauch*

Die untenstehende Abbildung zeigt die Entwicklung des Elektrizitätsverbrauchs in den beiden Nachfrageszenarien der Entscheidungsgrundlagen des Bundesrates sowie das erwartete Wirtschaftswachstum. Im Szenario „weiter wie bisher“ wird von einem kontinuierlichen und weitgehend proportional zum Wirtschaftswachstum verlaufenden Anstieg des Elektrizitätsverbrauchs über die kommenden Jahrzehnte ausgegangen. Bereits die Realisierung dieses Pfads ist – bei gegebenem Wirtschaftswachstum – als grosse Herausforderung zu erachten. Denn erstens stieg der Elektrizitätsverbrauch von 1970 bis heute deutlich überproportional zur Wirtschaftsentwicklung, wie sich der Abbildung entnehmen lässt. Gefordert ist folglich ein langfristiger Trendbruch, der aber – zweitens – erschwert wird durch den Umstand, dass Energiespar-Bemühungen in Zukunft dafür sorgen werden, dass Elektrizität zunehmend andere Energieträger substituieren soll. Ein Beispiel hierfür ist die vielerorts erwartete und geforderte Elekt- rifizierung des Verkehrs.



Das Szenario „neue Energiepolitik“ geht nochmals einen grossen Schritt weiter und sieht einen regelrechten „Knick“ des Elektrizitätsverbrauchs vor, indem der Elektrizitätsverbrauch ab dem Jahr 2020 kontinuierlich sinken soll. Ein solcher langfristiger Rückgang des Elektrizitätsverbrauchs hat sich historisch noch nie ereignet und ist schon deswegen höchst unrealistisch. Gemäss den Entscheidungsgrundlagen soll der Rückgang aber ausgerechnet ab 2020 möglich sein. Gleichzeitig wird unterstellt, dass die zukünftige Wirtschaftsentwicklung in keiner Weise davon tangiert wird. Weitaus realistischer ist natürlich, dass sich eine politisch festgelegte Senkung des Elektrizitätsverbrauchs in Wohlstandsverlusten niederschlägt, weil die Entkopplung von Stromverbrauch und Wirtschaftsleistung nicht im erhofften Ausmass gelingt.



*Elektrizitätsverbrauch in den Szenarien „weiter wie bisher“ und „neue Energiepolitik“ im Vergleich zur Wirtschaftsentwicklung (Werte indexiert; 1970=1)*

Das Szenario „neue Energiepolitik“ kann daher nicht als Grundlage einer seriösen Energiepolitik dienen. Umso bedenklicher sind jedoch die Bestrebungen, die schweizerische Energiepolitik an diesem politisch attraktiven Szenario auszurichten, nur weil bei einer Erreichung der anvisierten Nachfrageentwicklung die Klimaziele in Reichweite rücken und die entstehende Stromdeckungslücke bis zur Mitte des Jahrhunderts geschlossen werden könnte.

#### *Notwendigkeit von Grosskraftwerken und fossiler Elektrizitätserzeugung*

Die Szenarien der Entscheidungsgrundlagen zeigen bei einem Nachfrageszenario „weiter wie bisher“, dass der Strom selbst bei maximaler Ausschöpfung der erneuerbaren Energien und der dezentralen Wärme-Kraft-Kopplung nicht ohne neue Grosskraft-

werke vollständig in der Schweiz produziert werden kann. Erneuerbare Energien und Wärme-Kraft-Kopplung können einen Beitrag von 34 TWh leisten, notwendig wären bis zum Jahr 2050 hingegen rund 50 TWh. Hinzu kommt, dass die Problematik der Deckungslücke im Winterhalbjahr aufgrund der geringeren Produktion und des höheren Verbrauchs stärker ausgeprägt ist. Unter dem unrealistischen Nachfrageszenario „neue Energiepolitik“ ist eine dezentrale Erzeugung ab dem Jahr 2050 in der Schweiz bei Ganzjahresbetrachtung gerade möglich, allerdings auch nicht ohne den Einstieg in die fossile Elektrizitätserzeugung.

#### *Entscheid auf Grundlage unvollständiger Analysen*

Die Entscheidungsgrundlagen wurden unter einem enormen Zeitdruck erstellt. Entsprechend mussten Modelle eingesetzt werden, die ursprünglich für einen anderen Zweck entwickelt wurden. Die vorliegende Studie zeigt wichtige Aspekte auf, die in Bezug auf den Elektrizitätssektor in den Entscheidungsgrundlagen hätten umfassender ausgearbeitet werden müssen. Erstens ist die Fokussierung auf die gesamten Jahresstrommengen zu kritisieren. Damit wird die Problematik der täglichen Schwankungen bei Stromangebot und -nachfrage ausgeblendet und die Folgewirkungen dieser Schwankungen (Notwendigkeit der Stromspeicherung und des Netzausbaus) werden weitgehend ignoriert. Zweitens wird der internationale Kontext in den Entscheidungsgrundlagen nicht beachtet, sondern es wird stattdessen eine Harmonisierung der Energiepolitik vorausgesetzt, die aber bei den angestrebten Reduktionszielen der „neuen Energiepolitik“ völlig unrealistisch ist. Die politökonomischen Aspekte werden drittens ausgeblendet. Es wird implizit eine Schweiz skizziert, die von einem wohlwollenen Diktator regiert wird, der nicht nur die richtigen Massnahmen kennt, sondern auch jederzeit in der Lage ist, die für die Umsetzung der Energiestrategie erforderlichen Massnahmen durchzusetzen. Die Realität ist natürlich eine ganz andere: Der Umsetzungsprozess wird nicht ohne Widerstände vonstatten gehen, da jede Massnahme Gewinner und Verlierer nach sich zieht. Schliesslich werden in den Entscheidungsgrundlagen die längerfristigen volkswirtschaftlichen Auswirkungen nur sehr rudimentär abgehandelt.

#### *Unklarer Massnahmen-Katalog*

In der bundesrätlichen Strategie wird eine Liste von nicht weniger als 50 Massnahmen geführt, mit welchen bei Bedarf in den Markt eingegriffen werden soll. Die Ausgestaltung der Massnahmen ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt völlig unklar und viele Massnahmen werden sich bezüglich Wirksamkeit und politischer Akzeptanz in heisse Luft auflösen oder werden in erster Linie mehr Bürokratie und einschneidende Freiheitsbeschränkungen mit sich bringen. Am effektivsten wäre vermutlich eine sehr hohe, für alle Haushalte und Unternehmen gleichermaßen gültige Lenkungsabgabe zur Reduktion der Energienachfrage, die vom Bundesrat – im Gegensatz zu den Entscheidungsgrundlagen von Prognos – aber bloss als „ultima ratio“ für den Fall dargestellt wird, dass weniger einschneidende Massnahmen nicht genügen sollten. Die Lenkungsabgabe

in dem notwendigen Ausmass dürfte sich nämlich politisch sehr schwierig durchsetzen lassen und ist auch konzeptionell wenig sinnvoll, solange in der Schweiz noch häufig faktisch subventionierte Stromtarife existieren, die unter den Marktpreisen liegen. Ob die 50 Massnahmen überhaupt eine der Lenkungsabgabe äquivalente Wirkung zeitigen könnten, wurde bislang überhaupt nicht analysiert. Dieser nebulöse Aktionsplan führt zum einzig möglichen Schluss, dass zum gegenwärtigen Zeitpunkt keine Energiestrategie existiert, mit der die anvisierten Ziele zu erreichen sind.

*Unsichere Ergebnisse zu den volkswirtschaftlichen Auswirkungen*

Die Schätzung der volkswirtschaftlichen Auswirkungen können wichtige Informationen liefern, die Ergebnisse sind aber grundsätzlich nur mit der gebotenen Vorsicht zu interpretieren. Folgende zentrale Kritikpunkte sind bezüglich der Schätzungen der ETH Zürich anzubringen, die eine praktisch kostenlose Umsetzung der neuen Energiepolitik in Aussicht stellt. Erstens sind allgemeine Gleichgewichtsmodelle mit fixen Input-Output-Strukturen für relativ kurzfristige und marginale Parameteränderungen (z.B. Mehrwertsteuersätze etc.) geeignet, nicht jedoch für 40-jährige Prognosen mit radikalen und vielfältigsten energiepolitischen Eingriffen. Die Modelle sind darüber hinaus auf Beobachtungen und Erfahrungen der Vergangenheit kalibriert, die für den anvisierten Paradigmenwechsel der Energiepolitik keine zuverlässigen Erkenntnisse liefern können. Zweitens sind die Kosten der staatlichen Beeinflussung von Angebot und Nachfrage sehr mannigfaltig. Sie können nicht alle in Modellschätzungen abgebildet und quantifiziert werden. Im Rahmen dieser Studie wird gezeigt, in welchen Bereichen ökonomische Auswirkungen für die Schweiz resultieren, beispielsweise durch höhere Investitions- und Betriebskosten, geringere Handelsgewinne, Fehlallokationen, Nutzenverluste und Umweltkosten (vgl. nachfolgende Tabelle).

	<b>Kostenursache</b>	<b>Kostenart</b>
<b>Angebot</b>	Ausbau erneuerbarer Energien	Höhere Investitionskosten (inkl. Back-up Lösungen)
	Ausbau Speicherkapazitäten	Höhere Investitions- und Betriebskosten
	Reduktion Stromhandel	Verzicht auf Handelsgewinne
	Einstieg in die Gaskraft	Preisrisiken, Umweltkosten, Auslandsabhängigkeiten
	Abhängigkeit von Stromimporten	Reduktion der Versorgungssicherheit
	Verbot neuer Kernkraftwerke	Optionsverlust
<b>Nachfrage</b>	Reduktion Energieverbrauch	Fehlallokationen, höhere Investitions- und Betriebskosten, Nutzenverluste
	Strompreissteigerungen	Schwächung der Standortattraktivität, Nutzenverlust durch Konsumverzicht
<b>Sys-tem</b>	Netze	Höhere Investitions- und Betriebskosten

*Potentielle Kosten der Energiestrategie 2050 (nur mit Bezug zur Elektrizität)*

Aufgrund der Vernachlässigung eines Teils der aufgeführten Kosten werden die nega-



tiven Auswirkungen der Energiepolitik in den Modellschätzungen zu gering geschätzt. Drittens werden die Berechnungen auf Basis „wohlwollender“ Annahmen, beispielsweise über den technologischen Fortschritt und den Strukturwandel der Volkswirtschaft, erzielt und politökonomische Risiken werden gar nicht in Betracht gezogen. Werden alle Annahmen gleichzeitig am optimistischen Rand (oder sogar darüber hinaus) angesiedelt, sind die Ergebnisse insgesamt im höchsten Grade unwahrscheinlich. Viertens suggeriert die ETH-Studie mit der dargestellten Punktschätzung eine hohe Prognosegenauigkeit, die unter den gegebenen Unsicherheiten so niemals erreicht werden kann.

*Der Beitrag des technologischen Fortschrittes zur Bewältigung der Energiewende ist ungewiss*

Zahlreiche Befürworter der Energiewende sehen in steigenden Strompreisen weniger ein Problem als vielmehr einen Teil der Lösung, da sie davon ausgehen, dass höhere Strompreise der wirksamste Treiber für die Anwendung und insbesondere auch die Entwicklung von neuen stromeffizienten Produkten und Prozessen sind. Tatsächlich ist davon auszugehen, dass die Unternehmen – ganz im Sinne von Hicks' These der „induzierten Innovation“ – vermehrt Mittel in die Förderung der Stromeffizienz stecken werden, wenn der Produktionsfaktor Strom teurer wird und die Nachfrage nach energieeffizienten Produkten steigt. Die entscheidende Frage ist allerdings, wo die Grenzen der dergestalt induzierten Innovation liegen.

Die empirische Literatur zur induzierten Innovation durch Energiepreiserhöhungen liefert v.a. Belege für inkrementelle Verbesserungen von bereits bestehenden Produkten (z.B. erhöhte Stromeffizienz bei Haushaltsgeräten). Solche Effekte werden jedoch nicht ausreichen, um die volkswirtschaftlichen Kosten der geplanten Energiewende wirksam abzdämpfen. Daneben gibt es gewichtige Gründe, die darauf schliessen lassen, dass das Drehen an der Preisschraube beim Strom keinen entscheidenden Einfluss auf die massgeblichen technologischen Entwicklungen und damit die Stromnachfrage haben wird. Betrachtet man die grossen technologischen Durchbrüche der Vergangenheit, kommt man nicht um die Feststellung umhin, dass diese normalerweise losgelöst von Marktgegebenheiten entstanden. Technologische Durchbrüche werden von grundlegenden und pionierhaften Einsichten getrieben, die sich weder planen noch steuern lassen („Technology-Push“ statt „Demand-Pull“). In diesem Sinne ist in Zukunft nicht nur mit Innovationen zu rechnen, die mit dem Ziel des Stromsparens im Einklang stehen, sondern ebenso mit solchen, die diesem Ziel diametral gegenüber stehen. Ausserdem kommt erschwerend hinzu, dass die Schweiz in ein internationales Umfeld eingebettet ist, in welchem die politischen Rahmenbedingungen ohnehin nur eine sehr begrenzte Wirkung entfalten können. Sowohl inländische als auch ausländische Unternehmen, die für den Weltmarkt produzieren, werden ihre Forschung und Entwicklung nicht neu ausrichten, wenn nur in der Schweiz eine zunehmende Nachfrage nach energieeffizienten Produkten festgestellt wird.

Angesichts dieser Faktoren wäre es verfehlt, heute schon auf zukünftige technologi-

sche Fortschritte zu setzen, welche die negativen ökonomischen Implikationen der Energiewende abfedern könnten.

#### *Falsche Hoffnungen auf Wachstumsimpulse durch Strukturwandel*

Von grosser Bedeutung ist die Frage, welche Auswirkungen die Umsetzung der Energiestrategie auf die Wirtschaftsstruktur und die internationale Wettbewerbsfähigkeit der Schweizer Wirtschaft haben könnte. In einem Punkt sind sich Befürworter und Gegner der Energiewende weitgehend einig: Ohne Verschiebungen der relativen Bedeutung einzelner Branchen wird die Energiewende nicht zu haben sein. In jüngster Zeit werden immer mehr Stimmen laut, die einen zukünftigen Erfolgsfaktor der Schweizer Wirtschaft in einem prosperierenden Cleantech-Sektor sehen. Der Grundtenor lautet, man müsse in der Schweiz einfach Cleantech-freundliche Rahmenbedingungen schaffen (inkl. Förderpolitik), dann stehe einem Strukturwandel, der die negativen volkswirtschaftlichen Implikationen der Energiewende abzufedern wisse, wenig im Weg.

Die vorgebrachten Argumente für eine Cleantech-Förderung halten weder einer theoretischen noch einer empirischen Überprüfung stand. Die Förderung einzelner Wirtschaftszweige ist kurzfristig zweifellos mit höheren volkswirtschaftlichen Kosten als Nutzen verbunden. Vom Arbeitsplätze-Argument darf man sich dabei nicht blenden lassen, da die Förderung einzelner Branchen unweigerlich andere Branchen schwächt und dort Arbeitsplätze vernichtet. Ausserdem zeigen Studien aus diversen europäischen Ländern mit aller Deutlichkeit, welche enorme Fördermittel für die Schaffung von Arbeitsplätzen im Sektor der erneuerbaren Energien erforderlich sind.

Der Versuch, in vermuteten Zukunftsbereichen durch kluge Regulierung internationale „First-Mover-Advantages“ zu generieren, kann sich in der langen Frist zumindest theoretisch als lohnende Investition entpuppen. Bedingung hierfür ist, dass der Staat die zukunftsfähigen Branchen richtig erkennt und dass diese eine anhaltende internationale Technologieführerschaft erlangen. Mindestens ebenso wahrscheinlich ist aber das Gegenteil. Diese Strategie ist demnach hochriskant, wie die aktuellen Probleme der deutschen Solarindustrie zeigen. Die Förderpolitik des Erneuerbare-Energien-Gesetzes führte zwar zu einem zehnjährigen Boom der deutschen Solarbranche inkl. internationalen Vorreitereffekts, doch mittlerweile haben asiatische Anbieter aufgeholt und im Markt einen massiven Kostendruck ausgelöst. Weil die deutschen Anbieter, aufgrund des anhaltenden Subventionsflusses zur Trägheit neigend, keinen klaren Technologievorsprung mehr aufweisen und mit den Kostenstrukturen der neuen Anbieter nicht mithalten können, mussten sie allein im letzten Jahr rund 20'000 Arbeitsplätze abbauen. Vor diesem Hintergrund ist mit Nachdruck davor zu warnen, sich der Hoffnung hinzugeben, dass ein durch Subventionen forcierter Strukturwandel dazu beitragen kann, die Kosten der Energiewende gering zu halten.

#### *Politökonomische Risiken*

Eine Energiewende im Sinne der neuen Energiestrategie kann nicht in einer idealen Welt vollzogen werden. In der Realität werden starke Lobbys kleiner homogener Gruppen Privilegien und Ausnahmen durchsetzen – je vielfältiger die Massnahmenbündel sind, desto zahlreicher und unüberschaubarer können Sonderregelungen gewährt werden. Zum einen werden sich stromintensive Branchen oder Unternehmen den Widerstand mit Ausnahmen abkaufen lassen, zum anderen wird der Subventionsfluss nicht versiegen, sondern ausufern. Dies lässt die volkswirtschaftlichen Kosten zusätzlich ansteigen, die letztlich von den immobilen und inhomogenen Akteuren (Konsumenten, Steuerzahler, Arbeitnehmer) getragen werden müssen.

### ***Ausblick***

Bei aller Unsicherheit erscheint folgendes Szenario plausibler als die Hoffnungen der Behörden: Die Energiestrategie 2050 scheitert an physikalischen und technologischen Grenzen, an technisch-ökonomischen Fehlallokationen, an zunehmenden nationalen politischen Widerständen und schliesslich auch an Inkompatibilität mit dem internationalen Umfeld und mit internationalen Trends. Die volkswirtschaftlichen Kosten werden zunehmend spürbar und zerstören die heute noch vorherrschenden Illusionen einer Energiewende mit null Kosten oder gar positiven Wachstumsimpulsen. Spätestens dann müssen Korrekturen an der Energiestrategie vorgenommen und die Ziele abgeschwächt werden. Die alten Kernkraftwerke werden deshalb laufend erneuert und werden 60 Jahre oder mehr in Betrieb bleiben. Die Stromanbieter werden aber notgedrungen in Gaskraftwerke investieren, was zu neuen Risiken (CO<sub>2</sub>, Gaspreise) und Abhängigkeiten führen wird.

Zum heutigen Zeitpunkt kann die Empfehlung abgegeben werden, dass die im Nachgang von Fukushima und im Vorfeld der Wahlen eilig getroffenen energiepolitischen Entscheidungen nochmals gründlich zu hinterfragen sind. Hierfür sind bessere Planungsgrundlagen zu schaffen und auf dieser Basis ist anschliessend die Energiestrategie einer Revision zu unterziehen. Bereits heute ist wichtig, dass eine Relativierung der Weichenstellung sofort signalisiert wird. Denn jetzt sehen sich viele Player (Marktakteure, Institutionen, Gemeinden, Kantone) bereits zu Investitionen veranlasst, die sich später als verfehlt erweisen könnten. Die viel beschworene Planungssicherheit ist so betrachtet für private Investoren nicht gegeben und für öffentliche Investoren politisch verzerrt.

*Autoren:*

*Prof. em. Silvio Borner*

Beirat des Instituts für Wirtschaftsstudien Basel und Direktor der WWZ-Summer School  
silvio.borner@iwsb.ch

*lic. rer. pol. Dominik Hauri*

Senior Economist des Instituts für Wirtschaftsstudien Basel  
dominik.hauri@iwsb.ch

*Dr. rer. pol. Patrick Koch*

Senior Economist des Instituts für Wirtschaftsstudien Basel  
patrick.koch@iwsb.ch

*Dr. rer. pol. Lukas Mohler*

Geschäftsführer des Instituts für Wirtschaftsstudien Basel  
lukas.mohler@iwsb.ch

*lic. rer. pol. Markus Saurer*

Experte für Wettbewerbs- und Regulierungsökonomie  
markus.saurer@industriekoekonomie.ch

IWSB - Institut für Wirtschaftsstudien Basel AG  
Steinenvorstadt 79  
CH - 4051 Basel  
www.iwsb.ch

Diese Analyse wurde im Auftrag der swisselectric erstellt.

## Inhalt

<b>1. Einleitung</b> .....	<b>15</b>
<b>2. Darstellung der Entscheidungsgrundlagen der Energiestrategie 2050 des Bundes</b> .....	<b>17</b>
2.1. Modellarbeiten .....	17
2.2. Szenarien zur Stromnachfrage .....	17
2.3. Szenarien zum Stromangebot.....	19
2.4. Strategien zur Vermeidung der Deckungslücke .....	20
2.5. Massnahmen-Katalog.....	24
<b>3. Kritische Würdigung der Entscheidungsgrundlagen</b> .....	<b>27</b>
3.1. Unmöglicher „Knick“ auf der Nachfrageseite .....	27
3.2. Unsicherheiten auf der Angebotsseite .....	33
3.3. Zentrale unberücksichtigte Aspekte.....	39
3.4. Fazit .....	42
Exkurs: ETH-Studie zur Energiezukunft Schweiz.....	43
<b>4. Kosten der Energiestrategie 2050</b> .....	<b>48</b>
4.1. Theoretische Grundlagen zu den volkswirtschaftlichen Kosten .....	48
4.1.1. Komparativ-statisch schrumpfende Produktionsmöglichkeiten.....	48
4.1.2. Dynamischer Verlust an Standortgunst.....	51
4.1.3. Effizienzverluste (tote Lasten).....	51
4.2. Kostenursachen und Kostenarten.....	52
4.2.1. Kosten durch die Umstellung des Stromangebots .....	53
4.2.2. Kosten durch die Steuerung der Nachfrage .....	57
4.2.3. Kosten zur Gewährleistung einer zuverlässigen Stromversorgung.....	60
4.3. Fazit .....	61
<b>5. Technologischer Fortschritt und induzierte Innovation</b> .....	<b>62</b>
5.1. Induzierte Innovation.....	63
5.2. Grenzen der Gestaltbarkeit überwiegen.....	65
5.3. Fazit .....	69
<b>6. Strukturwandel</b> .....	<b>70</b>
6.1. “First-Mover-Advantage” dank strikter Regulierung? .....	70
6.2. Hoffnungsträger Cleantech .....	72
6.3. Eine kritische Betrachtung einiger populären Cleantech-Argumente.....	73
6.4. Fazit .....	77
<b>7. Wesentliche politökonomische Risiken</b> .....	<b>78</b>
7.1. Vorbemerkungen.....	78
7.2. Die Strategie im politischen Prozess .....	80
7.3. Stilisierte politökonomische Prozesse oder Szenarios .....	82
7.4. Fazit .....	85
<b>8. Folgerungen und Empfehlungen</b> .....	<b>86</b>
<b>Nachwort von Prof. Dr. Silvio Borner</b> .....	<b>89</b>
<b>Anhang</b> .....	<b>94</b>
<b>Quellenverzeichnis</b> .....	<b>101</b>



## Abbildungen

Abbildung 1: Entwicklung von Stromangebot und -nachfrage bis 2050 (ganzes Jahr) .....	21
Abbildung 2: Entwicklung von Stromangebot und -nachfrage bis 2050 (Winterhalbjahr) .....	22
Abbildung 3: Entwicklung der Wirtschaftsleistung, des Energieverbrauchs und des Elektrizitätsverbrauchs in den Jahren 1970-2010 (Werte indexiert; 1970=1).....	28
Abbildung 4: Energieverbrauch in den Szenarien „weiter wie bisher“ und „neue Energiepolitik“ im Vergleich zur Wirtschaftsentwicklung (Werte indexiert; 1970=1).....	30
Abbildung 5: Entwicklung der Energieproduktivität seit 1970 und notwendige Entwicklung bis 2050 in den Szenarien „weiter wie bisher“ und „neue Energiepolitik“ .....	31
Abbildung 6: Elektrizitätsverbrauch in den Szenarien „weiter wie bisher“ und „neue Energiepolitik“ im Vergleich zur Wirtschaftsentwicklung (Werte indexiert; 1970=1) .....	32
Abbildung 7: Entwicklung der Photovoltaik und der Windkraft gemäss BFE (2011a) in GWh .....	34
Abbildung 8: Stromlücke im Jahr 2035 in den beiden Nachfrageszenarien „weiter wie bisher“ und „neue Energiepolitik“ .....	35
Abbildung 9: Stromlücke im Jahr 2050 in den beiden Nachfrageszenarien „weiter wie bisher“ und „neue Energiepolitik“ .....	36
Abbildung 10: Transformationskurve für eine geschlossene und offene Volkswirtschaft .....	49
Abbildung 11: Schätzung der Zubaupotenziale der erneuerbaren Energien .....	94
Abbildung 12: Ingenieurwissenschaftliche und ökonomische Energiesparpotenziale (Rebound- Effekt) .....	98
Abbildung 13: Grafische Darstellung des Rebound-Effekts .....	99

## Tabellen

Tabelle 1: Stromangebotsvarianten, Produktion und Importe .....	23
Tabelle 2: Ergebnisse der Umfrage bezüglich Wirkung, Akzeptanz und Priorität der energiestrategischen Massnahmen.....	26
Tabelle 3: Potentielle Kosten der Energiestrategie 2050 (nur mit Bezug zur Elektrizität) .....	53
Tabelle 4: Empirische Schätzungen des Rebound-Effekts .....	100

## 1. Einleitung

Der Bundesrat kündigte im Frühjahr 2011 – unter dem unmittelbaren Eindruck der Ereignisse in Fukushima – mit der „Energiestrategie 2050“ einen tiefgreifenden energiepolitischen Paradigmenwechsel an. Kernelement der neuen Energiestrategie ist der Ausstieg aus der Kernenergie. Die bestehenden Kernkraftwerke müssen zwar nicht sofort vom Netz gehen, sollen aber am Ende ihrer Betriebszeit nicht mehr durch neue Kernkraftwerke ersetzt werden können. Es wird also ein schrittweiser Ausstieg aus der Kernenergie angestrebt, der im Jahr 2034 (geplantes Ende der Betriebszeit des Kraftwerks Leibstadt) vollzogen sein soll. Dieser Entscheid bedeutet für die Schweiz eine enorme energiepolitische Herausforderung, da der Anteil der Kernenergie im Schweizer Strommix mit rund 40% im internationalen Vergleich hoch ist.

Die Entscheidungsgrundlagen des Bundesrats setzen – wenn auch weitgehend unausgesprochen – eine radikale Energiewende und einen radikalen Strukturwandel der Schweizer Wirtschaft voraus. Dabei werden die volkswirtschaftlichen Effekte der „neuen Energiepolitik“ weitestgehend ausgeblendet. Die energiewirtschaftlichen Modelle unterstellen zwar grob eine Verdoppelung der Energiepreise (ab 2011), doch die Möglichkeit von negativen Auswirkungen auf das Wirtschaftswachstum und den Wohlstand in der Schweiz wird nicht bzw. nur rudimentär in Betracht gezogen.<sup>1</sup>

Die Machbarkeit der Energiewende ohne nennenswerte Wohlstandseinbussen wird durch eine im November 2011 erschienene Studie der ETH Zürich gestützt. Trotz massiver CO<sub>2</sub>-Reduktion (und auch zukünftig weitgehend CO<sub>2</sub>-freier Stromproduktion) soll demnach auch der Kernenergieausstieg noch möglich sein. Die Studie kommt auf der Basis von Modellrechnungen zum bemerkenswerten Ergebnis, dass das Wohlstandsniveau, das ohne Kernenergieausstieg im Jahr 2050 zu erwarten sei, im Falle des Ausstieges bereits rund ein Jahr später erreicht würde. Der Umstand, dass sämtliche historischen Daten eine sehr hohe Korrelation zwischen dem Wirtschaftswachstum und dem Stromverbrauch aufzeigen, zwingt geradezu zu höchster Skepsis gegenüber diesen optimistischen Einschätzungen.

Mit dieser Studie soll auf Grundlage theoretischer Erkenntnisse dargelegt werden, dass die energiepolitischen Ziele des Bundesrates durchaus zu negativen Auswirkungen auf Realeinkommen und Wohlstand führen können. Wichtige volkswirtschaftliche Zusammenhänge werden nämlich mit Modellschätzungen vereinfachend dargestellt oder gleich ganz ignoriert. Zudem werden positive Annahmen getroffen, die in der Realität aller Voraussicht nach nicht eintreffen werden.

<sup>1</sup> Lediglich in einem fünfseitigen Papier wurden „erste grobe Schätzungen“ bezüglich der volkswirtschaftlichen Auswirkungen vorgenommen, die bei einem Verzicht auf Ersatz-KKW und bei einer KKW-Laufzeitverkürzung zu erwarten seien (vgl. BFE 2011b).

Folgender Aufbau wurde in dieser Studie gewählt. In Kapitel 2 werden zunächst die Entscheidungsgrundlagen und der vom Bundesrat vorgesehene Massnahmenkatalog dargestellt. In Kapitel 3 werden diese (und in einem Exkurs auch die Studie der ETH Zürich) vor dem Hintergrund ökonomischer Überlegungen einer kritischen Analyse unterzogen. Dadurch soll insbesondere dem Eindruck entgegengewirkt werden, dass sich die neue Energiestrategie einfach umsetzen lässt und dabei erst noch keinen nennenswerten Wohlstandseinbussen resultieren. In Kapitel 4 folgt eine Diskussion der volkswirtschaftlichen Kosten der Energiewende. Es wird aufgezeigt, dass Kosten viel umfangreicher ausfallen können als allgemein angenommen. In den anschliessenden Kapiteln 5 bis 7 wird die Umsetzung der Energiestrategie in einer idealen Welt relativiert. Es gibt gute – theoretisch und empirisch abgestützte – Gründe, dass der technologische Fortschritt keinen nennenswerten Beitrag zur Energiewende leisten wird oder sogar kontraproduktiv sein kann (Kapitel 5). Der notwendige Strukturwandel der Schweizer Wirtschaft insbesondere mit der Hoffungsbranche Cleantech wird in Kapitel 6 analysiert. Die bestehenden politökonomischen Risiken sind Gegenstand von Kapitel 7. Schliesslich werden in Kapitel 8 die zentralen Schlussfolgerungen gezogen sowie Politikempfehlungen ausgesprochen.

## **2. Darstellung der Entscheidungsgrundlagen der Energiestrategie 2050 des Bundes**

### **2.1. Modellarbeiten**

Im Frühjahr 2011 beauftragte der Bundesrat die Beratungsfirma Prognos AG, „ein Aussprachepapier zu erstellen, das ihm ermöglicht, nach Fukushima seine grundsätzliche Position zur Energiepolitik zu überprüfen und festzulegen“. Es wurde verlangt, dass die bestehenden Energieperspektiven 2035 aus dem Jahr 2007 „einer kritischen Würdigung“ unterzogen und dass „neue Entwicklungen und deren Auswirkungen bis 2050“ abgeschätzt werden.<sup>2</sup> Die Ergebnisse wurden unter dem Titel „Grundlagen für die Energiestrategie des Bundesrates; Frühjahr 2011 – Aufdatierung der Energieperspektiven 2035“ publiziert (BFE 2011a). Sie sind die offiziellen Entscheidungsgrundlagen der Energiestrategie 2050.

Die Entscheidungsgrundlagen wurden auf der Basis von energiewirtschaftlichen Modellen im Rahmen eines mehrstufigen Verfahrens ausgearbeitet. In einem ersten Schritt wurden die gesamtwirtschaftlichen Rahmenbedingungen und die Politikvarianten festgelegt. Diese Rahmenbedingungen (Bevölkerungsentwicklung, BIP-Entwicklung, Wohnflächen, Verkehrsmengen, Energiepreise etc.) wurden gegenüber den Energieperspektiven 2035 teils deutlich angepasst. Die Verwendung der aktuellsten Bevölkerungsperspektiven des BFS hatte beispielsweise zur Folge, dass gegenüber 2007 eine deutlich höhere Zuwachsrate der Bevölkerung zugrunde gelegt wurde. Anschliessend wurde auf Basis von energiewirtschaftlichen Modellen die Energienachfrage berechnet. Hierbei wurde eine Gliederung nach Energieträgern, Wirtschaftssektoren etc. vorgenommen. Da die Abhängigkeit der Schweiz von Stromimporten gering gehalten werden soll, stand in einem dritten Schritt die Frage im Mittelpunkt, wie weit Angebot und Nachfrage bei gegebenen Rahmenbedingungen auseinanderklaffen werden.<sup>3</sup> Anschliessend wurde abgeschätzt, wie diese Differenz (der sog. Deckungsbedarf) durch Zubaustategien der Stromproduktion mit unterschiedlichen Technologien gedeckt werden kann.

### **2.2. Szenarien zur Stromnachfrage**

Die Entwicklung der Stromnachfrage hängt langfristig v.a. von volkswirtschaftlichen und gesellschaftlichen Trends sowie von der Energiepolitik ab. Bezüglich letzterer unterscheiden die Entscheidungsgrundlagen des Bundesrates zwischen zwei Politikszena-

<sup>2</sup> Die relevanten Szenarien der Energieperspektiven 2035 werden in BFE (2007a) diskutiert.

<sup>3</sup> Der Bericht berücksichtigt dabei nur die Gesamtproduktionsmengen eines Jahres, aufgeteilt in das Winter- und Sommerhalbjahr, und geht daher implizit davon aus, dass die notwendigen Speicherkapazitäten für die mit den erneuerbaren Energien zunehmend fluktuierende Stromproduktion vorhanden sind bzw. die Schwankungen im Netz vom Ausland abgefangen werden.

rien, einem Ausgangsszenario („weiter wie bisher“) und einem Zielszenario („neue Energiepolitik“).

Im Szenario „weiter wie bisher“ erfolgt die Abschätzung der Entwicklung der Stromnachfrage unter der Annahme, dass die Energiepolitik der jüngeren Vergangenheit in den kommenden Jahrzehnten konsistent weitergeführt wird. Es werden Massnahmen und Instrumente unterstellt, die bereits beschlossen oder in Kraft gesetzt wurden. So wird z.B. die kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) bis 2050 Bestand haben. Selbiges gilt für das Programm EnergieSchweiz, die leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe und weitere Instrumente. Ausserdem wird unterstellt, dass die SIA-Normen für Gebäude im Neubaubereich alle 10 Jahre um 10% verschärft werden.<sup>4</sup>

Unabhängig vom politischen Instrumentarium fliessen zwei weitere grundlegende Annahmen in die Szenarien ein: Erstens wird ein autonomer Trend hin zu höherer Energieeffizienz unterstellt, der einen dämpfenden Einfluss auf die Entwicklung der Stromnachfrage ausübt. Zweitens wird aber davon ausgegangen, dass die Zahl der für die Strom- und Energienachfrage relevanten Bestandsgrössen steigt. Dazu gehören ein Trend hin zu Mehrfachausstattungen (z.B. Zweitfahrzeuge, zusätzliche Haushaltsgeräte) sowie ein Trend hin zu neuen Arten von stromverbrauchenden Geräten und Komfort erhöhungen (z.B. Whirlpools). Bezüglich des motorisierten Personenverkehrs wird im Szenario „weiter wie bisher“ von einer recht weitreichenden Einführung der Elektromobilität ausgegangen. Der Fahrleistungsanteil der Personenkraftwagen mit Elektroantrieb oder teilweise elektrifiziertem Antrieb soll demzufolge bis 2050 auf 25% steigen.

Das zweite Szenario – „neue Energiepolitik“ – beschreibt einen „tiefgreifenden energiepolitischen Paradigmenwechsel“. Die Energiepolitik wird darauf ausgerichtet, dass die Schweiz „bis im Jahre 2035 auf den 2'000-Watt-Pfad“ gebracht wird; das Szenario ist im Gegensatz zum Ausgangsszenario also nicht massnahmen-, sondern zielorientiert. Entsprechend der ambitionierten Zielsetzung erfordert das Szenario Instrumente mit „hoher Eingriffstiefe“.<sup>5</sup> Das zentrale Instrument in den energiewirtschaftlichen Modellen ist „eine vollständig an Bevölkerung und Unternehmen rückverteilte Energielenkungsabgabe ab 2011, die, wo sinnvoll, durch Ordnungsrecht und Förderinstrumente flankiert wird.“ Ein äquivalentes Massnahmenpaket ist nicht untersucht worden, doch wird darauf hingewiesen, dass dies demnächst erfolgen soll. Um die Ziele zu erreichen, seien jedenfalls Instrumente erforderlich, die insgesamt etwa einer Verdoppelung der Endverbraucherpreise der Energie entsprechen.

Die Autoren weisen des Weiteren darauf hin, dass das Szenario „neue Energiepolitik“ bedingt, dass die Ziele und Instrumente der Energiepolitik international harmonisiert werden, denn „die globale Verschiebung von energieintensiven Betrieben und Tanktou-

<sup>4</sup> Die konkreten Massnahmen sind in BFE (2011a), S. 12, erläutert.

<sup>5</sup> Vgl. BFE (2011a), S.47



rismus“ nützten dem Klima nichts. Darüber hinaus werden die Verfügbarkeit von Effizienzpotenzialen und neuen Schlüsseltechnologien sowie eine Verstärkung der Energieforschung als notwendige Voraussetzungen gesehen.<sup>6</sup> Die genannten Massnahmen sollen u.a. dazu führen, dass der Fahrleistungsanteil mit Elektro-PKW bis 2050 auf 50% anwächst.

In dem abgebildeten Szenario soll die gesamte Endenergienachfrage bis 2020 unter das Niveau des Jahres 2009 gefallen sein und schliesslich 2050 die Nachfrage des Jahres 2009 um 39% unterschreiten. Während beim Heizölverbrauch zwischen 2009 und 2050 ein Nachfragerückgang von knapp 77% erwartet wird, soll die Elektrizitätsnachfrage aufgrund der Substitution anderer Energieträger während dieser Zeitspanne um lediglich etwas über 2% sinken.

### 2.3. Szenarien zum Stromangebot

Der Bundesrat unterscheidet zwischen drei Stromangebotsszenarien oder –varianten. Die *Stromangebotsvariante 1* sieht die „Weiterführung des bisherigen Strommixes mit allfälligem vorzeitigem Ersatz der ältesten drei Kernkraftwerke im Sinne höchstmöglicher Sicherheit“ vor. Hier wird davon ausgegangen, dass die Strompolitik der vergangenen Jahrzehnte konsistent weitergeführt wird, was auch die Annahme miteinschliesst, dass den erforderlichen Zu- und Neubauten (Ersatz der vom Netz gehenden Kraftwerke, steigende Nachfrage) nichts im Wege steht. Innerhalb der Stromangebotsvariante 1 werden zwei Strategien des Zubaus unterschieden: Gemäss Strategie A („Nuklear“) wird ausschliesslich auf Kernkraftwerke gesetzt. Gemäss Strategie B („Fossil-zentral und Nuklear“) werden zur Deckung des Strombedarfs neben Kernkraftwerken auch Gaskombikraftwerke (GuD) eingesetzt. Wesentlich ist bei der Stromangebotsvariante 1, dass eine „Welt im bisherigen Rahmen“ unterstellt wird, in der für die Stromproduktion vor allem grosse Anlagen zum Einsatz kommen.<sup>7</sup>

Die *Stromangebotsvariante 2* beruht auf der Annahme, dass die bestehenden Kernkraftwerke am Ende ihrer Betriebszeit (50 Jahre) nicht durch neue Kernkraftwerke, sondern anderweitig ersetzt werden. Es wird also ein *schrittweiser Ausstieg aus der Kernkraft* unterstellt, der 2019 mit der Stilllegung von Beznau I beginnt und 2034 mit der Stilllegung von Leibstadt vervollständigt wird. Diese Angebotsvariante entspricht der vom Bundesrat beschlossenen Strategie. Sie wird entsprechend bei der nachfolgenden Diskussion im Fokus stehen. Die unterstellte Betriebsdauer von 50 Jahren bezieht sich auf die Modellarbeiten; der Bundesrat hat darauf hingewiesen, dass in der Praxis für einzelne Kernkraftwerke eine kürzere oder auch eine etwas längere Betriebsdauer resultieren kann.

<sup>6</sup> Die vollständige Liste von angenommenen Technologienentwicklungen und Strukturveränderungen wird in BFE (2011a), S. 48f, aufgezeigt.

<sup>7</sup> Vgl. BFE (2011a), S.7

Entscheidend wird sein, inwieweit der jeweilige Betreiber bereit ist, durch entsprechende Investitionen die „grösstmögliche“ Sicherheit aufrechtzuerhalten.

Für die Bereitstellung des notwendigen Energieangebots werden bei der Stromangebotsvariante 2 drei unterschiedliche Zubaustrategien unterschieden. Demzufolge soll die inländische Deckungslücke<sup>8</sup>, die sich ohne Zubau neuer Kraftwerke ergäbe, durch

- (a) zentrale fossile Kraftwerke (Gaskombikraftwerke) in Verbindung mit erneuerbaren Energieträgern („fossil-zentral und EE“),
- (b) dezentrale Kraftwerke (Wärme-Kraftkopplung) in Verbindung mit Erneuerbaren („fossil-dezentral und EE“) oder
- (c) ausschliesslich erneuerbare Energieträger („EE“)

geschlossen werden. Wesentlich ist bei der Stromangebotsvariante 2, dass die Stromproduktionsmöglichkeiten gegenüber Stromangebotsvariante 1 eingeschränkt sind.

Die *Stromangebotsvariante 3* schliesslich entspricht dem Szenario „vorzeitiger Ausstieg aus der Kernenergie“. Konkret wird eine Verkürzung der Laufzeit der bestehenden Kernkraftwerke auf 40 Jahre unterstellt. Zur Schliessung der Deckungslücke werden dieselben Zubau-Strategien wie bei Stromangebotsvariante 2 in Erwägung gezogen.

## 2.4. Strategien zur Vermeidung der Deckungslücke

Abbildung 1 zeigt die Entwicklung von Stromangebot und -nachfrage bis 2050. Die dargestellte Entwicklung des Stromangebots beinhaltet lediglich die heute bestehenden Energiequellen – Kraftwerke und Bezugsrechte – und basiert auf der Angebotsvariante 2 (schrittweiser Ausstieg aus der Kernkraft). Zwei Entwicklungen sind auf der Angebotsseite zentral: Erstens sinkt das Stromangebot schrittweise aufgrund der gestaffelten Stilllegung der einzelnen Kernkraftwerke nach jeweils 50 Betriebsjahren. Zweitens nimmt auch der Umfang der Bezugsrechte für Strom aus dem Ausland sukzessive ab (Importverträge mit Frankreich). Wenn im Jahr 2034 das letzte Kernkraftwerk vom Netz geht, werden keine nennenswerten Bezugsrechte für Stromimporte mehr verfügbar sein.

Auf der Nachfrageseite werden die beiden Szenarien „weiter wie bisher“ und „neue Energiepolitik“ unterschieden. Die Entwicklung des hypothetischen Deckungsbedarfs im Jahr 2050 hängt massgeblich von der gewählten Energiepolitik (und der damit verbundenen Nachfrageentwicklung) ab. Im Szenario „weiter wie bisher“ wächst der Deckungsbedarf bis 2050 auf 48.8 TWh. Wird stattdessen eine Nachfrageentwicklung ge-

<sup>8</sup> Unter dem Begriff Deckungslücke ist die – auf das gesamte Jahr bezogen – ungenügende Inlandsproduktion im Vergleich zur Inlandsnachfrage zu verstehen.

mäss dem Szenario „neue Energiepolitik“ unterstellt, fällt der Deckungsbedarf des Jahres 2050 nur halb so hoch aus (24.4 TWh).

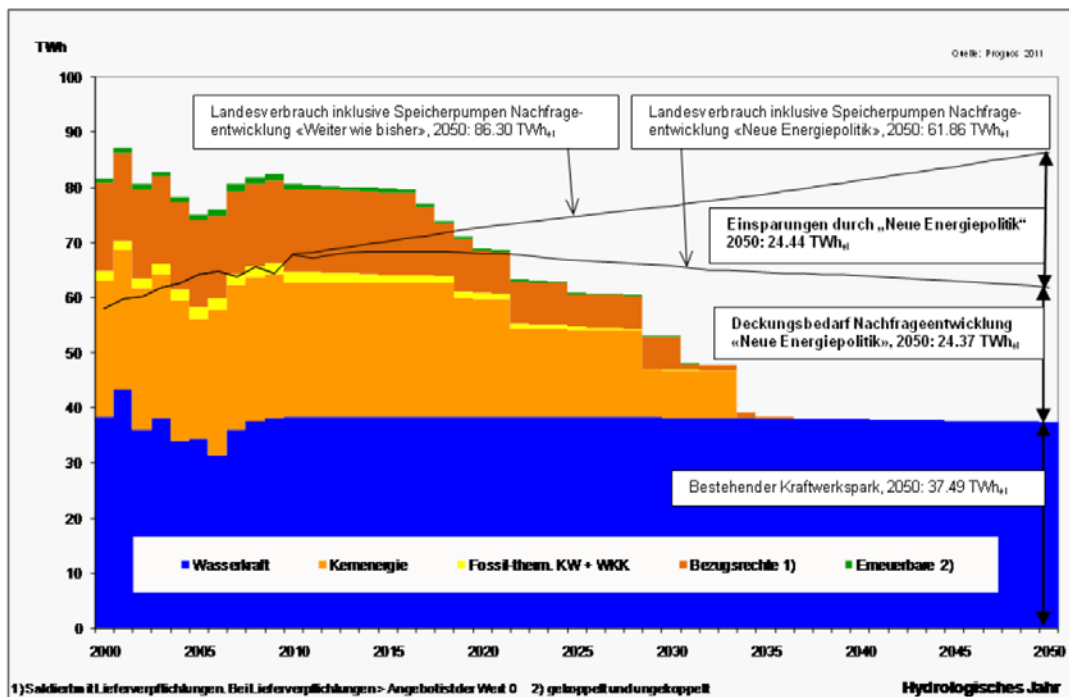


Abbildung 1: Entwicklung von Stromangebot und -nachfrage bis 2050 (ganzes Jahr)

Quelle: BFE (2011a)

Im Winterhalbjahr fällt der Deckungsbedarf höher aus als im Sommerhalbjahr, weil mit der Wasserkraft im Winter weniger Strom erzeugt werden kann und gleichzeitig mehr Elektrizität benötigt wird (vgl. Abbildung 2). In diesem Sinne spitzt sich die Situation im Winterhalbjahr sogar noch zu. In den folgenden Ausführungen wird – wie auch in den Entscheidungsgrundlagen des Bundesrates – dieser Aspekt nicht in den Vordergrund gestellt und es wird mit Jahresstrommengen argumentiert.

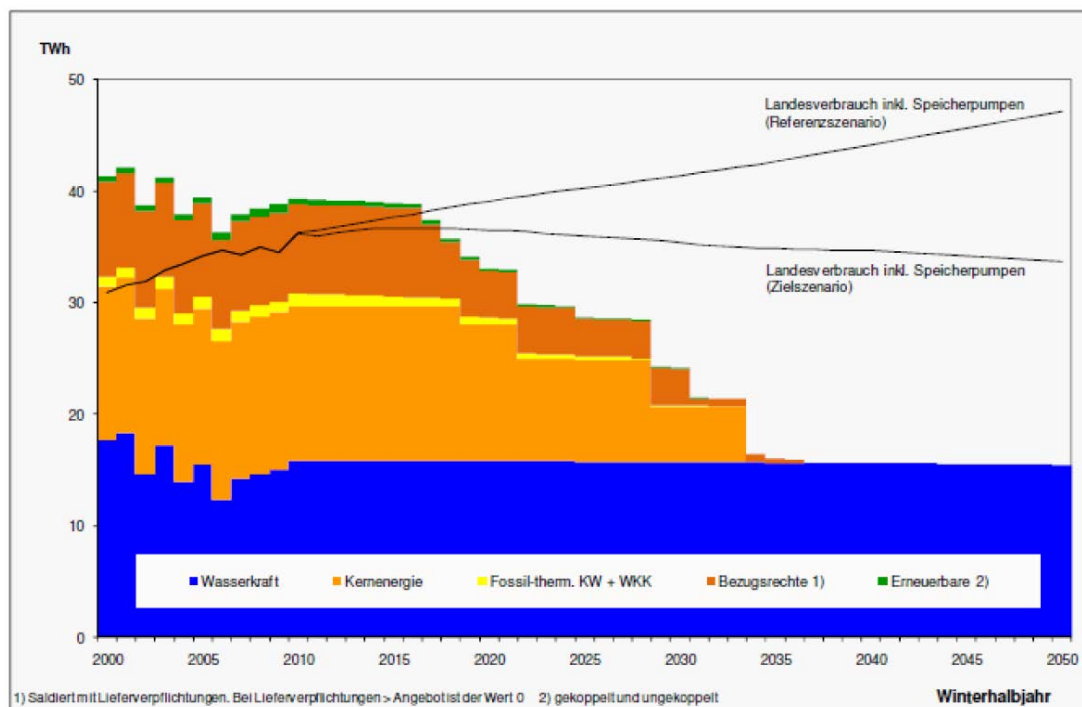


Abbildung 2: Entwicklung von Stromangebot und –nachfrage bis 2050 (Winterhalbjahr)

Quelle: BFE (2011a)

Tabelle 1 zeigt die Zubaustrategien des Bundesrats (Zubau bis 2050) in Abhängigkeit von der jeweiligen Angebotsvariante und dem unterstellten Nachfrageszenario. Die Stromangebotsvariante 1 wurde nur mit dem Nachfrageszenario „weiter wie bisher“ abgeglichen. Es wird also davon ausgegangen, dass die „neue Energiepolitik“ nur dann zum Thema wird, wenn die Produktionsoptionen auf der Angebotsseite eingeschränkt sind. Umgekehrt gilt für die Stromangebotsvariante 3, dass nur das Szenario „neue Energiepolitik“ berechnet wurde. Offensichtlich wird hier davon ausgegangen, dass ein vorzeitiger Kernkraftausstieg mit der Nachfrageentwicklung gemäss dem Szenario „weiter wie bisher“ nicht zu vereinbaren ist.

Für die Stromangebotsvariante 2 des Bundesrats wird ein ganzes Menü an Szenarien zur Deckung der Stromlücke des Jahres 2050 dargelegt. Beim Szenario „weiter wie bisher“ müssten demzufolge – sofern die Zubaustrategie „fossil-zentral und erneuerbar“ verfolgt werden soll – 9 Gaskombikraftwerke (34.7 TWh) gebaut werden und zusätzlich die erneuerbaren Energien gefördert werden (22.6 TWh). Dieser massive Zubau an neuen erneuerbaren Energien von 0.9 TWh im Jahr 2009 auf 23.6 TWh wird allen Zubaustrategien zugrunde gelegt, die eine Förderung dieser Energien vorsehen. Soll die Zubaustrategie stattdessen „fossil-dezentral und erneuerbar“ lauten, müssen nicht nur die erneuerbaren Energien sehr stark gefördert werden, sondern es muss auch das technische Potenzial der Wärmekraftkopplung ausgereizt werden (11.5 TWh). Dennoch verbleibt in diesem Fall eine Deckungslücke im Jahr 2050 in Höhe von 17.2 TWh. Um

diese zu beheben, muss auf Importe zurückgegriffen werden. Bei der Zubaustrategie „erneuerbar“ wird das Wärmekraftkopplung-Potenzial nicht voll ausgeschöpft, weswegen noch höhere Importe erforderlich sind (25.9 TWh).

Stromangebotsvariante des Bundesrats und Zubaustrategie	1 nuklear	fossil-zentral und nuklear	2 fossil-zentral und erneuerbar	fossil-dezentral und erneuerbar	erneuerbar	3 fossil-zentral und erneuerbar	fossil-dezentral und erneuerbar	erneuerbar
Nachfrageszenario „weiter wie bisher“	4 KKW (47.2)	5 GuD (7.8) 3 KKW (35.4)	9 GuD (34.7) EE (22.6)	WKK (11.5) EE (22.6) Import (17.2)	WKK (3.8) EE (22.6) Import (25.9)			
Nachfrageszenario „neue Energiepolitik“			5 GuD (15.4) WKK (3.8) EE (22.6)	WKK (11.5) EE (22.6)	WKK (3.8) EE (22.6) Import (5.6)	7 GuD (11.6) WKK (3.8) EE (22.6)	WKK (11.5) EE (22.6)	WKK (3.8) EE (22.6) Import (5.6)

Tabelle 1: Stromangebotsvarianten, Produktion und Importe

Quelle: BFE (2011a), S. 122, Tabelle 111

Anmerkung: Die Werte in Klammern geben die zu produzierenden Strommengen in TWh an.

Wird die Nachfrageentwicklung „neue Energiepolitik“ zugrunde gelegt, kann eine Stromimport-Abhängigkeit im Jahr 2050 knapp vermieden werden, sofern die Zubaustrategie „fossil-dezentral und erneuerbar“ verfolgt wird. Im Falle der Zubaustrategie „erneuerbar“ bleibt eine Abhängigkeit von Stromimporten trotz „neuer Energiepolitik“ in Höhe von 5.6 TWh im Jahr bestehen.

Die oben angegebenen Werte beziehen sich – wie erwähnt – auf das Jahr 2050. Weil in der Übergangsphase noch nicht alle neuen Kraftwerke zur Verfügung stehen, kann im Falle des schrittweisen Kernkraftausstiegs nur bei der Zubaustrategie „fossil-zentral und erneuerbar“ während des gesamten Zeitraumes auf Importe verzichtet werden. Bei der Zubaustrategie „fossil-dezentral und erneuerbar“ ergibt sich im Falle der „neuen Energiepolitik“ ein temporärer Importbedarf, der sich beispielsweise im Jahr 2035 auf 11.6 TWh belaufen soll. Wird das Szenario „weiter wie bisher“ zugrunde gelegt, besteht ab 2018 bis 2050 ein Importbedarf, der im Jahr 2035 23.1 TWh betragen soll. Im Falle der Zubaustrategie „erneuerbar“ ergibt sich ebenfalls – und unabhängig vom Nachfrages-



zenario – ab 2018 ein Importbedarf. Sein Höchststand soll im Jahr 2035 15.3 TWh („neue Energiepolitik“) bzw. 27.4 TWh („weiter wie bisher“) betragen.

## 2.5. Massnahmen-Katalog

Praktisch gleichzeitig mit den Entscheidungsgrundlagen der Energiestrategie 2050 wurde eine „Skizze des Aktionsplans Energiestrategie 2050“ (nachfolgend: Aktionsplan) publiziert.<sup>9</sup> Dieser Aktionsplan ist in sechs Module unterteilt (Energieeffizienz, erneuerbare Energie, Verkehr, Netze, fossile Energie, übergreifend wirkende Instrumente) und adressiert damit unterschiedliche Herausforderungen oder mutmassliche Sachzwänge im Zusammenhang mit der neuen Energiestrategie. Im Mittelpunkt stehen Massnahmen zur Senkung des Energie- und Stromverbrauchs (Nachfrageseite; „neue Energiepolitik“) sowie Massnahmen zur Beeinflussung der Energie- und Stromproduktion (Angebotsseite; z.B. erneuerbare Energien).

Der Aktionsplan wurde auf Basis der bestehenden Energiestrategie 2035, den Aktionsplänen aus dem Jahr 2008 sowie weiteren energie- und klimapolitischen Massnahmen, die inzwischen beschlossen und umgesetzt worden sind (KEV, Gebäudeprogramm, Fahrzeugstandards etc.), erstellt. Eine eingehende Wirkungsanalyse der Massnahmen oder gar eine Hierarchie (Prioritäten, Posterioritäten) ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht vorhanden. Klar ist immerhin, dass das zentrale Instrument der energiewirtschaftlichen Grundlagen nicht ernsthaft in Erwägung gezogen wird; die Energielenkungsabgabe ist unter den 50 Massnahmen des Aktionsplans nämlich gar nicht aufgeführt. Das Instrument der Stromlenkungsabgabe wird zwar erwähnt, aber als „subsidiäre Massnahme“ bezeichnet. Es besteht offensichtlich die Überzeugung, dass die Ziele der Energiestrategie 2050 durch ein Geflecht aus anderen Massnahmen besser erreicht werden können.<sup>10</sup>

Dem Aktionsplan sind verschiedene Grundsätze vorangestellt. So soll ein „optimaler Mix aus geeigneten Instrumenten und Massnahmen in allen Bereichen“ angestrebt werden. Es gelte, die „Vernetzungen des gesamten Energiesystems“ zu berücksichtigen, um energie- und klimapolitisch unerwünschte Substitution zu vermeiden. Ausserdem gehe es darum, eine „implizite Benachteiligung“ stromintensiver Sektoren zu vermeiden. Mit anderen Worten soll die „neue Energiepolitik“ umgesetzt werden, ohne dass die stromintensive Industrie zu Schaden kommt. Ein weiterer Grundsatz lautet: „Die billigste Energie ist und bleibt diejenige, die nicht verbraucht wird.“ Dieser Grundsatz irritiert,

<sup>9</sup> Vgl. BFE (2011c)

<sup>10</sup> Bundesrätin Leuthard äusserte an der Medienkonferenz vom 01.12.2011 grosse Zweifel an der Wirksamkeit einer Lenkungsabgabe; eine solche müsse ihrer Einschätzung nach sehr hoch ausfallen, um eine Wirkung zu erzielen. Wenngleich Letzteres wohl stimmt, sind die grundsätzlichen Vorbehalte v.a. im Vergleich zu anderen Massnahmen aus ökonomischer Sicht nicht nachzuvollziehen. Die entscheidende Frage ist, mit welchen Kosten eine Massnahme verbunden ist; und hier ist davon auszugehen, dass die Lenkungsabgabe bei einer gegebenen Lenkungswirkung besser abschneidet als ein Strauss an unterschiedlichsten Massnahmen.

zumal Energieeinsparungen auch mit Kosten verbunden sind bzw. der verbrauchten Energie in der Regel auch ein Nutzen gegenübersteht. So sind energetische Gebäudesanierungen beispielsweise nicht gratis zu haben und es käme auch kein Haushalt auf die Idee, im Winter die Wohnung nicht zu heizen, nur weil er auf diese Weise die Heizkosten sparen kann. Volkswirtschaftlich geht es also vielmehr um die Realisierung eines optimalen Kosten-Nutzen-Verhältnisses im Konsum von Energie.

Zur optimalen Wahl der Instrumente und Massnahmen wird festgestellt, dass es sich hierbei immer um einen „pragmatischen Mix von Anreizen, Fördermassnahmen und Verbrauchsvorschriften bzw. Minimalstandards“ handle. Vorschriften seien als „ultima ratio“ zu verstehen und nur einzusetzen, wenn die Wirkung durch andere Instrumente nicht ausreiche. Gemessen an den ambitionierten Zielen und den zahlreichen Nebenbedingungen – keine Benachteiligung stromintensiver Unternehmen, keine Strukturbrüche, Minimierung volkswirtschaftlicher Kosten etc. – wird mit den 50 Massnahmen gewissermassen die Quadratur des Kreises angestrebt. Es handelt sich hier um ein typisches Polit-Programm, das einfach möglichst viele Ziele enthält, ohne auf die Widersprüche und Konflikte einzugehen. Man weckt damit möglichst viele Hoffnungen, ohne jemandem weh zu tun.

Wie wenig Klarheit heute bezüglich der Ausgestaltung der vom Bundesrat angedachten Instrumente besteht, lässt sich anhand der Ergebnisse einer Umfrage illustrieren, die das BFE bei rund 50 Ämtern und Organisationen durchgeführt hat.<sup>11</sup> Die Befragten wurden gebeten, die Wirksamkeit, die Akzeptanz und die Priorität der 50 Massnahmen auf einer einfachen Skala von 1 – 3 einzuschätzen (1=klein, 2=mittel, 3=hoch).<sup>12</sup> Um einen kompakten Überblick über die Ergebnisse zu erhalten, haben wir die einzelnen Massnahmen in die folgenden, weitgehend selbsterklärenden Kategorien eingeteilt (in Anlehnung an Rieder und Walker (2009)):

1. Regulative Instrumente (Gebote und Verbote)
2. Finanzielle Instrumente (Steuern, Subventionen, andere marktförmige Instrumente)
3. Persuasive Instrumente (Information, Werbung, Beratung)
4. Strukturierende Instrumente (Netzwerke, freiwillige Vereinbarungen)

Anschliessend wurden für die einzelnen Kategorien die Durchschnittswerte ermittelt. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Ergebnisse gemäss der erwähnten Strukturierung.

<sup>11</sup> Vgl. BFE (2011f)

<sup>12</sup> Die „Priorität“ wurde definiert als integrale Beurteilung, wobei sowohl Wirkung als auch Akzeptanz in die Beurteilung einfließen sollte.

	Wirkung	Akzeptanz	Priorität
Regulative Instrumente	2.0	1.8	2.0
Finanzielle Instrumente	2.0	2.0	2.0
Persuasive Instrumente	1.9	2.2	2.0
Strukturierende Instrumente	2.0	2.4	2.2

*Tabelle 2: Ergebnisse der Umfrage bezüglich Wirkung, Akzeptanz und Priorität der energiestrategischen Massnahmen*

Grössere Ausschläge nach oben oder unten gibt es kaum. Sowohl die Wirkung als auch die Priorität sämtlicher Kategorien ist nach Einschätzung der Befragten gerade „mittel“. Persuasive Massnahmen sollen erstaunlicherweise gleich wirksam sein wie regulative oder finanzielle Massnahmen; das kann angesichts der erwiesenermassen eingeschränkten Wirksamkeit von reiner Überzeugungsarbeit im Strombereich eigentlich nur bedeuten, dass die Befragten zum heutigen Zeitpunkt nicht erwarten, dass die „neue Energiepolitik“ tatsächlich konsequent umgesetzt werden wird.

Bei Betrachtung der (nicht aggregierten) Einzelmassnahmen zeigt sich ebenfalls eine deutliche Tendenz zur Mitte. In allen vier Kategorien wird für den Grossteil der Einzelmassnahmen die Wirkung in einem Bereich von zwischen 1.8 und 2.2 erwartet. Die Tendenz, einen mittleren Wert anzukreuzen, besteht bei dieser Art von Befragungen zwar grundsätzlich, ist aber in diesem konkreten Fall schon besonders stark ausgeprägt. Die Tendenz zur Mitte wird nämlich dann verstärkt, wenn die Befragten mit dem bestehenden Massnahmen-Katalog nicht allzu viel anzufangen wissen.

Die Ergebnisse der Umfrage sind in der Weise zu interpretieren, dass die Energiestrategie ausformuliert wurde, ohne dass bisher gross über die erforderlichen Massnahmen und deren Konsequenzen nachgedacht bzw. diese den Befragten kommuniziert worden wäre.

### 3. Kritische Würdigung der Entscheidungsgrundlagen

In diesem Kapitel werden die Entscheidungsgrundlagen der Energiestrategie 2050 mit ökonomischem Blickwinkel analysiert. Kapitel 3.1 zeigt auf, dass auf der Nachfrageseite ein nie dagewesener langfristiger Trendbruch anvisiert wird und dass es im Lichte der vergangenen Dekaden höchst unwahrscheinlich scheint, Wirtschaftswachstum mit der Entwicklung der Energienachfrage und der Elektrizitätsnachfrage derart stark entkoppeln zu können, insbesondere wie es im Szenario „neue Energiepolitik“ vorgesehen ist. Kapitel 3.2 legt die Unwägbarkeiten auf der Angebotsseite dar, die mit potenziell sehr hohen Kosten verbunden sind. In Kapitel 3.3 werden zentrale Aspekte aufgegriffen, die – neben der fehlenden Thematisierung der volkswirtschaftlichen Auswirkungen – in den Entscheidungsgrundlagen unberücksichtigt bleiben. Dadurch wird verdeutlicht, dass die Grundlagen für einen Entscheid dieser Tragweite nicht ausreichend waren. Das Fazit wird im Kapitel 3.4 gezogen. Es folgt in einem Exkurs eine Diskussion über die Studie „Energiezukunft Schweiz“ der ETH Zürich.

#### 3.1. Unmöglicher „Knick“ auf der Nachfrageseite

##### *Bisherige Entwicklung von Wirtschaftsleistung, Energie- und Elektrizitätsverbrauch*

Energie ist für die wirtschaftliche Entwicklung von vitaler Bedeutung. Den engen Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Wirtschaftsleistung und dem *Energieverbrauch* in der Schweiz sind aus Abbildung 3 ersichtlich. Bis Mitte der Neunziger Jahre sind demnach Wirtschaftsleistung (gemessen in realem Bruttoinlandprodukt, blaue Linie) und Energieverbrauch (rotbraune Linie) praktisch in identischem Ausmass gewachsen.<sup>13</sup> In den letzten gut zehn Jahren ist es gelungen, den Energieverbrauch von der Wirtschaftsleistung zu entkoppeln; das Wachstum des Energieverbrauchs aggregiert über alle Energieträger liegt seit Mitte der Neunziger Jahre unter dem realen BIP-Wachstum.

Für diese Entkopplung von Energieverbrauch und Wirtschaftsleistung werden verschiedene Ursachen genannt. An erster Stelle steht die Tertiarisierung bzw. eine De-Industrialisierung der Schweizer Wirtschaft. Selbstverständlich hat auch die betriebswirtschaftliche (Kosteneinsparungen) und umweltpolitisch motivierte Erhöhung der Energieeffizienz ihren Teil zu dieser Entwicklung beigetragen (v.a. bei der Wärmedämmung und beim Transport).

Sind in den nächsten vierzig Jahren Steigerungen der Energieeffizienz wie im letzten Jahrzehnt zu erwarten? Zweifel müssen angebracht werden, denn insbesondere die De-

<sup>13</sup> In der Zeit vor 1970 war das Wachstum des Energieverbrauchs höher als das Wirtschaftswachstum. Von 1950 bis 1970 wurde der Energieverbrauch in der Schweiz um 250% erhöht (vgl. beispielsweise BFE, 2011d, S.20), das reale BIP konnte hingegen „nur“ um knapp 150% gesteigert werden (vgl. Seco, 2011).

Industrialisierung kann in den nächsten Jahrzehnten nicht im gleichen Ausmass weiter fortschreiten. Die Entkoppelung von Energieverbrauch und Wirtschaftswachstum wird daher ceteris paribus weniger stark ausfallen resp. der Energieverbrauch wird voraussichtlich stärker steigen.

In diesem Zusammenhang ist auch zu bedenken, dass die bisherigen Energieverbrauchstrends in erster Linie durch technologische sowie ökonomisch-strukturelle Entwicklungen bestimmt wurden. Die Energiestrategie sieht im Gegensatz dazu eine starke politische Beeinflussung, wenn nicht gar zentrale Planung und Steuerung der Energienachfrage vor.

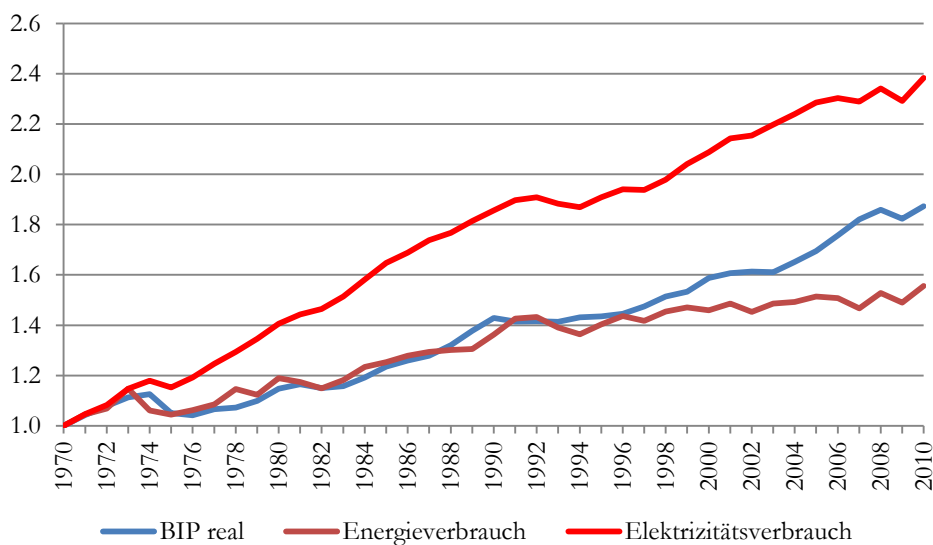


Abbildung 3: Entwicklung der Wirtschaftsleistung, des Energieverbrauchs und des Elektrizitätsverbrauchs in den Jahren 1970-2010 (Werte indexiert; 1970=1)

Der *Elektrizitätsverbrauch* hat in den letzten vierzig Jahren ein deutlich stärkeres Wachstum als Wirtschaftsleistung und Energieverbrauch erfahren: Normiert auf 1 im Jahr 1970 liegt der Endverbrauch an Elektrizität im Jahr 2010 bei fast 2.4 (Abbildung 3), der Elektrizitätsbedarf ist also in den letzten vier Jahrzehnten um knapp 140% gestiegen. Die Wirtschaft ist im Vergleich dazu um „nur“ 87% und der Gesamtenergieverbrauch um 56% gewachsen.

Wichtige Gründe für das überdurchschnittliche Wachstum des Elektrizitätsverbrauchs sind die „Computerisierung“ von Wirtschaft und Gesellschaft, die immer mehr Bereiche umfassende Elektrifizierung der Haushalte sowie der umweltpolitisch motivierte Umstieg von fossiler zu elektrischer Energie (Elektromotoren, Wärmepumpen u.dgl.).

### *Szenarien zum Energieverbrauch*

Für die nächsten Jahrzehnte ist von einer weiterhin steigenden Wirtschaftsleistung auszugehen, das Seco berechnet in seinen neusten Prognosen eine Steigerung von weiteren 67% bis zum Jahr 2050 (das entspricht einem durchschnittlichen jährlichen Wirtschaftswachstum von 1.3%).<sup>14</sup> Nach bisherigem Muster wird bei steigender Wirtschaftsleistung auch ein höherer Energie- bzw. Elektrizitätsbedarf resultieren.

Die beiden Szenarien „weiter wie bisher“ und „neue Energiepolitik“ stellen unterschiedliche Anforderungen an die Entwicklung des Energieverbrauchs. Der Energieverbrauch „darf“ jedoch in beiden Szenarien nicht mehr entsprechend der Wirtschaftsleistung wachsen (vgl. Abbildung 4). Im Szenario „weiter wie bisher“ müsste trotz steigender Wirtschaftsleistung der Energieverbrauch stabilisiert werden und im Szenario „neue Energiepolitik“ wäre der Energieverbrauch sogar deutlich zu senken.

Selbst im Szenario „weiter wie bisher“ müsste gewährleistet werden, dass die bereits eingeleitete Entkopplung von Wirtschaftsleistung und Energie auch in Zukunft mindestens in dem Ausmass wie im letzten Jahrzehnt gelingt. Dabei gilt besonders zu bedenken, dass Energieeinsparungen durch Strukturwandel (Tertiärisierung/De-Industrialisierung) – wenn überhaupt – immer weniger ergiebig ausfallen dürften, weil laufend weniger energieintensive Unternehmen in der Schweiz tätig sind. Demzufolge müssten vor allem die Haushalte mithilfe energieeffizienterer Geräte und durch Konsumverzicht ihren Energieverbrauch reduzieren. Dies gilt erst recht für die weit ambitioniertere „neue Energiepolitik“, welche trotz steigender Wirtschaftsleistung eine deutliche Verminderung des Energieeinsatzes anstreben soll. Konkret soll der Energieverbrauch im Jahr 2050 auf das Verbrauchsniveau des Jahres 1970 abgesenkt werden. Dies obwohl das reale BIP von 2050 nahezu dreimal grösser sein soll als das von 1970.

<sup>14</sup> Vgl. Seco (2011), zitiert nach BFE (2011a), S. II. Im Gegensatz dazu wurde in den BFE-Berechnungen die Wirtschaftsentwicklung auf Basis der Prognose des Jahres 2010 berücksichtigt (BFE, 2011a, S.2), nach der die Wirtschaft bis zum Jahr 2050 um 46% gegenüber 2009 (bzw. um knapp 1% pro Jahr) wächst. Die etwas konservativeren Prognosen aus dem Jahr 2010 werden auch in den Abbildungen dieser Studie verwendet. In der starken Korrektur der Seco-Prognosen wird übrigens auch deutlich, welche Unsicherheit mit Vorhersagen über einen derart langen Zeitraum von vierzig Jahren verbunden sind.



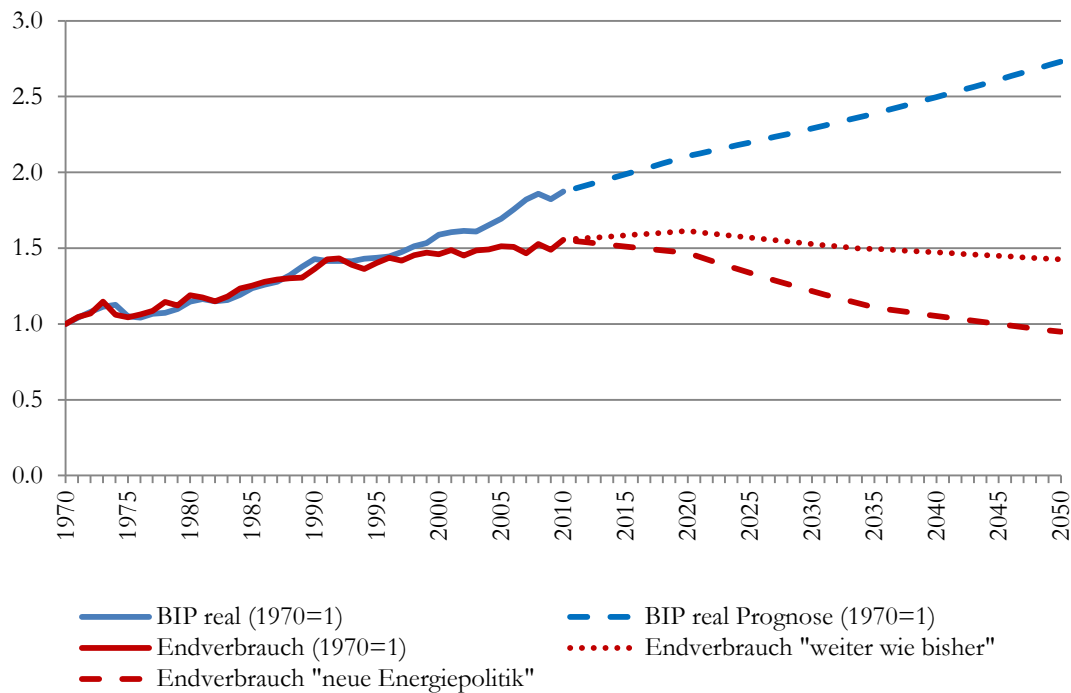


Abbildung 4: Energieverbrauch in den Szenarien „weiter wie bisher“ und „neue Energiepolitik“ im Vergleich zur Wirtschaftsentwicklung (Werte indexiert; 1970=1)<sup>15</sup>

Die Schweiz müsste ihre Energieproduktivität<sup>16</sup> bis zum Jahr 2050 im Vergleich zum Jahr 1970 im Szenario „weiter wie bisher“ um rund 92% und im Szenario „neue Energiepolitik“ um 188% erhöhen (vgl. Abbildung 5). Das Szenario „weiter wie bisher“ bedingt somit annähernd eine Verdoppelung, die „neue Energiepolitik“ sogar eine Verdreifachung der Energieproduktivität.

Welche geradezu revolutionären energietechnischen Erfolge insbesondere die „neue Energiepolitik“ in den nächsten vierzig Jahren erfordern würde, lässt sich im Vergleich mit den letzten vierzig Jahren ermesen. Von 1970 bis heute ist eine Steigerung der Energieproduktivität von 20% gelungen, in den kommenden vierzig Jahren soll eine weitere Steigerung um über 70 Prozentpunkte („weiter wie bisher“) bzw. nahezu 170 Prozentpunkte („neue Energiepolitik“) möglich werden. Der Vergleich der jährlichen Steigerungsraten der Energieproduktivität unterstreicht die ambitionierten Verbrauchsentwicklungen in den Szenarien der Entscheidungsgrundlage: Im Referenzzeitraum zwischen 1970 und 2010 ist die Energieproduktivität um jährlich 0.5% gestiegen. Im

<sup>15</sup> Die Datengrundlage bilden die Angaben des Seco (historische Werte und Prognose für das BIP) und die Energiestatistik (historische Werte für den Endverbrauch Energie) bzw. die in den Szenarien von BFE (2011a) verwendeten Wachstumsraten (für den Endverbrauch Energie).

<sup>16</sup> Bei der Energieproduktivität handelt es sich um den Kehrwert der Energieintensität einer Volkswirtschaft. Die Energieproduktivität wird hier gemessen als reales Bruttoinlandsprodukt pro Einheit Endenergieverbrauch.

Planungszeitraum des Bundesrats bis zum Jahr 2050 wären dagegen zur Erreichung der Zielpfade jährliche Produktivitätssteigerungsraten von durchschnittlich 1.2% („weiter wie bisher“) bzw. sogar 2.2% („neue Energiepolitik“) notwendig. Dies, wie bereits erwähnt, unter der durchaus plausiblen Prämisse, dass kaum mehr mit einem ähnlich hohen strukturellen Beitrag (Tertiärisierung/De-Industrialisierung) wie im Referenzzeitraum gerechnet werden kann.

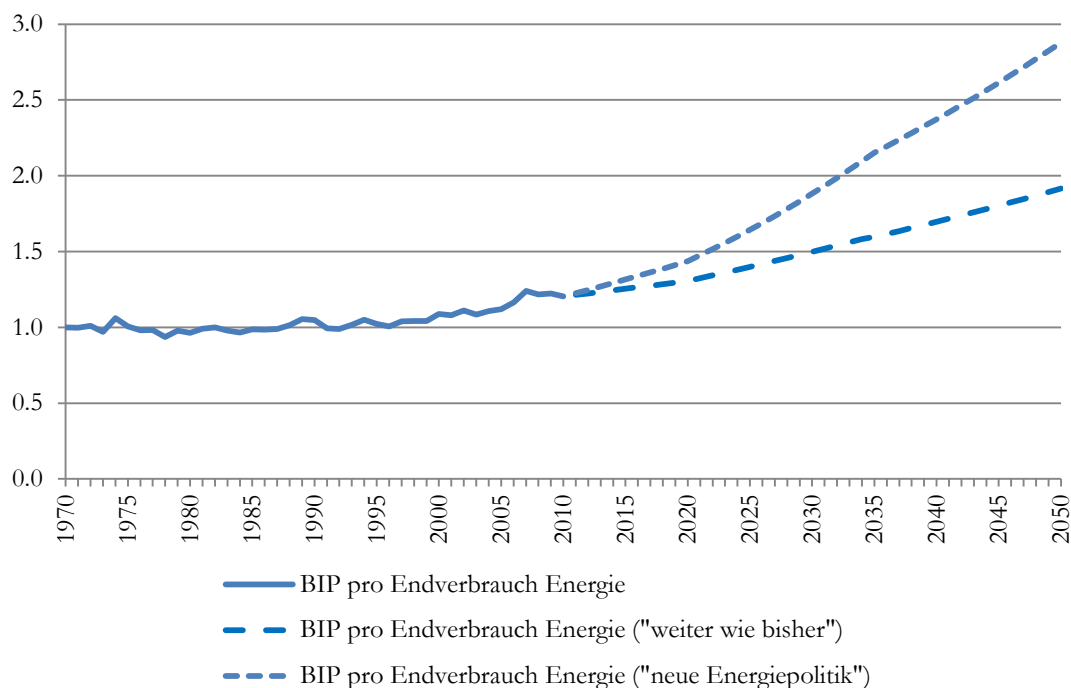


Abbildung 5: Entwicklung der Energieproduktivität seit 1970 und notwendige Entwicklung bis 2050 in den Szenarien „weiter wie bisher“ und „neue Energiepolitik“

#### Szenarien zum Elektrizitätsverbrauch

In der Entscheidungsgrundlage wird der Gesamtenergieverbrauch disaggregiert auf die verschiedenen Energieträger dargestellt.<sup>17</sup> Die bisherigen Entwicklungen beim Elektrizitätsverbrauch und die in der Entscheidungsgrundlage angepeilten zukünftigen Entwicklungen sind in Abbildung 6 dargelegt. Im moderaten Szenario „weiter wie bisher“ dürfte der Endverbrauch an Elektrizität zukünftig nicht stärker als die Wirtschaftsleistung steigen. Es wird sogar ein kleiner relativer Rückgang (bzw. eine leicht geringere Zunahme) bis zum Jahr 2050 vorausgesetzt, der in der Annäherung der beiden Kurven schwach zu erkennen ist. Gemäss Szenario „neue Energiepolitik“ wäre der zukünftige Elektrizitätsverbrauch sehr stark einzuschränken. Zwar wäre absolut nur ein leichter Rückgang der

<sup>17</sup> Vgl. BFE (2011a), S. 9 und S. 42

Elektrizitätsnachfrage erforderlich. Unter Berücksichtigung der erwarteten Zunahme der Wirtschaftsleistung müsste jedoch eine deutliche Entkoppelung des Elektrizitätsverbrauchs vom Wachstumspfad gelingen. Dabei ist insbesondere auch zu bedenken, dass künftig verstärkt fossile Energien durch Elektrizität substituiert werden sollen – so wird im Szenario „neue Energiepolitik“ unterstellt, dass in vierzig Jahren nicht weniger als 50% der PKW-Fahrleistung mit Elektroautos zurückgelegt werden.

Und trotz Wirtschaftswachstum und Substitution soll es möglich sein, den Stromverbrauch praktisch konstant zu halten. Es soll der in der Abbildung 6 aufgezeigte Knick bewerkstelligt werden.

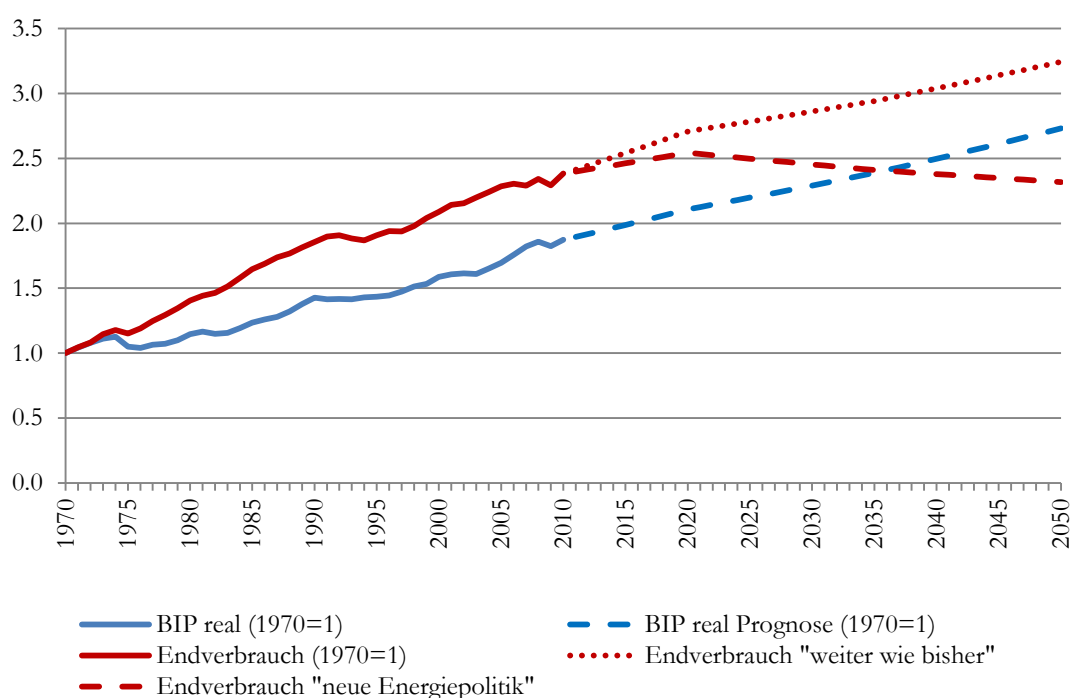


Abbildung 6: Elektrizitätsverbrauch in den Szenarien „weiter wie bisher“ und „neue Energiepolitik“ im Vergleich zur Wirtschaftsentwicklung (Werte indiziert; 1970=1)<sup>18</sup>

Ein jährlicher Zuwachs des Elektrizitätsverbrauch pro Einheit BIP in Höhe von 0.6% in den letzten vierzig Jahren müsste ab sofort in eine jährliche Reduktion von -0.2% („weiter wie bisher“) bzw. -1.0% („neue Energiepolitik“) bis zum Jahr 2050 umgewandelt werden. In der „neuen Energiepolitik“ müsste bei einem weiteren Wachstum des Elektrizitätsverbrauchs bis zum Jahr 2020 in den Folgejahren sogar eine entsprechend

<sup>18</sup> Die Datengrundlage bilden die Angaben des Seco (historische Werte und Prognose für das BIP) und die Energiestatistik (historische Werte für den Endverbrauch Elektrizität) bzw. die in den Szenarien von BFE (2011a) verwendeten Wachstumsraten (für den Endverbrauchs an Elektrizität).

stärkere Reduktionen gelingen, die Elektrizität pro Einheit BIP müsste zwischen 2020 und 2050 um -1.2% p.a. sinken.<sup>19</sup>

### *Zwischenfazit*

Aus der Datenanalyse der Nachfrageentwicklung ist zu folgern, dass die wirtschaftliche Entwicklung in den letzten Jahrzehnten stets eine absolute Steigerung des Energieeinsatzes insgesamt und eine überproportionale Zunahme des Elektrizitätsverbrauchs erfordert hat. Soll der Energieverbrauch künftig durch staatliche Massnahmen beschränkt werden, ergibt sich natürlich die Gefahr, dass dadurch auch die wirtschaftliche Entwicklung in Mitleidenschaft gezogen wird. Anders formuliert, ist auf Basis der historischen Werte unwahrscheinlich, dass durch die geplanten Energieeffizienzsteigerungen und/oder Energiesparmassnahmen der Neuen Energiestrategie eine Entkoppelung von Wirtschaftsleistung und Energie- bzw. Elektrizitätsverbrauch in diesem Ausmass gelingen kann.

## **3.2. Unsicherheiten auf der Angebotsseite**

Die anvisierte Energiewende ist eng verbunden mit der Hoffnung auf einen starken Ausbau der erneuerbaren Energien. Insbesondere die Photovoltaik und die Windkraft sollen sehr stark gefördert werden, um die Elektrizität zunehmend mit erneuerbaren Energieträgern produzieren zu können. In diesem Abschnitt werden zunächst die langfristigen Ausbauziele bis 2050 und anschliessend der dann – im Jahr 2050 und in der Übergangsphase – mögliche Beitrag der neuen erneuerbaren Energien betrachtet. Es folgt ein Blick auf die Situation in Deutschland, weil der nördliche Nachbar bezüglich Umstellung auf erneuerbare Energien immer wieder als Vorbild für die Schweiz genannt wird.

### *Ausbauziele bis 2050*

Die Grundlagen des Bundesrates unterstellen einen sehr starken Zubau an neuen erneuerbaren Energien, wie die Abbildung 7 für die Photovoltaik (links) und die Windkraft (rechts) aufzeigt. Mit den erneuerbaren Energieträgern soll bis 2050 eine Energieproduktion von insgesamt 23.6 TWh aufgebaut sein, das entspricht einem Zubau von 22.6 TWh. Knapp die Hälfte (10.4 TWh) ist demnach allein von der Photovoltaik zu schultern.

<sup>19</sup> Zum Vergleich: Die entsprechende Wachstumsrate für das letzte Jahrzehnt, indem durch De-Industrialisierung und politischen Massnahmen eine Entkoppelung gelungen ist, lag bei -0.3% p.a.

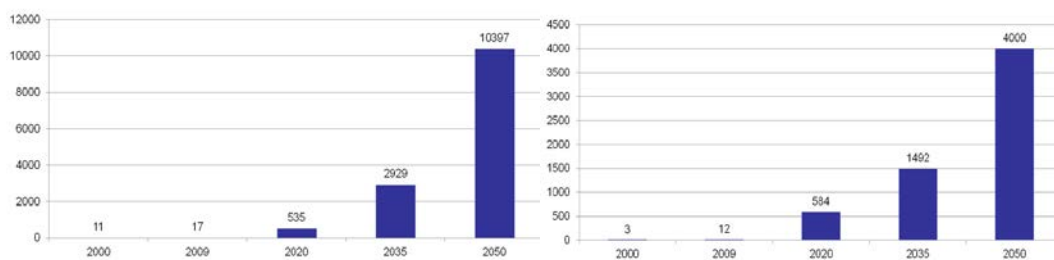


Abbildung 7: Entwicklung der Photovoltaik und der Windkraft gemäss BFE (2011a) in GWh

Inwieweit ein solcher Zubau gelingen kann, ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht abschliessend geklärt. Weitgehend unabhängig von volkswirtschaftlichen Überlegungen ist zunächst ein Blick auf die Potenziale in der Schweiz hilfreich. Mit dem in BFE (2011a) unterstellten Zubau an neuen erneuerbaren Energien werden auch die dort ausgewiesenen Potenziale weitgehend ausgeschöpft. Andere Studien identifizieren jedoch deutlich tiefere Potenziale. Die unterschiedlichen Literaturergebnisse werfen die Frage auf, ob sich der in der Entscheidungsgrundlage anvisierte Ausbau überhaupt realisieren lässt.<sup>20</sup>

#### Beitrag der erneuerbaren Energien im Jahr 2035 und im Jahr 2050

Die neuen erneuerbaren Energien können gemäss BFE (2011a) zur Deckung der Stromlücke im Jahr 2035 nur einen kleinen Beitrag leisten. Die Abbildung 8 illustriert dies für beide Nachfrageszenarien.<sup>21</sup> Im Fall der Nachfrageentwicklung gemäss Szenario „weiter wie bisher“ können nur 21% der resultierenden Stromlücke durch erneuerbare Energien geschlossen werden, 79% oder 32 TWh werden fehlen. Selbst im Fall eines durchschlagenden Erfolgs der Massnahmen zur Reduktion des Stromverbrauchs gemäss Szenario „neue Energiepolitik“ bleibt in 2035 noch eine Deckungslücke von 18 TWh.

<sup>20</sup> Ein kurzer Überblick der Studienergebnisse befindet sich im Anhang „Schätzungen des Potenzials erneuerbarer Energien in der Schweiz“. Die dort ausgewiesenen Potenziale bis zum Jahr 2050 liegen bei gut 10 TWh und damit ungefähr bei der Hälfte der in BFE (2011a) genannten Potenziale. Allerdings gilt zu bedenken, dass die zitierten Studien bereits fünf oder mehr Jahre alt sind und in den letzten Jahren eine nicht vorhergesehene positive Preisentwicklung vor allem bei der Photovoltaik stattgefunden hat.

<sup>21</sup> Die Daten entstammen BFE (2011a). Nicht enthalten in der Grafik ist das Ausbaupotenzial der Wasserkraft unter neuen Rahmenbedingungen. Dabei handelt es sich gemäss einer ersten Schätzung um 4 TWh (vgl. BFE, 2011g).

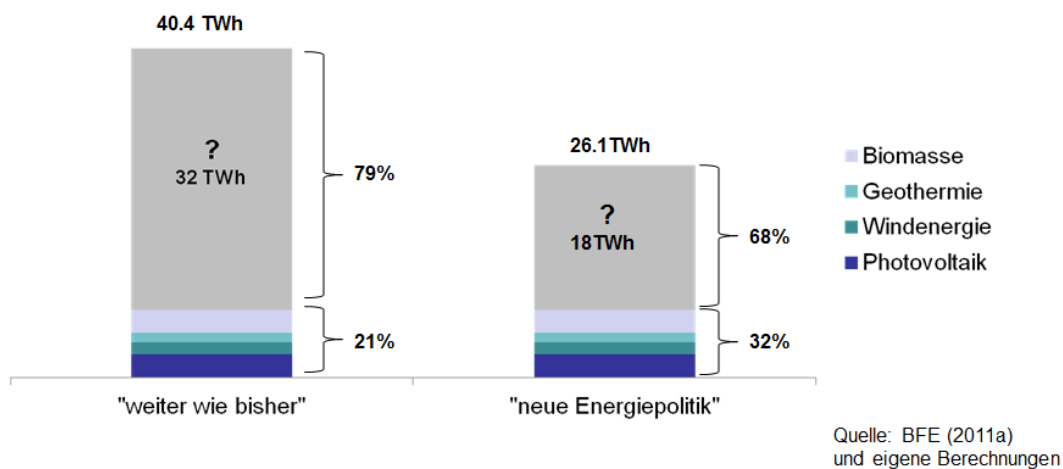


Abbildung 8: Stromlücke im Jahr 2035 in den beiden Nachfrageszenarien „weiter wie bisher“ und „neue Energiepolitik“

Erst durch die Ausdehnung des Zeithorizonts, also durch längere Anpassungszeit bis zum Jahr 2050, soll sich die Situation entspannen, weil ein grösseres Angebot durch die neuen erneuerbaren Energien bereitgestellt werden kann (siehe Abbildung 9). Im Szenario „weiter wie bisher“ reichen jedoch auch auf die lange Frist bis 2050 die erneuerbaren Energien nicht aus, die Stromnachfrage in der Schweiz zu bedienen.<sup>22</sup> Nur 45% der entstehenden Lücke können durch neue erneuerbare Energien gedeckt werden. Demgegenüber soll die Stromlücke im Szenario „neue Energiepolitik“ geschlossen werden können, indem Lenkungs- und Stromeffizienzmassnahmen die Energienachfrage annähernd auf das „richtige Mass“ drückt.<sup>23</sup>

<sup>22</sup> An dieser Stelle ist nochmals darauf hinzuweisen, dass die erzeugte Elektrizität einfach aufaddiert wird und damit implizit die Annahme getroffen wird, Strom praktisch unbeschränkt und ohne Verluste speichern zu können. Damit wird jedoch die Problematik der fluktuierenden Erneuerbaren ausgeblendet.

<sup>23</sup> Zählt man noch das Potenzial der Kleinwasserkraft hinzu, lässt sich die Lücke gerade schliessen.



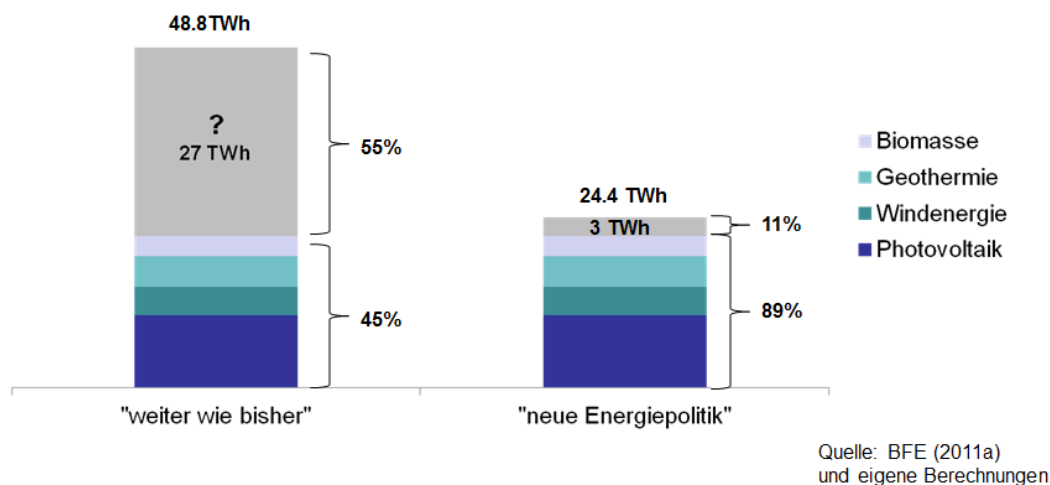


Abbildung 9: Stromlücke im Jahr 2050 in den beiden Nachfrageszenarien „weiter wie bisher“ und „neue Energiepolitik“

#### Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland

Deutschland wird häufig als Musterland beim Ausbau erneuerbarer Energien angesehen. Der Blick auf den nördlichen Nachbarn verbreitet in Teilen der Bevölkerung das Gefühl, dass die Energiewende machbar sei. Deutschland ist es immerhin gelungen, den Anteil der erneuerbare Energien am Endenergieverbrauch von 3.8% im Jahr 2000 auf 10.9% im Jahr 2010 zu steigern.<sup>24</sup> Bezogen auf die Elektrizität konnte der Anteil im gleichen Zeitraum sogar von 6.4% auf 17.0% ausgebaut werden.<sup>25</sup> In der Summe produzierten die erneuerbaren Energien im Jahr 2010 103.5 TWh, davon 37.8 TWh Windenergie, 28.7 TWh Biomasse, 20.6 TWh Wasserkraft und 11.7 TWh Photovoltaik.<sup>26</sup> Insgesamt wurden im Jahr 2010 in Deutschland 6.2% des Stroms mit Wind und 1.9% des Stroms via Photovoltaik produziert.<sup>27</sup>

Treibende Kraft des Ausbaus erneuerbarer Energien ist das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). Die Einspeisevergütungen lagen für die Photovoltaik im Jahr 2010 bei

<sup>24</sup> Alle Daten dieses Abschnittes entstammen – soweit nicht anders erwähnt – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2011).

<sup>25</sup> In diesem Anteil der erneuerbaren Energien ist auch die Wasserkraft berücksichtigt. Die Stromerzeugung mit Wasser blieb in Deutschland in den letzten beiden Jahrzehnten jedoch nahezu konstant. Im Jahr 1990 hatte die Wasserkraft noch einen Anteil von 91% innerhalb der Erneuerbaren. Dieser Anteil sank bis zum Jahr 2000 auf 67% und im Jahr 2010 auf 20%.

<sup>26</sup> Der verbleibende Rest ist dem biogenen Anteil des Abfalls und der Geothermie zuzurechnen.

<sup>27</sup> Deren Anteil lag im Jahr 2000 noch bei 1.3 % (Wind) bzw. 0.01% (Sonne).

insgesamt 5.1 Mrd. EUR und für Wind bei 3.3. Mrd. EUR.<sup>28</sup> Die Kosten für die Einspeisevergütung werden anteilig auf die Strombezieher umgelegt.<sup>29</sup> Die EEG-Umlage beträgt inzwischen (im Jahr 2012) rund 3.6 ct/kWh und hat sich – begründet in dem unerwartet hohen Zubau der letzten Jahre, v.a. in der Photovoltaik – innerhalb von zwei Jahren fast verdreifacht.<sup>30</sup>

Deutschland plant, den Anteil der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien von heute 17% bis im Jahr 2050 auf mindestens 80% auszubauen. Die erneuerbaren Energien sollen mindestens 60% am gesamten Energiebedarf decken.

Die zentrale Fragestellung lautet, ob die Schweiz den deutschen Weg nachverfolgen und mittelfristig sogar noch mehr Strom aus erneuerbaren Energien produzieren kann. Die Ziele in den Stromangebotsvarianten des Bundesrates sind nämlich um einiges ambitionierter als der bisher erreichte Umbau in Deutschland: In der vergleichsweise kleinen und dichter besiedelten Schweiz mit weniger als 10% der Einwohner von Deutschland (8 Mio. im Vergleich zu 82 Mio.) sollen 22.6 TWh zugebaut werden. Das Ziel der Bundesratsvarianten läge demnach – entsprechend der Bevölkerung umgerechnet – für Deutschland bei rund 240 TWh.

Im Jahr 2010 betrug die Produktion von erneuerbaren Energien in Deutschland ohne Wasserkraft knapp 83 TWh, es wäre also eine weitere Verdreifachung der Produktion aus erneuerbaren Energien notwendig. Und schon heute mehren sich die Stimmen, dass das deutsche System an seine Grenzen stosse. Insbesondere wird die inzwischen recht hohe EEG-Umlage kritisiert. Sie belaste die Mittelständler (die nicht in den Genuss der Ausnahmegenehmigung kommen) und sei zudem sozial ungerecht (da die ärmeren Haushalte die Photovoltaikanlagen der Mittel- und Oberschicht mitfinanzieren).

Weil bei den neuen Energien in den letzten Jahren deutliche Preisreduktionen erzielt worden sind, könnte der Anschein erweckt werden, dass die Kosten für den Aufbau erneuerbarer Energien in der Schweiz billiger werden. Gegen einen einfachen und ökonomisch tragbaren Umbau der Energieversorgung sprechen aber vor allem drei Argumente:

<sup>28</sup> Vgl. „EEG-Mengentestat 2010 auf Basis von WP-Bescheinigungen per 31.07.2011: Stromeinspeisung, Direktvermarktung, Vergütung und Letztverbräuche“, [http://www.eeg-kwk.net/de/file/EEG\\_2010\\_Public.pdf](http://www.eeg-kwk.net/de/file/EEG_2010_Public.pdf) [letzter Zugriff 16.02.2012].

<sup>29</sup> Rund 650 Unternehmen, die knapp ein Drittel des gesamten industriellen Stromverbrauchs repräsentieren, profitieren von der besonderen Ausgleichsregelung im EEG. Deren Umlage ist auf 0,05 ct/kWh begrenzt, wobei ein Teil der unter diese Regelung fallenden Unternehmen einen 10% Anteil des Strombezugs mit voller EEG-Umlage abnehmen muss. Hierdurch betragen die EEG-Kosten im Jahr 2011 im sog. „teilprivilegierten Sektor“ 0.4 ct/kWh.

<sup>30</sup> Vgl. „Einfluss der Umwelt- und Klimapolitik auf die Energiekosten der Industrie -mit Fokus auf die EEG-Umlage“, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, März 2011, [http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/eeg\\_stromkosten\\_bf.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/eeg_stromkosten_bf.pdf) [letzter Zugriff 16.02.2012].

- Die Schweiz muss gemäss BFE (2011a) in Bezug auf die Grösse des Landes die dreifache Menge an erneuerbaren Energien installieren, wie es Deutschland bis heute geschafft hat.
- Die Windpotenziale sind in der Schweiz deutlich tiefer als in Deutschland. Entsprechend ist in den Bundesratsvarianten vor allem ein Ausbau der teuren Photovoltaik vorgesehen, mit der bis zum Jahr 2050 ehrgeizige 10.4 TWh zu produzieren sind.<sup>31</sup> Geplant ist also ein Zubau von Photovoltaik, sodass bei der heutigen Stromnachfrage von knapp 60 TWh in der Schweiz der Anteil der Photovoltaik bei 17.4% (und nicht bei 1.9% wie aktuell in Deutschland) liegen müsste.
- Drittens befindet sich auch Deutschland noch vor den grössten Herausforderungen der Energiewende. Bis jetzt war der Zubau an erneuerbaren Energien weitgehend mit der bestehenden Infrastruktur möglich. Die Produktion durch erneuerbare Energien dürfte aber bald eine kritische Menge erreicht haben, die hohe Investitionen in Netze und Speicherkapazitäten notwendig machen.

### *Zwischenfazit*

Selbst wenn eine wohl noch nirgends und noch nie dagewesene Einschränkung der Nachfrage bzw. des Stromverbrauchs durchgesetzt werden sollte und zudem die erneuerbaren Energien bis an die Grenze des geschätzten Potenzials gefördert werden, wird es bis 2035 nicht gelingen, die Stromlücke durch erneuerbare Energien zu schliessen. Die Schweiz ist bei der Verfolgung der bundesrätlichen Strategie auf mittlere Sicht auf hohe Stromimporte und/oder den Zubau fossiler Kraftwerke angewiesen. Verläuft die Drosselung des Stromverbrauchs weniger erfolgreich als erhofft oder akzeptiert, dann wird die Abhängigkeit von Importen und fossiler Elektrizitätserzeugung noch grösser und würde wohl auch die 2050er Jahre überdauern.

Vor allem nach der geplanten Stilllegung der letzten Kernkraftwerke Mitte der Dreissiger Jahre wird die Schweiz verstärkt auf Importe bzw. fossile Kraftwerke setzen müssen. Auf diese spezielle Problematik der Übergangsphase wird in der Entscheidungsgrundlage nicht ausreichend eingegangen. Ob sich die Situation anschliessend bis 2050 wirklich entspannt, ist von den dann zur Verfügung stehenden Alternativen abhängig. Die grösste Hoffnung des Bundesrats liegt in der Entwicklung der erneuerbaren Energien und einem sehr starken Zubau im Zeitraum 2035-2050. Technologien, Strukturen (Politik und Markt) sowie Verhaltensweisen und Ergebnisse in einem so fern liegenden Zeitraum mutatis mutandis (alles kann sich ändern) vorherzusagen, ist jedoch mit sehr hohen Unsicherheiten verbunden.

<sup>31</sup> Vgl. Abbildung 7 bzw. BFE (2011a), Tabelle 108 bzw. 109, S. 112f

Aus heutiger Sicht erscheint ein Zubau in dem geplanten Umfang technisch-ökonomisch überaus ambitioniert, auch weil man dabei an stark steigende Grenzkosten geraten könnte, die den fallenden Kosten für Module und Maschinen entgegenlaufen.<sup>32</sup> Die Schweiz fährt nach unserer Auffassung daher eine Risikostrategie, weil sie sich auf die technische und ökonomische Entwicklung derjenigen erneuerbaren Energien verlässt, die seit längerem schon bekannt, aber nie wirklich wirtschaftlich geworden sind.<sup>33</sup>

Schliesslich ist anzumerken, dass auch die deutsche Energiepolitik keine Sicherheit für die Schweiz geben kann, weil Deutschland für einen Umbau der Energieversorgung bessere Voraussetzungen hat und das Land nach wie vor noch am Anfang der Energiewende steht.

### **3.3. Zentrale unberücksichtigte Aspekte**

Die Entscheidungsgrundlagen sind für einen politischen Beschluss dieser Tragweite nicht ausreichend, weil wichtige Aspekte der Energiewende nicht berücksichtigt wurden.

#### *Probleme mit der fluktuierenden Stromproduktion*

In den Entscheidungsgrundlagen steht die Gesamtenergiemenge im Zentrum der Analyse. Tägliche und saisonale Schwankungen bei der Elektrizität sind nicht oder nur rudimentär Gegenstand der Überlegungen. Die Problematik der Stromspeicherung, die mit der Energiestrategie zunehmend an Bedeutung gewinnen wird, wird daher weitgehend ignoriert.

#### *Fehlende Berücksichtigung des internationalen Kontextes*

Die Schweizer Volkswirtschaft ist sehr eng mit dem europäischen Ausland verbunden, dies gilt im besonderen Masse für die Elektrizitätswirtschaft: es wird mehr Strom ins Ausland exportiert und mehr Strom vom Ausland importiert als in der Schweiz verbraucht wird.<sup>34</sup> Die Schweiz ist Bestandteil der wichtigen Nord-Süd-Verbindung des europäischen Netzverbands.

<sup>32</sup> Steigende Grenzkosten entstehen, weil typischerweise zunächst die besten Produktionsstandorte ausgewählt werden. Stehen diese nicht mehr zur Verfügung müssen Standorte in Kauf genommen werden, die für die Stromproduktion weniger gut geeignet sind. Bei einem starken Ausbau der erneuerbaren Energien stehen nicht nur die besten Standorte in der Schweiz (bspw. Bergücken mit guten Windverhältnissen oder Dächer mit Südausrichtung) zur Verfügung. Die einzugehenden Kompromisse werden die Kosten der Produktion steigern, weil bei gleichen Investitionskosten weniger Ertrag resultiert.

<sup>33</sup> Im weiteren Verlauf der Arbeit (siehe vor allem Kapitel 5) wird auf die Rolle des technologischen Fortschrittes einzugehen sein.

<sup>34</sup> Gemäss BFE (2010d) lag der Endverbrauch im Jahr 2010 bei insgesamt 215'230 TJ. Im gleichen Jahr wurden 238'730 TJ exportiert und 240'600 TJ importiert (siehe Seite 7f).

Durch ihre Lage und Topographie ist die Schweiz bekanntlich in der Lage, mit Pumpspeicherkraftwerken einen erheblichen Beitrag zur Stabilität und Effizienz des europäischen Stromnetzes zu leisten. Eine wichtige „Batterie Europas“ zu sein, bringt für die Schweizer Energiewirtschaft – besonders auch für die Wasserkantone und Kommunen – ökonomische Vorteile. Die Batteriefunktion erlaubt, Preisunterschiede im europäischen Stromhandel für Arbitragegeschäfte zu nutzen. Billige Bandenergie wird in nachfrageschwachen Zeiten (Nacht) aufgekauft, als Pumpenergie eingesetzt und in Form teurer Spitzenlast- und Regenergie zu den Verbrauchsspitzen (über Mittag) wieder verkauft.<sup>35</sup>

Wichtig in diesem Zusammenhang ist, dass die Preise bereits heute an den europäischen Strombörsen gebildet werden und sich auch die schweizerische Energiewirtschaft an diesen Preisen orientiert. Die Schweiz ist von dieser Preisentwicklung abhängig und die Strompreise werden weiterhin von den Marktverhältnissen in Europa determiniert. Entscheidend für den Erfolg wird sein, wie gut sich die Schweiz mit ihren Produktions- und Speicherkapazitäten sowie mit den vorhandenen und neuen Netzen in den europäischen Strommarkt integrieren und ihre spezifischen Vorteile umsetzen kann.

Wie sieht die geplante Energiestrategie in der Europäischen Union aus? Im Dezember 2008 hat sich die Europäische Union auf ein Richtlinien- und Zielpaket für Klimaschutz und Energie geeinigt, welches ambitionierte Zielvorgaben bis 2020 enthält (häufig als „20-20-20-Ziele“ bezeichnet). Demnach gelten bis zum Jahr 2020 die folgenden europaweiten Vorgaben:

- 20% weniger Treibhausgasemissionen als 2005
- 20% Anteil der erneuerbaren Energien
- 20% gesteigerte Energieeffizienz

Zur Erreichung der gesamteuropäischen Vorgaben tragen die Mitgliedstaaten mit differenzierten nationalen Zielen bei, die im Rahmen eines „Burden Sharing“-Prozesses ermittelt wurden. So muss beispielsweise Deutschland den Anteil von Energie aus erneu-

<sup>35</sup> In den letzten Jahren hat sich das entsprechende Arbitragepotenzial jedoch reduziert. So ist – erstens – seit 2008 generell ein Rückgang der Spitzenlastpreise zu beobachten, wodurch sich die Differenz zwischen Spitzen- und Schwachlastpreisen (Spread) verringert hat. Die Reduktion des Spreads wurde – zweitens – unterstützt durch Umstellungen im Energieangebot der Nachbarländer. Besonders im grössten Markt Deutschland, aber auch in Italien, werden immer mehr erneuerbare Energien und zum Ausgleich ihrer fluktuierenden Produktion auch Gaskraftwerke ausgebaut. In den Perioden mit starker Sonneneinstrahlung drückt dies tendenziell die Spitzenlastpreise und reduziert die Gewinnmöglichkeiten der Pumpspeicherkraftwerke in den Alpen. Dieser Trend eines sich reduzierenden Arbitragepotenzials könnte sich jedoch dann umkehren, wenn durch noch stärker fluktuierende Produktion vermehrt Überangebote auch in Mittagsstunden entstehen und Photovoltaik- und Windstrom fast zum Nulltarif eingekauft werden kann, sofern dieser Strom in den Abendstunden und in der Nacht wieder verkauft werden kann. Bei günstigen Windverhältnissen und an besonders sonnenreichen Sommertagen bestand bereits ein Überangebot mit sehr tiefen oder sogar negativen Preisen (vgl. bspw. „Pumpspeicherwerke – Investitionen mit hohen Risiken“, Avenir Suisse, 23.11.2011. <http://www.avenir-suisse.ch/12403/pumpspeicherwerke-%E2%80%93-investitionen-mit-hohen-risiken/>, [letzter Zugriff 14.02.2012]).

erbaren Quellen am nationalen Endenergieverbrauch bis zum Jahr 2020 auf 18% erhöhen (2005 lag der Anteil bei 5.8%). Italien muss in diesem Zeitraum den entsprechenden Anteil von 5.2% auf 17%, Frankreich von 10.3% auf 23% und Österreich von 23.3% auf 34% steigern.<sup>36</sup>

Inwieweit diese Ziele tatsächlich realisiert werden, bleibt abzuwarten. Auch die Rolle der Photovoltaik ist bisweilen unklar. Gerade die ambitionierten Ausbaupläne scheinen der Photovoltaik Schwierigkeiten zu bereiten, weil langsam aber sicher das Bewusstsein reift, dass der geplante Ausbau der Photovoltaik mit sehr hohen Kosten verbunden ist. Hinzu kommt, dass die politische Akzeptanz der Photovoltaik schwinden könnte, weil die europäische Solarbranche in letzter Zeit unter enormen chinesischen Konkurrenzdruck geraten ist und erste Unternehmen dadurch bereits in grosse Schwierigkeiten gekommen sind.<sup>37</sup>

Trotz dieser Unsicherheiten über die weitere Entwicklung der Photovoltaik dürfte der Anteil der erneuerbaren Energien an der europäischen Stromproduktion in den kommenden Jahren weiter zunehmen. Daraus ergeben sich höhere Anforderungen an die Netze und an die Speicher- und Reservekapazitäten mit entsprechenden Kostenfolgen, sodass über kurz oder lang mit steigenden Strom-Endkundenpreisen zu rechnen ist.

Durch diese Entwicklungen im Ausland dürften auch die Pumpspeicherkraftwerke wieder an Bedeutung und v.a. an Ertragspotenzial gewinnen.<sup>38</sup> Im europäischen Strommarkt werden die Preise zudem volatiler, wodurch die Verdienstmöglichkeiten weiter steigen könnten. Zu starke Preisspitzen könnten jedoch auf politische Widerstände stossen und Reglementierungen wie Preisobergrenzen an der Börse nach sich ziehen. Derartige politische Verwerfungen sind kaum vorherzusagen, würden aber wiederum die Rentabilität der Pumpspeicherkraftwerke beeinflussen.

So oder so steht fest, dass die Entwicklungen in der Europäischen Union zentral für die schweizerische Energiewirtschaft sind. Entscheidungsgrundlagen, die den Blick nur auf die Schweiz richten, greifen daher deutlich zu kurz.

### *Ausblendung politökonomischer Aspekte*

Die Entscheidungsgrundlagen sehen weitreichende politische Eingriffe vor, die gleichermassen die Angebots- wie auch die Nachfrageseite betreffen. Auf der Nachfrageseite steht die Energielenkungsabgabe im Mittelpunkt (die in der Praxis aber durch einen Mix

<sup>36</sup> Vgl. Europäische Union (2009)

<sup>37</sup> Vgl. dazu die Diskussion in Kapitel 6.

<sup>38</sup> Kostengünstige Technologien, die Elektrizität in grösserem Ausmass speichern können, sind in den nächsten Jahrzehnten nicht zu erwarten. Wenngleich sich die Speichertechnologien weiterentwickeln werden, wird gegenwärtig nach Einschätzung von Branchenvertretern nur die Wasserstoffherzeugung – die dann als Methan im bestehenden Gasnetz beigemischt (und auch wieder in Elektrizität umgewandelt) werden kann – als mögliche Speichertechnologie gesehen.



aus anderen Massnahmen ersetzt werden soll) und auf der Angebotsseite geht es v.a. um die Förderung von erneuerbaren Energien.

Dabei wird implizit eine Weltunterstellt, die von einem wohlwollenden Diktator regiert wird, der nicht nur die richtigen Massnahmen kennt, sondern auch jederzeit in der Lage ist, die für die Umsetzung der Energiestrategie erforderlichen Massnahmen durchzusetzen. Die Realität ist natürlich eine andere: Der Umsetzungsprozess wird nicht ohne Widerstände vonstatten gehen, da jede Massnahme Gewinner und Verlierer nach sich zieht. Der Zubau an erneuerbaren Energien ist in diesem Sinne nicht nur technisch-ökonomisch, sondern eben gerade auch politökonomisch überaus ambitioniert. Politökonomisch wäre ein breiter gesellschaftlicher Konsens nötig, um paralyisierende Einsparungen und andere Rechtsmittelhindernisse aus dem Weg zu räumen. Analoges gilt natürlich für wirklich wirksame Massnahmen zur Reduktion der Energie- und Stromnachfrage. Der politische Anpassungsprozess wird von Lobbying einzelner Akteursgruppen (Interessenvertreter) geprägt sein und ohne eine Modellierung der Akteure ist es kaum möglich, Aussagen zu treffen, inwieweit die für eine erfolgreiche Umsetzung der Strategie erforderlichen Massnahmen überhaupt umgesetzt werden. Dieser Einwand wird umso schwerwiegender, je längere Zeithorizonte wir betrachten.<sup>39</sup>

### 3.4. Fazit

Energiewirtschaftliche Modelle können zur Beantwortung von bestimmten (v.a. politischen) Fragestellungen grundsätzlich eine sinnvolle Hilfestellung bieten. Solche Modelle sind – darauf weisen auch die Verfasser der Entscheidungsgrundlagen hin – stets nur ein Versuch, die Zusammenhänge des höchst komplexen Energiesystems unter bestimmten (zuvor definierten) Rahmenbedingungen abzubilden. In diesem Sinne müsste eigentlich, wie von den Autoren gefordert, von „Wenn-Dann-Analysen“ gesprochen werden, die in der Diskussion jedoch vielfach fälschlicherweise als Prognosen verkauft werden.

Aufgrund der zahlreichen Einflussfaktoren müssen in den Modellen viele Annahmen getroffen werden, wodurch die Realität zwangsläufig nur stark simplifiziert nachgezeichnet werden kann. Dies ist kein grundlegender Einwand gegen Modelle, aber der Aussagegehalt solcher Modelle ist naturgemäss eingeschränkt. Die Gefahr von Fehlschlüssen oder Lücken in zentralen Bereichen ist im vorliegenden Fall aus den folgenden Gründen offensichtlich:

- Erstens wird ein sehr langer Zeitraum von vier Jahrzehnten betrachtet. Falsche Annahmen (bezüglich BIP-Entwicklung, Bevölkerungsentwicklung, Preisent-

<sup>39</sup> In Kapitel 7 werden politökonomische Risiken und die Auswirkungen auf die Akteursgruppen skizziert.

wicklung, technologische Veränderungen etc.) wirken sich besonders stark auf die Ergebnisse aus.

- Zweitens sind solche Modelle ohnehin in erster Linie dafür geeignet, um die Auswirkungen von überschaubaren Politikänderungen abzubilden. Bei einer isolierten und moderaten Erhöhung der KEV beispielsweise dürfte es vertretbar sein, das BIP-Wachstum als exogene Einflussgrösse zu behandeln, im Falle der „neuen Energiepolitik“ („Paradigmenwechsel“) mutet diese Annahme eher grotesk an.
- Drittens sind die Unsicherheiten im vorliegenden Fall auch deswegen besonders gross, weil sich der Energiesektor in einem starken Wandel befindet und nicht verlässlich abgeschätzt werden kann, wohin die Reise in Zukunft gehen wird. Es ist sehr mutig, auf einen starken Ausbau der neuen erneuerbaren Energien zu setzen, die heute zur Energieversorgung nur eine kleine Rolle spielen (und auch nur deshalb, weil sie stark subventioniert werden).
- Viertens werden wichtige Aspekte ignoriert. So wird die ganze Problematik der fluktuierenden Stromproduktion durch erneuerbare Energien ausgeblendet. Es ist keineswegs klar, wie sich die Energiepolitik im Ausland entwickeln wird. Die „neue Energiepolitik“ jedoch beruht auf der Annahme, dass die energiepolitischen Instrumente international harmonisiert werden. Und schliesslich finden die politökonomischen Herausforderungen keinen Eingang in die Modelle; immerhin muss die Energiestrategie erst in Gesetzen und teils Verfassungsartikeln konkretisiert werden, ehe sie umgesetzt werden kann.

In Anbetracht all dieser Einschränkungen muss festgehalten werden, dass die Modellarbeiten keineswegs als überzeugender „Beleg“ dafür dienen, dass die Energiewende in der vorgelegten Art und Weise umsetzbar sein wird.

### **Exkurs: ETH-Studie zur Energiezukunft Schweiz**

Ein halbes Jahr nach dem bundesrätlichen Entscheid wurde mit Andersson et al. (2011) die erste quantitative Studie zu den ökonomischen Auswirkungen der Energiestrategie, insbesondere zum Ausstieg aus der Kernenergie vorgelegt. Demnach würde die Reduktion der Wirtschaftsleistung bei einem Verzicht auf die Kernenergie in der Schweiz gering bis unbedeutend ausfallen. Das Wirtschaftswachstum bis 2050 wird bei der vorgesehenen Reduktion der fossilen Energieträger und ohne Kernenergie auf durchschnittlich 1.24% p.a. geschätzt und liegt damit um nur 0.05 Prozentpunkte tiefer als in einem Szenario, in dem die CO<sub>2</sub>-Reduktion unter dem Einsatz von Kernenergie erzielt werden muss. Das würde faktisch bedeuten, dass der Ausstieg aus der Kernenergie für das langfristige Wachstum völlig unerheblich wäre.

Nachfolgend werden zunächst das Vorgehen, die Methodik und die Annahmen der Studie skizziert und anschliessend werden Methodik und Annahmen beurteilt, bevor ein Fazit zu den Erkenntnissen dieser Studie gezogen wird.

### *Vorgehen, Methodik und Annahmen*

Andersson et al. (2011) legen einen maximal erlaubten CO<sub>2</sub>-Ausstoss der Schweiz zwischen 2010 und 2050 zugrunde, wobei das CO<sub>2</sub>-Budget weitestgehend auf die Sektoren Wärme und Mobilität aufgeteilt wird. Der Stromsektor bleibt in den Modellrechnungen weitestgehend CO<sub>2</sub>-frei. Darauf aufbauend wird die zukünftige Entwicklung der Nachfrage geschätzt und anschliessend werden aus technologischer Perspektive Optionen für die Zusammensetzung des Stromangebotsportfolios erarbeitet. Besondere Aufmerksamkeit wird dem Thema der Speicherung und Verfügbarkeit der nachgefragten Leistung bei einem wesentlichen Ausbau der fluktuierenden erneuerbaren Stromerzeugung geschenkt. Technologische Einschätzungen wie der Absenkpfad des fossilen Energieeinsatzes und die Mengenentwicklung der erneuerbaren Stromerzeugungstechnologien dienen als Eingangsparameter für das Wirtschaftsmodell CITE (Computable Induced Technology and Energy), mit dem die volkswirtschaftlichen Effekte berechnet werden. Bei den Berechnungen werden (a) eine langfristig angelegte, kohärente und international abgestimmte Energiepolitik, (b) rationale individuelle Entscheidungsprozesse, (c) die Fortschreibung der Entwicklungstrends für wirtschaftliche und gesellschaftliche Kenngrössen und (d) die Beschleunigung des technologischen Fortschrittes durch eine effiziente Forschungsförderung unterstellt. Disruptive Technologien und andere schockartige Ereignisse werden ausgeschlossen.

### *Beurteilung*

Die ETH-Studie berechnet die volkswirtschaftlichen Auswirkungen auf Basis eines allgemeinen Gleichgewichtsmodells. Modelle können grundsätzlich nur ein approximatives Abbild der Realität darstellen und sind folglich mit Ungenauigkeiten verbunden. Auch ein Gleichgewichtsmodell weist gewisse methodische Schwächen auf. Sehr kritisch zu betrachten ist in diesem Zusammenhang die Verwendung von Input-Output-Tabellen (die konstante Lieferbeziehungen zwischen den Sektoren unterstellen), weil sich die Wirtschaft in einem dynamischen Anpassungsprozess befindet und heutige Strukturen in vierzig Jahren nicht mehr gelten werden. Darüber hinaus werden Elastizitäten – ein in der Ökonomie gebräuchlicher und hilfreicher Ansatz – verwendet, der jedoch im Zusammenhang mit grossen preislichen Änderungen nicht geeignet ist.<sup>40</sup>

<sup>40</sup> Die Problematik von Elastizitäten bei grossen Preisänderungen ist im Anhang „Zur Verwendung von Preiselastizitäten der Nachfrage“ skizziert.

Ganz allgemein wird bei der Schätzung der volkswirtschaftlichen Effekte von zu optimistischen technischen Annahmen ausgegangen, wichtige Kostenfaktoren werden nicht berücksichtigt oder zumindest nicht transparent genug dargestellt.

So finden sich bezüglich der Drosselung der Nachfrage keine Hinweise darüber, ob überhaupt und allenfalls inwieweit der staatlich verordnete Rückgang des Energieverbrauchs die volkswirtschaftlichen Kenngrößen von Konjunktur und Wachstum in den Berechnungen beeinflusst. Es wird lediglich ausgewiesen, dass die Energiepreise in Abhängigkeit der Elastizitäten um rund 48 bzw. 100% steigen müssen, um den notwendigen Nachfragepfad erreichen zu können.<sup>41</sup> Welcher Rückkoppelungseffekt durch diese Markteingriffe auf die Volkswirtschaft als Ganzes resultiert und inwieweit hierbei die schweizerische Volkswirtschaft in einer globalisierten Wirtschaft Schaden nimmt, wird hingegen nicht analysiert.

Angebotsseitig sind vor allem die Annahmen kritisch zu bewerten. Die Studie erstaunt mit sehr hohen Zubaupotenzialen an erneuerbaren Energien von wahrscheinlich 31 TWh, wobei sogar ein maximaler Zubau von 46 TWh als plausibel erachtet wird.<sup>42</sup> Mit diesen Werten liegt die Studie weit über anderen Schätzungen. Insbesondere übertrifft diese Annahme selbst die optimistische Zahl von 22.6 TWh, die vom BFE zugrunde gelegt wird, deutlich.<sup>43</sup>

Die geschätzten Entwicklungen der Gestehungskosten der erneuerbaren Energien sind ungewöhnlich positiv, mit der Folge, dass die Stromgestehungskosten in verschiedenen Szenarien auch 2050 nur knapp über dem heutigen Niveau liegen.<sup>44</sup> Die Berechnungen basieren also auf der Annahme, die erneuerbaren Energien könnten die bisherige Stromversorgung bei gleichzeitigem Verzicht auf die fossile Stromproduktion praktisch ohne Mehrkosten ablösen. Diese Annahmen (insbesondere auch die oben aufgelistete Beschleunigung des technologischen Fortschritts) sind aus heutiger Sicht keinesfalls gesichert. Die Schätzungen verlassen sich zudem offenbar auf optimale Standorte und lassen die Möglichkeit abnehmender Grenzerträge bzw. zunehmender Grenzkosten bei immer stärkerer Ausschöpfung des Potenzials unberücksichtigt.

Leider bleiben in dieser Studie auch die weiteren Annahmen und Wirkungsmechanismen des Modells intransparent. Dadurch sind die Ergebnisse für externe Betrachter nicht zu überprüfen. Unglücklich ist nach unserer Auffassung zudem, dass die volkswirtschaftlichen Auswirkungen nur gegenüber einem ohnehin schon durch die

<sup>41</sup> Vgl. Andersson et al. (2011), S. 41

<sup>42</sup> Vgl. Andersson et al. (2011), S. 25, Tabelle 8

<sup>43</sup> Vgl. hierzu die bereits in Kapitel 3.2 geführte Diskussion und die im Anhang „Schätzungen des Potenzials erneuerbarer Energien in der Schweiz“ genannten Ergebnisse.

<sup>44</sup> Andersson et al. (2011) erwarten im Jahr 2050 beispielsweise Gestehungskosten zu heutigen Preisen in Höhe von 6-10 Rp./kWh für Photovoltaik und 8-12 Rp./kWh für Wind (vgl. S. 36f).

Klimapolitik reduzierten Wachstumspfad dargestellt werden.<sup>45</sup> Damit können zwar die Auswirkungen des Kernenergieausstieges gezeigt werden, wenn die ehrgeizige Klimapolitik als sakrosankt betrachtet wird.<sup>46</sup> Die Auswirkungen der Energiestrategie insgesamt sind aber nicht ersichtlich und die Ergebnisdarstellung könnte diesbezüglich zu falschen Interpretationen führen.

Wir bezweifeln darüber hinaus, dass die internationalen Verflechtungen und die Rolle des europäischen Strommarktes ausreichend und adäquat berücksichtigt sind. Andersson et al. (2011) unterstellen in ihren Berechnungen eine im Ausland abweichende Energiepolitik. Sie geben an, dass der Einfluss des Auslandes in Sensitivitätsanalysen überprüft worden sei (siehe Seite 41). Vor dem Hintergrund der übrigen Erkenntnisse der Studie wirken diese Aussagen aber unglaubwürdig. Die Studie arbeitet nämlich offensichtlich heraus, dass die Pumpspeicherkraftwerke für den Ausgleich von Stromproduktion und Stromverbrauch in der Schweiz notwendig werden. Überlegungen zu den volkswirtschaftlichen Auswirkungen, die beispielsweise mit dem Verlust von Handelsgewinnen einhergehen, scheinen aber nicht zu folgen.

Ein weiteres Manko auch dieser Studie ist, dass sie von einer idealen Welt für einen allwissenden und wohlwollenden Diktator ausgeht, der die optimalen Instrumente zur Förderung des technologischen Fortschritts und zu den gewünschten Verhaltensänderungen findet und kostenlos umsetzt. Zu erwarten ist jedoch das Gegenteil. Lobbys werden Privilegien und Ausnahmen durchsetzen, so dass die Kosten letztlich höher werden und von den immobilen Produktionsfaktoren (Arbeitnehmer und Konsumenten) getragen werden müssen. Zusammengefasst muss festgehalten werden, dass das Modell weder induzierte Verhaltensänderungen als Folge der Politikänderungen bei den Wirtschaftssubjekten noch bei den politischen Interessengruppen berücksichtigt. Diese werden aber für eine solange Frist von 40 Jahren entscheidend sein.

#### *Fazit des Exkurses*

Die Studie der ETH stellt eine volkswirtschaftlich vertretbare Abkehr von den fossilen Energieträgern und der Kernenergie in Aussicht. Die methodischen Schwächen von Modellrechnungen, die getroffenen Annahmen und die Vernachlässigung wichtiger volkswirtschaftlicher und erst recht politökonomischer Zusammenhänge lassen jedoch erhebliche Zweifel an diesem Ergebnis zu. Insbesondere können auch die Risiken, die mit der Energiestrategie eingegangen werden, durch die Modellrechnungen nicht zerstreut werden.

Nicht selten werden Modellrechnungen über hoch komplexe Systeme durch die Realität widerlegt. So führen insbesondere die Schwierigkeiten bei den internationalen Klima-

<sup>45</sup> Vgl. Andersson et al. (2011), S. 40, Abbildung 17

<sup>46</sup> An dieser Annahme sind nach unserer Auffassung erhebliche Zweifel angebracht.

verhandlungen deutlich vor Augen, dass die Abkehr von den fossilen Energieträgern eben doch nicht so einfach sein kann, wie es nach den Aussagen der Studie möglich zu sein scheint. Es wäre daher fahrlässig, wenn die Energiepolitik der Schweiz blindlings den quantitativen Schätzungen vertrauen würde.



## 4. Kosten der Energiestrategie 2050

Die Kosten der Energiestrategie 2050 sind bisher nicht oder unzureichend diskutiert worden. Zwar liegen grobe quantitative Modellrechnungen zu den Auswirkungen auf die Wirtschaftsleistung vor. Diesen Rechnungen sollte aber – wie gerade dargelegt – kein allzu grosses politisches Gewicht gegeben werden, weil die methodischen Schwierigkeiten beträchtlich und die getroffenen Annahmen (zu) optimistisch sind. Die Ergebnisse sind mit hoher Unsicherheit behaftet und wissenschaftlich nicht überprüfbar.

Wir betrachten es daher als unerlässlich, in diesem Kapitel eine grundlegende Kostendiskussion zu führen, mit der aufgezeigt werden kann, welche volkswirtschaftlichen Belastungen durch die Energiestrategie entstehen werden. Wir konzentrieren uns dabei auf diejenigen Kosten, durch die die Wirtschaftsleistung negativ beeinflusst wird. Externe Kosten der Energiestrategie sind genauso wenig im Fokus der Diskussion wie ein durch die Energiestrategie entstehender volkswirtschaftlicher Nutzen. Diese fallen selbstverständlich auch an, sind aber weniger klar identifizierbar bzw. von wesentlich geringerer Relevanz als die Kosten.

Die Kosten werden zunächst auf theoretischer Ebene dargelegt. Es wird gezeigt, dass durch die Energiestrategie 2050 notwendigerweise zusätzliche volkswirtschaftliche Kosten anfallen (Kapitel 4.1) – zusätzlich versteht sich dabei im Vergleich zur Fortsetzung einer Energiestrategie ohne schrittweisen Ausstieg aus der Kernenergie. Solche Kosten können auch indirekt aus dem Verlust an internationaler Konkurrenzfähigkeit, aus mikroökonomischen Effizienzverlusten oder aus Nutzeneinbussen durch Verzicht resultieren. In Kapitel 4.2 werden Kostenursachen der Energiestrategie aufgezeigt. Um möglichst kompakt und gezielt argumentieren zu können, findet dabei eine Beschränkung auf Massnahmen im Elektrizitätsmarkt statt. Trotz Beschränkung wird deutlich, wie vielschichtig die Auswirkungen auf die Volkswirtschaft sind. In Kapitel 4.3 werden die Folgerungen aus der Kostendiskussion gezogen: die Energiestrategie 2050 wird in der Realität teurer, als dies die Modellrechnungen voraussagen.

### 4.1. Theoretische Grundlagen zu den volkswirtschaftlichen Kosten

#### 4.1.1. *Komparativ-statisch schrumpfende Produktionsmöglichkeiten*

Kosten messen den Ressourcenverzehr der Produktion. Sie setzen sich zusammen aus der Anzahl Einheiten der verschiedenen Inputs, multipliziert mit einer Bewertung dieser Inputs – normalerweise in Geldeinheiten, wie sie sich aus Marktpreisen ergeben. Volkswirtschaftlich relevant sind allerdings nicht direkt diese buchhalterischen Kosten, sondern die Opportunitätskosten. Wenn knappe Faktoren als Inputs zur Produktion eines Güterbündels A verwendet werden, stehen sie für die Produktion eines anderen Güterbündels B nicht mehr zur Verfügung. Die volkswirtschaftlichen Opportunitätskosten der Produktion von A sind am entgangenen Nutzen von B zu messen. Das Gü-

terbündel A wird produziert, wenn daraus ein höheres Nutzenniveau als mit Güterbündel B resultiert. Unter perfekten Wettbewerbsbedingungen auf Beschaffungs- und Absatzmärkten widerspiegeln die Marktpreise auf den Faktor- und Gütermärkten effektiv die volkswirtschaftlich relevanten Opportunitätspreise oder -werte. In der wirtschaftlichen Realität kommt es indes laufend zu Störungen und dadurch induzierten Anpassungsprozessen, zu Ungleichgewichten, während derer die Marktpreise die volkswirtschaftlich relevanten Kosten nicht adäquat abbilden. Doch solche Unvollkommenheiten spielen für die prinzipielle und langfristige Betrachtung keine Rolle.

Entscheidend ist in concreto vielmehr, dass der Verzicht auf die Option Kernenergie zur Folge haben muss, dass mehr Ressourcen als ohne diesen Verzicht in die Stromproduktion (Angebotsseite) und/oder in technische Massnahmen zur Verminderung des Stromverbrauchs (Nachfrageseite) gesteckt werden müssen, die somit nicht mehr für alternative produktive Zwecke zur Verfügung stehen werden.<sup>47, 48</sup> Dies kann mittels einer stilisierten Kurve der volkswirtschaftlichen Produktionsmöglichkeiten (Transformationskurve) dargestellt werden (vgl. Abbildung 10).

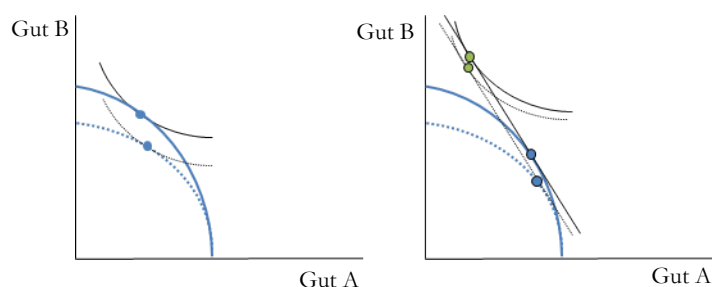


Abbildung 10: Transformationskurve für eine geschlossene und offene Volkswirtschaft

Die durchgezogene blaue Kurve markiert die (Grenze der) Produktionsmöglichkeiten eines Landes, welches nur die Güter oder Güterbündel A und B produziert. Es wird angenommen, dass nur für die B-Produktion Elektrizität erforderlich ist. Der Ausstieg aus der Kernenergie hat zwingend zur Folge, dass bei unveränderter Faktorausstattung und auch sonst unveränderten Bedingungen insgesamt weniger von Gut B produziert werden kann. Die Produktionsmöglichkeiten von A werden vom Ausstieg dagegen

<sup>47</sup> Dies gilt übrigens auch für die Ressource CO<sub>2</sub>-Ausstoss: Tatsächlich ist die Berechtigung, eine gewisse Menge an Schadstoffen ausstossen zu dürfen, ökonomisch-analytisch als Ressource oder Produktionsfaktor wie Arbeit, Boden und Kapital zu betrachten. Unter den heutigen Umweltgesetzen stellt der CO<sub>2</sub>-Ausstoss einen knappen Produktionsfaktor dar. Mehr Ressourcen in die Stromproduktion stecken zu müssen, kann damit auch heissen, einen höheren CO<sub>2</sub>-Ausstoss in der Stromproduktion (z.B. durch fossile Werke) in Kauf nehmen zu müssen, der dann nicht mehr für andere Produktionsprozesse in Kauf genommen werden kann. Wenn dafür Zertifikate zu erwerben sind, dann werden die entsprechenden Zusatzkosten direkt ersichtlich.

<sup>48</sup> Wäre der Verzicht auf die Option Kernenergie im beschriebenen Sinn mit einem Mindereinsatz an Ressourcen verbunden, dann würden die Märkte diese Option auch ohne energiepolitischen Zwang aufgeben. Da dies in der Realität nirgends der Fall ist, muss mit steigendem Ressourcenverzehr gerechnet werden.

nicht direkt tangiert. Deshalb lässt die Ausstiegsstrategie die volkswirtschaftlichen Produktionsmöglichkeiten asymmetrisch zu Lasten der energieintensiven Güter (repräsentiert durch B) auf die blau punktierte Kurve schrumpfen. Wird die Produktion von A eingeschränkt und diejenige von B ausgedehnt, dann müssen entlang der geschrumpften Produktionsmöglichkeiten nach dem Kernenergieausstieg mehr Ressourcen als vorher in die Stromproduktion oder in die Stromeffizienz oder ggf. auch in den Stromimport gesteckt werden. Mit anderen Worten müssen nach dem Kernenergieausstieg für die Produktion zusätzlicher B-Einheiten mehr Einheiten von A aufgegeben werden als vor dem Ausstieg. Die Opportunitätskosten von B steigen mit den Opportunitätskosten der Stromproduktion.

Die geschlossene Volkswirtschaft (links) gelangt auf ein niedrigeres Nutzen- bzw. Wohlstandsniveau. Der vorher optimale Produktions- und Konsumpunkt (Berührungspunkt von Produktionsmöglichkeiten- und Indifferenzkurve) ist offensichtlich nicht mehr erreichbar. Es wird mehr A produziert und konsumiert, doch vermag diese Substitution die Nutzenverluste in Gut B nicht zu kompensieren. Die Volkswirtschaft kann zwar das frühere Wohlstandsniveau mit Wachstum und technischen Fortschritten früher oder später wieder erreichen und überschreiten, sie würde aber ohne Ausstieg aus der Kernenergie in der Regel stets ein noch höheres Niveau erreichen.

Die offene Volkswirtschaft (rechts) gelangt durch weitergehende Spezialisierung in der heimischen Produktion (blaue Punkte) und Handel mit dem Ausland in jedem Fall auf ein höheres Nutzenniveau – nämlich auf die grünen Konsumpunkte ausserhalb der nationalen Produktionsmöglichkeiten, wie sie in einer geschlossenen Volkswirtschaft nicht erreichbar wären. In der Darstellung exportiert das betrachtete Land vor wie nach dem Kernenergieausstieg Einheiten des weniger stromintensiven (oder stromneutralen) Gutes A und importiert zum internationalen Austauschverhältnis (eingezeichnet als Preisgerade, tangential zu den nationalen Produktionsmöglichkeiten) Einheiten von B. Wie aus der Darstellung ersichtlich wird, vermag das Land trotz stärkerer Spezialisierung auf A und erhöhten B-Importen eine Wohlstandseinbusse als Folge steigender Stromopportunitätskosten natürlich nicht zu vermeiden. Allerdings kann die Wohlstandseinbusse durch Anpassungen in Produktion und Aussenhandel im Vergleich zur Autarkie etwas vermindert werden.

Diese Ergebnisse sind qualitativ (also in ihrer Richtung – nicht aber in ihrem Ausmass) von den konkreten Formen und Lagen der Produktionsmöglichkeitenkurven und der gesamtwirtschaftlichen Nutzenfunktion (Indifferenzkurven) unabhängig, sofern diese keine „perversen“ Verläufe aufweisen. Auch in der offenen Volkswirtschaft können die

Wohlstandseinbussen steigender Energieopportunitätskosten durch Wachstum und technischen Fortschritt in der Regel nur teilweise wettgemacht werden.<sup>49</sup>

Die Wohlstandseinbusse fällt also in der offenen Volkswirtschaft dank Aussenhandel niedriger aus. Dies wäre in dieser komparativ-statischen Welt unter sonst gleichbleibenden Umständen (*ceteris paribus*) aber ausgerechnet dann nicht der Fall, wenn im Ausland exakt die gleichen stromverteuernden Massnahmen getroffen würden wie im Inland. Läuft also die Hoffnung des Bundesrates auf internationale Harmonisierung der Energiepolitik – letztlich also auf die globale Verteuerung von Energie und besonders Elektrizität – den Interessen der Schweiz sogar entgegen? Um dies beurteilen zu können, muss die Analyse um dynamische Aspekte ergänzt werden.

#### 4.1.2. *Dynamischer Verlust an Standortgunst*

Im eben skizzierten komparativ-statischen Modell gibt es keine internationale Faktorwanderung, international gehandelt werden nur die Endgüter und -dienste. Durch die Verteuerung der Produktion stromintensiver Güter (einschliesslich Verteuerung der Stromproduktion, stromsparende Investitionen, welche mehr Ressourcen benötigen oder ggf. auch Stromimporte) erfolgt – wenn überhaupt – nur eine Faktorwanderung in weniger stromintensive Produktionszweige im Inland. In der globalisierten Wirtschaft werden jedoch Faktoren aus stromintensiven Tätigkeiten nicht nur in andere nationale Bereiche, sondern auch ins Ausland abwandern. In der Tat ist die Rede davon, dass als Folge der Energiestrategie des Bundesrates stromintensive Unternehmen ihre Tätigkeit ins Ausland verlagern könnten, was mit einem Abfluss von Real- und Humankapital verbunden wäre und die Kurve der nationalen Produktionsmöglichkeiten und den nationalen Wohlstand noch weiter schrumpfen liesse. In diesem Sinne erhöht die Energiestrategie des Bundesrates nicht nur die relativen Preise stromintensiver Güter und Dienste, sondern verschlechtert generell die Wettbewerbsfähigkeit des Arbeitsplatzes und des Wirtschaftsstandorts Schweiz. Auf der Einsicht in diese Gefahr beruht die Hoffnung des Bundesrates auf internationale Energiepolitikharmonisierung.

#### 4.1.3. *Effizienzverluste (tote Lasten)*

Der Umstieg auf Energieformen mit höheren volkswirtschaftlichen (Opportunitäts-) Kosten lässt aber nicht nur die Produktionsmöglichkeiten schrumpfen und – sofern die „Harmonisierung“ nicht weltweit erfolgt – die internationale Konkurrenzfähigkeit der Schweiz als Produktionsstandort sinken, sondern führt zudem zu mikroökonomischen Effizienzverlusten. Bewegungen auf der Produktionsmöglichkeitenkurve sind effizient

<sup>49</sup> Eine Ausnahme könnten technische Fortschritte sein, welche die Energieopportunitätskosten sinken lassen. Solche Fortschritte würden indes in den Märkten auch ohne Zwangsstrategie und ohne deren zwischenzeitliche Nutzeneinbussen umgesetzt. Eine Zwangsstrategie könnte in diesem Sinne nur unter ganz besonderen Umständen, welche solche Fortschritte der Märkte verhindern, sinnvoll sein. Eine entsprechende Argumentation ist in den Unterlagen des Bundesrates nicht ersichtlich.

in dem Sinne, dass die Faktoren immer dorthin wandern, wo sie den höchsten Ertrag bzw. den höchsten volkswirtschaftlichen Nutzen erwirken können. Nun erfordert aber die Strategie des Bundesrates eine Vielzahl von Massnahmen, von Geboten und Verboten sowie von finanziellen Lenkungsabgaben (Steuern und Subventionen), die neben den gewollten Verteilungs- und Lenkungswirkungen systembedingt auch zu sogenannten toten Lasten führen (Deadweight Loss).<sup>50</sup> In der obigen Abbildung 10 führen solche mikroökonomischen Effizienzverluste dazu, dass Punkte auf der geschrumpften Kurve der Produktionsmöglichkeiten (auf der punktierten blauen Transformationskurve) nicht zu erreichen sind und stattdessen nur noch Punkte unterhalb dieser Kurve erreicht werden. Damit sinkt das Wohlstandsniveau noch weiter ab.

#### **4.2. Kostenursachen und Kostenarten**

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Kostenursachen der bundesrätlichen Strategie erörtert, welche – wie eben skizziert – die schweizerischen Produktionsmöglichkeiten schrumpfen lassen, die Standortattraktivität reduzieren und/oder Ineffizienzen im Sinne von toten Lasten nach sich ziehen könnten. Dabei werden Kosten auch dann aufgeführt, wenn die Umsetzung der Energiestrategie kostensteigernd wirkt, die Kosten also (in einem geringeren Ausmass) auch ohne die neue Energiepolitik anfallen würden.

Nachfolgend findet eine Beschränkung auf den Elektrizitätsmarkt statt, trotzdem wird die Vielschichtigkeit der volkswirtschaftlichen Kosten der Energiestrategie deutlich. Die Kosten der Energiestrategie insgesamt werden allerdings nicht abschliessend diskutiert. Tabelle 3 gibt einen Überblick. Sie unterscheidet in Kosten zur Bereitstellung des Stromangebots, Kosten zur Beeinflussung der Nachfrage und Kosten, die zur Gewährleistung eines funktionierenden Systems in Kauf genommen werden müssen, wenn die vom Bundesrat vorgesehene neue Energiepolitik umgesetzt werden sollte.

<sup>50</sup> Der Ausdruck Deadweight Loss (DWL) entstammt der ökonomischen Wohlfahrtstheorie und steht für den Teil der Gesamtrente, der aufgrund einer Marktstörung nicht mehr realisiert werden kann. Entstehen kann ein DWL u.a. durch staatliche Markteingriffe in Form von Steuern bzw. Abgaben. Die Ursache für den Verlust an Wohlfahrt ist jeweils, dass die gehandelte Menge von der optimalen Menge abweicht, die sich auf einem vollkommenen Konkurrenzmarkt im Gleichgewicht einstellen würde.



	Kostenursache	Kostenart
Angebot	Ausbau erneuerbarer Energien	Höhere Investitionskosten (inkl. Back-up Lösungen)
	Ausbau Speicherkapazitäten	Höhere Investitions- und Betriebskosten
	Reduktion Stromhandel	Verzicht auf Handelsgewinne
	Einstieg in die Gaskraft	Preisrisiken, Umweltkosten, Auslandsabhängigkeiten
	Abhängigkeit von Stromimporten	Reduktion der Versorgungssicherheit
	Verbot neuer Kernkraftwerke	Optionsverlust
Nachfrage	Reduktion Energieverbrauch	Fehlallokationen, höhere Investitions- und Betriebskosten, Nutzenverluste
	Strompreissteigerungen	Schwächung der Standortattraktivität, Nutzenverlust durch Konsumverzicht
System	Netze	Höhere Investitions- und Betriebskosten

*Tabelle 3: Potentielle Kosten der Energiestrategie 2050 (nur mit Bezug zur Elektrizität)*

#### 4.2.1. Kosten durch die Umstellung des Stromangebots

##### *Ausbau der erneuerbaren Energien*

Der starke Ausbau der erneuerbaren Energien wäre in den kommenden Jahren ohne Zweifel mit volkswirtschaftlichen Kosten verbunden, weil für deren Energieproduktion mehr knappe Faktoren (Arbeit, Boden, Kapital) aufgewendet werden müssen, um die gleiche Menge an Strom zu erzeugen wie mit anderen Technologien. Wie in diesem Bericht an anderer Stelle gezeigt wird, sollen mit der neuen Energiepolitik die geschätzten Potenziale für erneuerbare Energien in der Schweiz praktisch vollständig ausgeschöpft werden. Das heisst aber, dass im Zuge dieses Ausbaus zunächst die ergiebigsten und anschliessend immer weniger ergiebige Quellen erschlossen werden müssen. Es muss somit mit abnehmenden Grenzerträgen und mit zunehmenden Grenz- und Durchschnittskosten gerechnet werden. Zunehmen werden auch die lokalen negativen Externalitäten: zunächst wird dort gebaut, wo die störenden Einflüsse geringer sind, später müssen Quellen mit immer grösseren externen Kosten hinzugezogen werden.

Die betrieblichen Investitionskosten sind bezogen auf den Wirkungsgrad der Anlagen gegenwärtig vor allem bei der Photovoltaik – auf die der Bundesrat besonders stark setzen will – noch sehr hoch. Natürlich ist damit zu rechnen, dass die Kosten im Zuge des technischen Fortschritts fallen und die Wirkungsgrade steigen werden. Ob und wann die Photovoltaik – bei dann nicht mehr optimalen Standorten – konkurrenzfähig wird, lässt sich kaum vorhersagen. In der Übergangsphase jedenfalls resultieren (bei gleicher Strommenge) höhere Investitionskosten. Sollten keine ausreichenden Speichertechnologien zur Verfügung stehen bzw. die Nachfrage nicht entsprechend dem Angebot gesteuert werden können, sind zusätzlich Back-up Lösungen erforderlich, mit denen die fluktuierende Stromproduktion ausgeglichen werden kann.



Beim Ausbau der Wasserkraft sind wahrscheinlich weniger technisch bedingte Kosteneinsparungen und Wirkungsverbesserungen zu erwarten. Dafür dürften dort abnehmende Grenzerträge, steigende betriebliche Grenz- und Durchschnittskosten sowie besonders auch steigende Umweltkosten besonders ins Gewicht fallen. Die ergiebigsten Quellen sind ja bei der Wasserkraft längstens erschlossen.

#### *Ausbau Speicherkapazitäten*

Je höher der Anteil der stark fluktuierenden erneuerbaren Energien im Strommix werden soll, desto mehr Kapazitäten sind für die Stromspeicherung (und zudem für die Stromübertragung, vgl. Netze weiter unten) erforderlich.<sup>51</sup> Der Bundesrat geht bei seinen Planungen implizit davon aus, dass stets genügend Speicher zur Verfügung stehen. Die bestehenden Speicherkapazitäten der Schweiz (insbesondere Speicherseen) reichen nicht aus, um eine weit stärker fluktuierende Stromerzeugung über das ganze Jahr auszugleichen. Insbesondere kann bei dem geplanten Ausbau der Photovoltaik der im Sommer produzierte Solarstrom nicht bis in den Winter in den Seen gespeichert werden. Hier (sowie bei den Netzen) sind somit höhere Investitions- oder Betriebskosten zu erwarten.

#### *Wegfall von Ertragspotenzial im internationalen Stromhandel*

Eine weitere Folge des forcierten Ausbaus neuer erneuerbarer Energiequellen ist, dass die bestehenden Speicherkapazitäten vermehrt für den Ausgleich der fluktuierenden Stromproduktion in der Schweiz eingesetzt werden müssen. Die heute erzielbaren Handelsgewinne durch den Kauf von billigem Strom (bei hohem Angebot bzw. tiefer Nachfrage) und den Verkauf zu Peak-Preisen (bei hoher Nachfrage bzw. geringem Angebot) können nicht mehr im gleichen Ausmass erzielt werden. Dies ist natürlich nicht nur ein Verlust für die Speicherwerke, sondern auch ein Verlust für die gesamte Volkswirtschaft.

#### *Einstieg in die Gaskraft*

Der Verzicht auf die Kernenergie wird trotz des Ausbaus bei den erneuerbaren Energien den Einstieg in die fossile Stromproduktion erfordern, sofern eine substantielle Strom-Importabhängigkeit vermieden werden soll (vgl. Tabelle 1 auf Seite 23).

Der Bundesrat schlägt in diesem Zusammenhang einige Gaskraftwerke vor. Tatsächlich bieten sich moderne GuD-Kraftwerke an, deren CO<sub>2</sub>-Emissionen – im Vergleich zu

<sup>51</sup> Es wird davon ausgegangen, dass die neuen erneuerbaren Energien immer Einspeisevorrang geniessen. Andere Regelungen sind zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht vorstellbar, weil Investitionen in die teuren erneuerbaren Energien nur bei einer solchen Abnahmegarantie vorgenommen werden. Alternativ wären noch höhere Einspeisevergütung notwendig, damit sich die Investitionen in neue Erneuerbare lohnen können.

anderen Formen der fossilen Stromproduktion – relativ gering sind. Im Vergleich zur Kernkraft bedeutet aber die Gaskraft-Strategie einen klimapolitischen Rückschritt, weil CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht werden, die mit zusätzlichen Kosten verbunden sind (bspw. durch die Kompensation mit Zertifikaten).<sup>52</sup>

Bezüglich der Produktionskosten fällt das Bild bei den Gaskraftwerken zwiespältig aus. Allgemein anerkannt ist, dass die Anfangsinvestitionen (Bau von Gaskraftwerken) relativ tief sind. Dem stehen jedoch die vergleichsweise hohen und schwankenden Brennstoffkosten gegenüber. Am europäischen Strommarkt – wo die Grenzkosten die produzierte Menge einzelner Kraftwerkstypen determinieren – haben Gaskraftwerke heute deshalb einen schweren Stand. Aus dem Markt heraus bestehen heute aufgrund der fehlenden Wirtschaftlichkeit kaum Anreize für die Errichtung von Gaskraftwerken. Zwar sind diese Werke grundsätzlich sehr gut dazu geeignet, die Erneuerung des Kraftwerkparcs hin zu erneuerbaren Energien in den kommenden Jahrzehnten zu unterstützen, da sie sehr flexibel einsetzbar sind. Wenn aber die Produktion durch erneuerbare Energien massiv vorangetrieben wird und die Gaskraftwerke v.a. dazu dienen sollen, die Produktionsschwankungen der erneuerbaren Energien auszugleichen, rentieren Gaskraftwerke im heutigen Umfeld aufgrund der zu geringen Anzahl Volllaststunden nicht. In diesem Sinne wird eine Gaskraft-Strategie in der Schweiz kaum ohne den Strompreis weiter nach oben drückende Subventionen zu realisieren sein.

Des Weiteren ist die Fokussierung auf Gaskraftwerke mit substanziellen Risiken verbunden, die die Versorgungssicherheit in Frage stellen und potenziell sehr hohe Kosten nach sich ziehen können. Ins Gewicht fällt v.a. die Tatsache, dass das Erdgas vollständig importiert werden muss. In der Schweiz wird seit 1994 keine kommerzielle Erdgas-Förderung mehr betrieben und es scheint eher unwahrscheinlich, dass sich dies in den kommenden Jahrzehnten ändern wird. Faktisch würde also eine Hinwendung zur gasbasierten Stromproduktion nichts anderes bedeuten, als dass die Importabhängigkeit von Strom durch eine solche von Gas ersetzt würde.

Selbstverständlich ist auch die Kernkraftstrategie mit einer Importabhängigkeit verbunden (Uran). Es gibt aber diverse Aspekte, die eine Uran-Importabhängigkeit in einem günstigeren Licht erscheinen lassen als die Importabhängigkeit von Gas.<sup>53</sup> Ein Vorteil des Urans gegenüber dem Erdgas besteht darin, dass die Importe nicht primär pipelinegebunden sind. Der Erdgas-Import über das Transitgassystem stellt für die Versorgungssicherheit fraglos ein Klumpenrisiko dar. Dieses Klumpenrisiko ist umso gewichtiger, als die Schweiz – auch aufgrund der geologischen Gegebenheiten – bis heute über

<sup>52</sup> Hierbei gilt zu bedenken, dass die Situation in der Schweiz nicht mit jener Deutschlands zu vergleichen ist, wo ein bedeutender Teil der Stromproduktion schon immer und weiterhin von Kohlekraftwerken sichergestellt wird. GuD-Kraftwerke sind in Bezug auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen ein Fortschritt gegenüber Kohlekraftwerken, nicht aber gegenüber Kernkraftwerken.

<sup>53</sup> Vgl. hierzu die ausführliche Diskussion von Meister (2010).

keine Gaslager im Sinne von strategischen Notfall-Reserven verfügt. Bilaterale Verträge mit Ländern wie Frankreich oder Deutschland, die über substanzielle Lagerbestände verfügen, können hier gerade im Hinblick auf allfällige Versorgungsengpässe realistisch nur partiell Abhilfe bieten. Die Vorratslagerung des Brennstoffs für Kernkraftwerke ist demgegenüber aufgrund der hohen Energiedichte im grossen Umfang möglich. Bereits heute lagern die Kernkraftwerke in der Schweiz jeweils in etwa den Kernbrennstoff, der für das nächste Betriebsjahr erforderlich ist. Eine strategische Ausweitung dieser Vorratslagerung wäre problemlos möglich.

Ausserdem spricht die Struktur der Herkunftsländer eher für eine Kernenergie- als eine Erdgasstrategie. Die international gewichtigsten Förderländer – Australien und Kanada – gelten als politisch verlässliche Partner. Die Versorgung des weltweiten Uran-Bedarfs ist zudem gemäss Schätzungen (IAEA 2007) bei heutigem Verbrauch auf Jahrhunderte hinaus gesichert. Beim Gas sind demgegenüber zukünftig Zweifel an der Lieferstabilität angebracht, da die wichtigsten Rohstoffreserven in politisch instabilen Ländern liegen. Die Schweiz bezieht zwar ihr Gas heute v.a. aus Deutschland, den Niederlanden und Frankreich. Betrachtet man aber die Bezugsquellen dieser Lieferländer, zeigt sich dass rund ein Viertel aller Schweizer Gasimporte aus Russland stammt.

Dieser kurze Überblick zeigt auf, dass eine Hinwendung zur Gaskraft unter politischen, ökologischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten mit verschiedenen Einschränkungen und Risiken verbunden ist.

#### *Abhängigkeit von Stromimporten*

In jedem Szenario des Bundesrates steigt während vieler Jahre auch der Bedarf an Stromimporten, weil die entstehende Lücke bis 2050 nicht durch alternative Energiequellen geschlossen werden kann – und dies nicht zur Preisarbitrage, sondern schlicht zur Beschaffung von „Verbrauchsstrom“. Durch die Stromimporte steigt im Vergleich zu heute die Auslandsabhängigkeit, ähnlich wie bei zusätzlichen Gasimporten. In diesem Zusammenhang drängt sich die Frage der Vorteilhaftigkeit von Gasimporten vs. Stromimporten auf. Diese wichtige Frage wurde unseres Wissens bis anhin noch nicht diskutiert.

#### *Verbot neuer Kernkraftwerke*

Ein gesetzliches Verbot neuer Kernkraftwerke stellt einen Optionsverlust dar. Falls die Kernkraft durch eine Weiterentwicklung der Technologie in Zukunft weniger Risiken und mehr Effizienz verspricht, wird ihre Verwendung in der Schweiz per Gesetz verhindert. Das Verbot kann zwar wieder aufgehoben werden, es hat aber den unmittelbaren Effekt, dass es die Anreize unterminiert, in der Schweiz Fachkräfte auszubilden und das Know-how zu behalten respektive weiter zu entwickeln oder die Planungsunterla-

gen à jour zu halten. All dies würde sich später in zusätzlichen Wiedereinstiegskosten manifestieren.

#### 4.2.2. *Kosten durch die Steuerung der Nachfrage*

##### *Reduktion Energieverbrauch*

Die historischen Daten zeigen einen sehr engen Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Wertschöpfung in der schweizerischen Volkswirtschaft und dem Energieverbrauch (vgl. Kapitel 3.1). Mit der Energiestrategie 2050 soll in den nächsten vierzig Jahren eine Entkoppelung von Energieverbrauch und Wirtschaftsleistung gelingen. Überzeugende Argumente, wieso ein solcher Strukturbruch bisher nicht geschafft wurde, jetzt plötzlich aber ohne grössere Beeinträchtigung der Volkswirtschaft machbar sein soll, können vom Bundesrat nicht vorgetragen werden.

Das Ziel der „neuen Energiepolitik“ ist nach unserer Auffassung nur mit einem unvorhergesehenen technologischen Quantensprung oder alternativ mit sehr hohen Kosten und Wohlstandseinbussen zu erreichen, weil die gesamten Produktionsprozesse und Verhaltensmustern dem Diktat des Energiesparens unterworfen werden müssten. Warum mit einem technologischen Quantensprung im Rahmen oder gar ausgehend von der bundesrätlichen Strategie kaum zu rechnen ist, diskutieren wir in Kapitel 5.<sup>54</sup>

In der Tabelle 3 werden Fehlallokationen, höhere Investitions- und Betriebskosten und Nutzenverluste als Kosten der Energiestrategie 2050 identifiziert.

*Fehlallokationen:* Massnahmen, mit denen die Energienachfrage künstlich reduziert werden soll, sind unweigerlich mit Ineffizienzen im Sinne von Fehlallokationen und toten Lasten verbunden. Solche Massnahmen sind auf der Bundesebene bisher nur geplant, werden aber bereits heute – bestärkt durch die bundesrätliche Energiestrategie – auf kommunaler Ebene umgesetzt. Theoretisch zu begründen sind diese Ineffizienzen damit, dass die Energiestrategie nicht bei der Internalisierung von ausgewiesenen negativen externen Effekten ansetzt, sondern eine zuvor definierte Nachfrageentwicklung erreichen will<sup>55</sup> – im Grunde genommen soll die Nachfrage auf das geplante Angebot gedrückt werden. Die dazu nötige Lenkungsabgabe geht jedenfalls deutlich über die

<sup>54</sup> Im Übrigen könnten sich, käme es wider Erwarten doch zu einem solchen Quantensprung, viele vorher in Kauf genommene Zusatzkosten als unnötig erweisen. Energie und Strom haben ja auch ohne künstliche Preiserhöhungen ihren Preis, der die Umsetzung stromsparender Innovationen als rein kommerzielle, freiwillige Investitionen erscheinen lassen kann. Dies gilt besonders für energieintensive (stromintensive) Branchen.

<sup>55</sup> Bei einer Lenkungsabgabe auf Strom ist die Internalisierung der externen Kosten nicht in der gleichen Weise begründbar wie bei einer Abgabe auf CO<sub>2</sub> oder VOC. Bei Emissionen von CO<sub>2</sub> oder VOC besteht der weitgehende wissenschaftliche und gesellschaftliche Konsens, dass durch deren Emissionen globale bzw. lokale Schäden resultieren und diese durch die jeweilige Abgabe reduziert werden sollen. Eine Abgabe, die zur Internalisierung solcher externen Effekte dient, kann daher zu einer Steigerung der Wohlfahrt führen.

üblichen Schätzungen der externen Kosten der Stromproduktion hinaus.<sup>56</sup> Bei der Höhe der geplanten Nachfragereduktion drohen starke Effizienz- und Wohlfahrtsverluste.

*Investitions- und Betriebskosten:* Die deutliche Reduktion des Energieverbrauchs erfordert laufenden Investitionen in die neusten Produktionsanlagen. Die Verbraucher müssen alte Geräte ersetzen, ihre Häuser isolieren und dergleichen mehr. Energieeffizienzmassnahmen (egal ob via Vorschriften oder Anreize) sind nicht gratis zu haben, sondern verschlingen knappe Ressourcen.

*Nutzenverluste:* Die Nachfrageentwicklung der Energiestrategie kann nur erreicht werden, wenn bestimmte energieintensive Aktivitäten reduziert oder energieintensive Güter nicht mehr konsumiert werden. Beispielsweise müssen die in der Schweiz lebenden Personen ihre Mobilität einschränken oder ihr Freizeitverhalten ändern. Durch die staatlich verordnete Verhaltensänderung oder künstlich überhöhte Strompreise entstehen Kosten in Form von einer Reduktion der Konsumentenrente. Dass die Personen durch die Ausübung der Tätigkeit oder den Konsum dieses Gutes einen höheren Nutzen erzielen, ist offensichtlich, weil sie die Tätigkeit sonst heute nicht ausüben würden oder das Gut sonst nicht konsumieren würden. Alles in allem ist es nicht so, dass die Kosten oder Nutzenverluste des reduzierten Stromverbrauchs einfach dadurch gedeckt würden, dass die Ausgaben für Strom geringer wären.

Eine wichtige Rolle nehmen in der Diskussion die Stromsparpotenziale ein, die sich durch den (freiwilligen oder erzwungenen) Umstieg auf besonders energieeffiziente Geräte und Produkte ergeben. Die gängigen, nach ingenieurwissenschaftlichen Ansätzen errechneten Potenzialabschätzungen sind in aller Regel aber zu optimistisch, da sie von ökonomischen Anpassungseffekten abstrahieren. Es gilt zu berücksichtigen, dass Haushalte stets danach streben, bei einem gegebenen Budget ihren Nutzen (oder im Falle von Unternehmen: den Profit) zu maximieren. Wenn z.B. eine Person anstelle des alten Autos ein besonders energieeffizientes Auto zur Verfügung gestellt bekommt, wird sie damit aufgrund der tieferen Benzinkosten pro Fahrkilometer tendenziell grössere Distanzen zurücklegen. Analoge Effekte sind bei stromkonsumierenden Geräten

<sup>56</sup> Eine Internalisierung der externen Kosten führt zu einer Wohlfahrtssteigerung, weil damit ein vorliegendes Marktversagen (es wird zu viel Energie nachgefragt, weil in den Preissignalen nicht alle Kosten berücksichtigt werden) korrigiert werden kann. Eine Lenkungsabgabe wäre dann optimal, wenn sie den externen Kosten entsprechen würde (externe Nutzen bleiben dann unberücksichtigt). Die wissenschaftliche Diskussion über die Höhe der externen Kosten ist jedoch vor allem bei der Kernenergie sehr uneinheitlich; eine optimale Lenkungsabgabe kann aufgrund der diesbezüglichen Unsicherheiten nicht erhoben werden. Verschiedene Parameter, vor allem aber das Risiko der Kernenergie, werden in Wissenschaft und Gesellschaft ganz unterschiedlich eingeschätzt. BFE (2007b) gibt einen Überblick über die Schätzungen der externen Kosten. Die Schätzungen für die Schweiz liegen zwischen 0.2 und 35.67 Rp./kWh, wobei die am wissenschaftlichsten orientierte Studie externe Kosten von 0.2-1.3 Rp./kWh errechnet. Insofern sind bezüglich der Kernenergie auch keine klaren Aussagen möglich. Auf Basis der meisten Studien wäre eine Lenkungsabgabe in Höhe von gut 20 Rp./kWh aber deutlich zu hoch. Eine Lenkungsabgabe auf Strom belastet allerdings nicht nur die Kernenergie, sondern insbesondere auch die Wasserkraft. Die externen Kosten der Stromerzeugung mit Wasserkraft würden mit einer Lenkungsabgabe in der angegebenen Höhe bei Weitem überkompensiert. Die externen Kosten der Wasserkraft liegen gemäss BFE (2007b) zwischen 0.00 und 1.44 Rp./kWh. Die geplante Lenkungsabgabe weicht also deutlich von einer optimalen Lenkungsabgabe ab. Dadurch resultieren Effizienz- und Wohlfahrtsverluste.



zu erwarten. Unter dem Strich werden die Potenziale von Energieeffizienzmassnahmen damit über- und die damit verbundenen Kosten (bei einem gegebenen Reduktionsziel) unterschätzt.<sup>57</sup>

Sämtliche Massnahmen zur Reduktion der Energienachfrage können also sehr hohe volkswirtschaftliche Kosten verursachen, sofern spürbare oder sogar massive Reduktionen – etwa wie im Szenario „neue Energiepolitik“ – angestrebt würden. Darüber hinaus würde eine staatlich festgelegte Reduktion des Energieverbrauchs in einem derartigen Ausmass einen erheblichen Konsumverzicht und damit einhergehend einen deutlichen Nutzenverlust für die Schweizer Bevölkerung nach sich ziehen.

### *Strompreissteigerungen*

Die relativ kleine offene Volkswirtschaft Schweiz generiert einen grossen Teil ihrer Wertschöpfung durch die erfolgreiche Partizipation an internationalen Märkten. Auf diesen ist die Wettbewerbsintensität üblicherweise sehr hoch, was impliziert, dass sich die exportorientierten Schweizer Unternehmen einer sehr elastischen Nachfrage ausgesetzt sehen.<sup>58</sup> Sofern die Harmonisierungsthese in Bezug auf das Ausland nicht oder nur mit Lücken zutrifft, werden Unternehmen mit Standort Schweiz ihre einheimischen und ausländischen Kunden nicht mehr zu international konkurrenzfähigen Konditionen und Preisen beliefern können. Steigt der Strompreis in der Schweiz, besteht die Gefahr der Abwanderung stromintensiver Industriezweige. Unternehmensansiedlungen oder Neugründungen werden entsprechend seltener, weil die Standortattraktivität bei steigenden Produktionskosten reduziert wird. Das tatsächliche Ausmass dieser Bedrohung eines Wirtschaftsstandorts ist ex ante auch mit umfangreichen quantitativen Analysen nicht korrekt zu erfassen. Massgeblich ist die Struktur der Wirtschaft, d.h. die Frage, wie viele Unternehmen (oder welche Teile der nationalen Wertschöpfung) infolge einer Stromzusatzbelastung vor die Existenzfrage gestellt werden, respektive an einem anderen Standort höhere Gewinne erzielen können.

Höhere Strompreise führen darüber hinaus dazu, dass privaten Haushalten weniger Kaufkraft für andere Konsumgüter zur Verfügung steht, sie sich also in einem Konsumverzicht üben müssen: erstens steigt ihre Energierechnung, zweitens belasten ihnen die Produzenten die höheren Strompreise zumindest teilweise durch Überwälzung auf die Güterpreise. Auch im Falle einer vollständigen Rückverteilung der Lenkungsabgabe entsteht für eine Vielzahl an Haushaltstypen ein Nutzenverlust. Insbesondere sind davon Haushalte betroffen, die einen hohen Stromverbrauch pro Kopf ausweisen (also in erster Linie Singlehaushalte, die häufig bei Rentnern vorliegen).

<sup>57</sup> In diesem Zusammenhang spricht man vom sog. Rebound-Effekt. Vgl. Anhang.

<sup>58</sup> Natürlich ist für die betreffenden, international handelbaren Güter auch die Nachfrage im Inland sehr elastisch (Importkonkurrenz).



#### 4.2.3. *Kosten zur Gewährleistung einer zuverlässigen Stromversorgung*

Eine zuverlässige Stromversorgung kann bei den Plänen der Energiestrategie nur dann sichergestellt werden, wenn hohe zusätzliche Investitionen in das Energiesystem getätigt werden. Die Gewährleistung der zuverlässigen Stromversorgung ist insbesondere nur durch einen Aus- und Umbau der Stromnetze möglich.

#### *Netze*

In den kommenden Jahren und Jahrzehnten müssen in den Schweizer Stromnetzen – ganz unabhängig von der zukünftigen Energiestrategie – grössere Erneuerungs- und Ausbauminvestitionen getätigt werden. Handlungsbedarf besteht in zweierlei Hinsicht: Zum einen sind weite Teile der Stromnetze mittlerweile veraltet und müssen dringend erneuert werden. Zum anderen hat der Ausbau der Kapazitäten in den vergangenen Jahrzehnten nicht annähernd mit dem steigenden Stromverbrauch Schritt gehalten. Die Netznutzungstarife, die für durchschnittliche Haushalte bereits heute einen Anteil am Strompreis von 40 bis 50% haben, werden deshalb weiter steigen und den Strompreis – unabhängig von der Energiestrategie – nach oben drücken.<sup>59</sup>

Die zukünftige Energiestrategie (insbesondere die Wahl der Angebotsvariante) hat allerdings sehr wohl einen Einfluss auf die Erfordernisse beim Netzausbau. Die heutigen Stromnetze sind ein Spiegelbild der Strategie der zentralen Stromproduktion, die in der Schweiz über Jahrzehnte verfolgt wurde. Soll die Stromproduktion in Zukunft in immer grösserem Ausmass dezentral erfolgen, sind neue Strukturen in den Stromnetzen unerlässlich. Gemäss Swissgrid, Betreiberin des Schweizer Hochspannungsnetzes, erfordert eine Strategie „erneuerbar“ eine prioritäre Behandlung jener Ausbauten, die Energie zu den Pumpspeicherkraftwerken in den Alpen und zurück zu den Verbraucherzentren führen.<sup>60</sup>

Besonders grosse Herausforderungen bedeutet die Energiestrategie 2050 allerdings auf den unteren Spannungsebenen. Die bestehenden Verteilnetze, die grundsätzlich nicht für bidirektionale Stromflüsse (Aus- und Einspeisung) angelegt sind, müssen im Falle einer vermehrten dezentralen Einspeisung grundlegend erneuert werden. Um diese Herausforderungen meistern zu können, ist ein Umbau der Netze Richtung Smart Grids notwendig (vgl. BFE 2011e).

Die Umsetzung der Energiestrategie erfordert also ganz andere Anforderungen an die Netze wie die heutige Stromversorgung. Der Umbau des Stromnetzes wird daher vo-

<sup>59</sup> Vgl. „Investition in Versorgungssicherheit, höhere Abgaben, erneuerbare Energie – Strompreis hängt von verschiedenen Faktoren ab“, Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE). [http://www.strom.ch/uploads/media/VSE-Bulletin\\_08-2010\\_Faktoren-Strompreise.pdf](http://www.strom.ch/uploads/media/VSE-Bulletin_08-2010_Faktoren-Strompreise.pdf) [letzter Zugriff: 29.02.2012]

<sup>60</sup> Vgl. „Neue Energiepolitik – Erneuerungen und Ausbauten des Übertragungsnetzes“, [http://www.swissgrid.ch/dam/swissgrid/company/publications/de/SWG\\_szenarienpapier\\_de.pdf](http://www.swissgrid.ch/dam/swissgrid/company/publications/de/SWG_szenarienpapier_de.pdf) [letzter Zugriff: 29.02.2012]

raussichtlich mit höheren Kosten als die „einfache“ Modernisierung der Netze verbunden sein.

### **4.3. Fazit**

In diesem Kapitel wurden einerseits die volkswirtschaftlichen Kosten auf theoretischer Ebene diskutiert, andererseits sind konkrete Kostenursachen für den Strommarkt genannt worden, die zu einer negativen Beeinflussung der volkswirtschaftlichen Entwicklung führen. Die Schweiz wird mit der Energiestrategie 2050 beispielsweise höhere Investitions- und Betriebskosten, den Verzicht auf Handelsgewinne, eine Kapitalvernichtung, Fehlallokationen, Nutzenverluste und Umweltkosten in Kauf nehmen müssen.

In den Modellrechnungen wird die Vielzahl der aufgezeigten Kosten nicht oder nicht adäquat abgebildet. Vor dem Hintergrund der Erkenntnisse dieses Kapitels muss die Schlussfolgerung gezogen werden, dass die volkswirtschaftlichen Kosten in den Modellrechnungen aller Wahrscheinlichkeit nach unterschätzt werden und die Auswirkungen auf die Volkswirtschaft in der Realität höher liegen werden. Hinzu kommt, dass eine Quantifizierung der Auswirkungen unter den gegebenen Unsicherheiten bis zum Jahr 2050 als nicht seriös zu beurteilen ist, weil Prognosen über einen Zeitraum von annähernd vier Jahrzehnten in einem dynamischen Marktumfeld mit vielen Unsicherheiten schlichtweg zu unsicher sind.

Die Energiestrategie 2050 kann nach unserer Einschätzung nur dann ohne spürbare Beeinträchtigung der volkswirtschaftlichen Entwicklung umgesetzt werden, wenn es zu einem heute noch nicht absehbaren technologischen Fortschritt kommen sollte. Das folgende Kapitel macht jedoch deutlich, dass es zugleich naiv und ökonomisch gefährlich wäre, wenn sich die Schweiz auf diese Hoffnung verlassen würde.

## 5. Technologischer Fortschritt und induzierte Innovation

Der technologische Fortschritt ist der entscheidende Treiber der Wohlstandsentwicklung. Unser heutiges Wohlstandsniveau verdanken wir in erster Linie den zahlreichen technologischen Einsichten und Errungenschaften der letzten 200 Jahre. Die Entwicklung und der Einsatz von Traktoren, Düngemitteln etc. beispielsweise führte zu einem massiven Anstieg der Erträge in der Landwirtschaft, ohne dass die genutzte Fläche zugenommen hätte. Analoge Entwicklungen gab es in allen Wirtschaftsbereichen; dank dem zunehmenden technischen Wissen steigt die Produktivität in der Volkswirtschaft mehr oder weniger kontinuierlich an.

Die herausragende Bedeutung des technologischen Fortschritts wird denn auch in der Wachstumstheorie unterstrichen. In der neoklassischen Wachstumstheorie gemäss Solow (1956, 1957) ist der technologische Fortschritt die einzige Quelle langfristigen Wachstums.<sup>61</sup> Die neoklassische Wachstumstheorie behandelt den technologischen Fortschritt als exogene Grösse, die nicht beeinflussbar ist und gewissermassen wie „Manna vom Himmel“ fällt. Die neuere Wachstumstheorie untermauert die Bedeutung des technologischen Fortschritts, erklärt diesen aber modellendogen (vgl. Romer 1990 und Aghion und Howitt 1997). Damit wird der Tatsache Rechnung getragen, dass der technologische Fortschritt stets das Ergebnis von Investitionen in Forschung und Entwicklung ist. Fehlen in einer Volkswirtschaft für die Wirtschaftssubjekte Anreize, in Forschung und Entwicklung zu investieren, lässt sich der Wohlstand langfristig nicht vermehren.<sup>62</sup> Die endogene Wachstumstheorie knüpft also hier an, vermag aber – wie die neoklassische Wachstumstheorie – keine Aussage zu treffen, welche Art von Fortschritt zu erwarten ist. Die vorherrschende Wachstumstheorie mahnt insgesamt also zu einer grossen Vorsicht bei Annahmen oder gar Prognosen über die Richtung der zukünftigen technologischen Entwicklung.

Im Falle der Energiewende ist es freilich gewissermassen „Pflicht“, dass die kommenden technologischen Durchbrüche mit den neu formulierten Zielen wie Senkung des Energieverbrauchs im Einklang stehen werden. Man stelle sich einmal vor, in der Schweiz würde ein „wohlwollender Diktator“ die sofortige Realisierung der 2'000-Watt-Gesellschaft anordnen. Heute beträgt der Energieverbrauch mehr als das Dreifache. Es ist klar, dass die 2'000-Watt-Gesellschaft für viele mit tiefen Einschnitten im täglichen Leben verbunden wäre. Einer Broschüre von Novatlantis (2010) lässt sich entnehmen, was das in etwa bedeuten würde: Man müsste sich auf eine „angemessene“ Wohnfläche beschränken, man dürfte nur noch wenig Fleisch essen, man müsste auf den heutigen „regen Freizeitverkehr“ und auf längere Flugreisen verzichten etc. Schon heute wird

<sup>61</sup> Eine erhöhte Sparquote (Bildung von Sachkapital) führt nur zu einem temporär erhöhten Wachstumspfad.

<sup>62</sup> Ein Vorteil der „endogenen Wachstumstheorie“ besteht darin, dass die unterschiedlichen Wachstumspfade der einzelnen Volkswirtschaften besser erklärt werden können. Gemäss der neoklassischen Wachstumstheorie müsste sich das Wohlstandsniveau der einzelnen Staaten im Zeitablauf angleichen, was aber in der Praxis häufig nicht zutrifft.

berichtet, dass Einfamilienhausbewohner trotz Minergie wegen ihrer grösseren Platzbeanspruchung und ihrem Pendeln das 2'000-Watt-Gebot stärker verletzen als ein Arbeiter in einer kleinen nicht sanierten Wohnung in der Nähe des Arbeitsplatzes.<sup>63</sup> Also zusammenrücken und zu Hause arbeiten, wäre die Devise! Die Schweizer Bevölkerung wäre gewiss nicht bereit, all diese Einschränkungen einfach so zu akzeptieren. Unausweichliche Änderungen der Lebensgewohnheiten werden selbst dann schmerzhaft bleiben, wenn eine lange Anpassungszeit (Jahrzehnte) gegeben ist. Die angenehmere Alternative ist technologischer Fortschritt in der gewünschten Richtung: Grosse Durchbrüche bei energieintensiven Tätigkeiten und Prozessen aller Art könnten ja theoretisch dazu beitragen, dass die Ziele der 2'000-Watt-Gesellschaft auf vergleichsweise schonende Weise erreicht werden.

Nur können sich eben auch technologische Durchbrüche ereignen, die Energiesparzielen diametral gegenüberstehen. Denkt man an die grossen technologischen Quantensprünge der vergangenen 200 Jahre, fallen einem eigentlich fast nur solche Beispiele ein. Woher soll man den Optimismus nehmen, dass sich hier eine nachhaltige Trendänderung abspielen wird? Die Hoffnungen ruhen auf der ökonomischen Theorie der „induzierten Innovation“.

### **5.1. Induzierte Innovation**

Die Bedeutung des Produktionsfaktors Elektrizität für das Wirtschaftswachstum der vergangenen Dekaden wurde in Kapitel 3.1 dargelegt. Die historischen Daten sind so zu interpretieren, dass die Wohlstandsvermehrung begünstigt war von der Verfügbarkeit von vergleichsweise billigem Strom. Die Stromkosten waren – und sind in vielen Branchen bis heute – kaum ein limitierender Faktor in den Produktions- und Innovationsprozessen. Diese Situation wird sich in Zukunft mit Sicherheit ändern, sofern die Energiestrategie 2050 konsequent umgesetzt und Strom ein zunehmend teures Gut wird.

Die ökonomische Theorie legt nahe, dass entsprechend veränderte Rahmenbedingungen die Richtung der Innovationsanstrengungen der Betriebe beeinflussen sollten. Nach Hicks' (1932) berühmter These der „induzierten Innovation“ wirkt sich eine Veränderung des relativen Preisgefüges der Produktionsfaktoren wie folgt aus: „A change in the relative prices of the factors of production is itself a spur to innovation, and to invention of a particular kind – directed to economizing the use of a factor which has become relatively expensive.“

Strompreissteigerungen sind in diesem Lichte – ceteris paribus – als ein Anreiz für die Unternehmen zu sehen, ihre Forschungs- und Innovationstätigkeit vermehrt auf die Entwicklung von stromeffizienten Produkten und Prozessen auszurichten. Gerade weil der Strom in der Vergangenheit eher günstig war, könnte es sein, dass durch die Erhö-

<sup>63</sup> Vgl. dazu bspw. den Beitrag „Wenn das Benzin die Isolation aufweicht“, NZZ vom 06. Januar 2012.

hung des Strompreises ein eigentlicher Innovationsschub im Bereich der Stromeffizienz induziert wird. Sollte dies zutreffen, können die negativen ökonomischen Auswirkungen der Energiewende abgefedert werden.

Verschiedene Autoren haben den Zusammenhang zwischen steigenden Energiepreisen und Innovationen zur Steigerung der Energieeffizienz empirisch untersucht. Newell et al. (1999) beispielsweise untersuchen, inwieweit sich die Energieeffizienz von handelsüblichen Haushaltgeräten von 1958 – 1993 in Abhängigkeit von den Energiepreisen sowie von Effizienzstandards veränderte. Sie gelangen zum Ergebnis, dass ein beträchtlicher Teil der Effizienzverbesserungen autonom erfolgte, also nicht auf Preise und Standards zurückzuführen war. Gleichwohl sollen auch diese beiden Faktoren einen signifikanten Einfluss auf die Verbesserung der Energieeffizienz gehabt haben.<sup>64</sup> Die meisten Effizienzverbesserungen erfolgten innerhalb von fünf Jahren nach den Energiepreisanstiegen.

Popp (2001) untersucht den Zusammenhang zwischen Energiepreisen und Innovationen mit Bezug zu höherer Energieeffizienz anhand von Patenten. Er kommt zum Schluss, dass die Zahl entsprechender Patente nach Erhöhungen der Energiepreise jeweils zunimmt. Der grösste Effekt ist dabei in den unmittelbar nachfolgenden Jahren festzustellen, später ist kein grosser Effekt mehr vorhanden, was auf einen abnehmenden Grenzertrag von Forschung und Entwicklung hindeutet. Nach Popp (2002) lässt sich die Reduktion des Energieverbrauchs infolge von höheren Energiepreisen zu einem Drittel auf induzierte Innovation und zu zwei Dritteln auf Faktorsubstitution zurückführen.

Die empirische Literatur stützt also die These der induzierten Innovation im Energiebereich grundsätzlich, doch sind Belege für die Existenz von induzierter Innovation für sich genommen weder überraschend oder sonderlich aussagekräftig. Robuste Folgerungen zur Frage, inwieweit eine Verknappung des Stroms durch induzierte Innovation abgefedert werden kann, lassen sich aus der uns bekannten Literatur nicht ableiten.<sup>65</sup>

Nachfolgend wird dargelegt, weshalb im konkreten Fall der Energiestrategie 2050 die grossen Hoffnungen in die induzierte Innovation eher Wunschdenken als realistische Erwartungen darstellen.

<sup>64</sup> Die durchschnittliche Energieeffizienz der am Markt verfügbaren Klimaanlage und Wasserboiler wäre gemäss den Autoren 1993 um 25% - 50% schlechter ausgefallen, wenn die Energiepreise auf dem Niveau von 1973 verharrt hätten.

<sup>65</sup> Die Hinweise zu abnehmenden Grenzerträgen sind sicher gewichtig, denn es ist intuitiv klar, dass sich die Energieeffizienz von stromkonsumierenden Produkten und Prozessen nicht beliebig steigern lässt.

## 5.2. Grenzen der Gestaltbarkeit überwiegen

### *Preissignale garantieren keine technologischen Durchbrüche*

Die Mechanismen, die zur Schaffung oder Entstehung von Innovationen führen, werden im wissenschaftlichen Diskurs spätestens seit Schumpeters (1942) pionierhaften Einsichten kontrovers diskutiert. Trivial sind die Mechanismen nicht und man ist heute trotz aller Anstrengungen weit von einem abschliessenden Verständnis der Entstehung und Diffusion von technologischem Fortschritt entfernt. Unbestritten und intuitiv auch klar ist jedoch, dass sich die gewünschten Innovationen nicht so einfach durch eine (künstliche) Erhöhung einzelner Inputpreise herbeizaubern lassen.

Die These der induzierten Innovation geht im Kern davon aus, dass die Marktnachfrage das gewünschte Angebot schafft („demand pull“-Mechanismus). Wie aus der Besprechung der empirischen Literatur bereits hervorging, ist dieser Mechanismus v.a. realistisch in Bezug auf inkrementelle Innovationen, also die Weiterentwicklung von (fast marktreifen) Inventionen oder die Verbesserung von bereits existierenden Technologien. Besonders energieeffiziente Kühlschränke bspw. werden v.a. dann entwickelt und auf den Markt gebracht, wenn die Strompreise hoch genug sind, um eine entsprechende Nachfrage zu schaffen.

Bei einer Energiewende, die ohne grössere Wohlstandseinbussen bewältigt werden soll, sind aber eigentliche technologische Durchbrüche gefragt. Der Ökonom Jeffrey Sachs bringt dies aus globaler Perspektive wie folgt auf den Punkt: „Even with a cutback in wasteful energy spending, our current technologies cannot support both a decline in carbon dioxide emissions and an expanding global economy. If we try to restrain emissions without a fundamentally new set of technologies, we will end up stifling economic growth, including the development prospects for billions of people“ (vgl. Hourihan und Atkinson 2011).

Der Preismechanismus als Innovationstreiber stösst umso eher an Grenzen, je weiter eine Technologie von der Marktreife entfernt ist. Anhand zahlreicher bahnbrechender technologischer Fortschritte in der Vergangenheit lässt sich aufzeigen, dass die grossen Durchbrüche in der Regel nicht durch eine (vermutete) Marktnachfrage getrieben waren, sondern aus nicht-gewinnorientierter und häufig weitgehend ergebnisoffener Forschung resultierten. Technologische Quantensprünge ereignen sich, wenn die Zeit dafür reif ist und wenn geniale Forscher bahnbrechende Einsichten haben. In extremis kann man sowohl die Photovoltaik wie die Kernspaltung auf Einstein zurückführen, der aber sicher nicht im Blick auf diese Anwendungen geforscht hat. Man spricht in diesem Zusammenhang in Abgrenzung vom „Demand-Pull“-Mechanismus von einem „Technology-Push“-Mechanismus. Hourihan und Atkinson (2011) diskutieren in diesem Zusammenhang zahlreiche technologische Quantensprünge wie Farbstoffe, Flugzeuge, die



Elektrizität, Radio und Fernsehen oder die Computerisierung und zeigen auf, dass der „Demand-Pull“ in allen Fällen keine entscheidende Rolle spielte.<sup>66</sup> Anhand dieser Beispiele lässt sich auch zeigen, dass ein Durchbruch in der Entwicklung noch lange nicht bedeutet, dass gleich die gewünschten Anwendungen verfügbar sind. Von der Invention bis zur eigentlichen Innovation können Jahre, wenn nicht Jahrzehnte vergehen.

Auch die moderne Turbinentechnologie zur Erzeugung von Strom aus Windkraft ist im übrigen nicht in erster Linie auf die Ölpreisschocks der 1970er Jahre zurückzuführen, auch wenn diese Annahme naheliegt. Die Unternehmen konzentrierten sich nach den Ölpreisschocks primär darauf, ihre Energieeffizienz zu verbessern. Gemäss Norberg-Bohm (2000) ist die moderne Windkrafttechnologie im Wesentlichen das Ergebnis von nicht-profitorientierter Grundlagenforschung: „Of the 12 key innovations in wind turbine components [...] seven relied on partial or total public funding, and three were developed in the private sector for other industries and transferred for use in wind turbines.”

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich die wirklich bahnbrechenden technologischen Fortschritte nicht durch Drehen an der Preisschraube induzieren lassen. Soll eine „echte“ Energiewende geschafft werden, die auf technologischen Quantensprüngen beruht, ist der Fokus auf verstärkte Grundlagenforschung zu richten. Dass die Grundlagenforschung aber genau den gewünschten technologischen Quantensprung zur Realisierung der Energiewende hervorbringt, ist äusserst unwahrscheinlich.

*Zukunftstechnologien diffundieren „bottom-up“ und nicht „top-down“*

Aus dem oberen Abschnitt könnte abgeleitet werden, dass das Potenzial von induzierter Innovation über den Preismechanismus zur Abfederung der ökonomischen Implikationen der Energiewende zwar begrenzt ist, eine deutliche Ausweitung der öffentlichen Grundlagenforschung dieses Defizit aber beheben kann. Diese Folgerung wäre jedoch naiv, da sie impliziert, dass sich die grossen Trends der *Technologiediffusion* wirksam steuern lassen.

Tatsache ist vielmehr, dass die sogenannten „General Purpose“-Technologien, die eine Vielzahl von Folgeinnovationen auslösen und damit den Pfad der technologischen Entwicklung massgeblich mitbestimmen, nicht planbar sind. Ein Beispiel hierfür sind die modernen Informations- und Kommunikationstechnologien (Internet, Smartphones etc.), deren heutige Bedeutung vor zwanzig Jahren kaum jemand vorhergesehen hat. Diese Technologien verbreiteten sich rasant, weil ihnen die Haushalte einen hohen

<sup>66</sup> Einen Ausnahmefall stellt die staatliche Forschung im militärischen Bereich oder im Raumflug dar. Kennedy wollte die Amerikaner auf dem Mond landen lassen und bewilligte dafür gewaltige Mittel. Aber hier ist der Staat auch der einzige Nachfrager. Die neuen „Produkte“, seien dies Raketen, Kampffjets oder Drohnen müssen sich nicht in Märkten „bottom-up“ durchsetzen, sondern werden vom Staat als Monopolist simultan produziert und nachgefragt. Interessant ist hierbei, dass gewisse technisch-wissenschaftliche Fortschritte dann plötzlich als „Abfallprodukte“ in die Märkte diffundieren, wie z.B. das Internet oder das GPS.

Nutzen beimessen und bereit sind, für die entsprechenden Produkte und Dienste einen nicht unwesentlichen Teil ihres Budgets auszugeben.

Welches wird die nächste „General Purpose“-Technologie sein, die eine Flut an Folgeinnovationen auslöst und die zunehmend sämtliche Lebensbereiche erfasst? Aus heutiger Sicht kann diese Frage unmöglich beantwortet werden. Es wird sich auf jeden Fall um eine Technologie handeln, der die Haushalte einen hohen Nutzen beimessen und bei der Nutzenabwägung werden übergeordnete politische Ziele wie z.B. eine vom Bundesrat angestrebte Senkung des Stromverbrauchs ganz gewiss nicht einen entscheidenden Einfluss haben. Es ist in gewisser Weise ja auch paradox, dass die Ausstattung der Haushalte mit elektronischen Geräten munter weiter voranschreitet, während sich die Politik überlegt, wie sich der Stromverbrauch des Landes absolut senken lässt.

#### *Die Schweiz ist keine Insel*

Der grösste Teil der verfügbaren empirischen Literatur zur induzierten Innovation im Energiebereich stammt aus den USA. Dieses Land gehört hinsichtlich Energieeffizienz nicht gerade zu den weltweiten Vorreitern, weshalb die Übertragbarkeit von empirischen Ergebnissen auf andere Länder mit Sicherheit eingeschränkt ist. Ausserdem verfügen die USA über einen grossen Heimmarkt, was in der Schweiz nicht gegeben ist. Unternehmen richten ihre Forschung und Entwicklung anhand der Bedürfnisse ihres Kernmarktes aus; für viele Schweizer Unternehmen ist nicht der Heim-, sondern vielmehr der Weltmarkt oder der EU-Raum der relevante Markt. Wenn nun die Elektrizität in der Schweiz deutlich verteuert wird, bedeutet dies noch lange nicht, dass gleich alle Unternehmen beginnen, ihre Forschung und Entwicklung auf besonders energieeffiziente Produkte auszurichten. Viel entscheidender sind globale Trends. Umgekehrt werden viele Güter, die in der Schweiz konsumiert werden, importiert, beispielsweise aus Asien. Auch asiatische Hersteller von TV-Geräten und ähnlichen Produkten richten ihre Forschung und Entwicklung selbstverständlich an den Bedürfnissen des Weltmarktes aus und gewiss nicht an jenen der Schweizer Kundschaft. Weil die Schweiz eine kleine und offene Volkswirtschaft ist, wäre der Glaube, man könne die grossen Trends von Forschung und Entwicklung durch nationale Politik massgeblich beeinflussen, naiv.

Weil die Schweiz eben keine Insel ist, können sich die Schweizer Unternehmen ausserdem einer Bevormundung durch die nationale Politik relativ einfach entziehen. Ist die Regulierung in der Schweiz zu rigide, können sie ihre Produktion in ein Land verlagern, wo kein staatlich verordneter „Zwang zur Innovation“ gegeben ist. Die Gestaltungskraft der Schweizer Politik ist deswegen stark eingeschränkt; wenn dies nicht erkannt wird, besteht die Gefahr, dass dem Wirtschaftsstandort Schweiz durch falsche Regulierung grosser Schaden zugefügt wird.

Und schliesslich besteht auch die Gefahr, dass dem Klima ein Bärendienst erwiesen wird, wenn zahlreiche Hersteller ihre Produktion ins Ausland verlagern. Da der Schweizer Strommix im internationalen Vergleich relativ sauber ist, dürften solche Verlagerun-

gen vielfach die Folge haben, dass das identische Produkt im Ausland einfach mit einem höheren Schadstoffausstoss produziert wird (Leakage-Effekt).

#### *Begrenzte Glaubwürdigkeit rigider Politikmassnahmen*

Aus der umweltökonomischen Literatur ist bekannt, dass Regulierung a) glaubwürdig sein muss und b) auch nicht zu soft sein darf, um die gewünschte Wirkung zu entfalten. Glauben die Haushalte und Unternehmen nämlich nicht an die Umsetzung einer angekündigten Massnahme, besteht wenig Anlass für eine Verhaltensänderung. Während dem vom Bundesrat angedachten Strauss an Massnahmen gewiss keine fehlende Eingriffstiefe vorgeworfen werden kann, sind doch grosse Zweifel angebracht, ob die zahlreichen Massnahmen alle umgesetzt und anschliessend auch über Jahre oder Jahrzehnte konsequent aufrechterhalten werden. Immerhin bleiben alle Massnahmen im politischen Prozess stets angreifbar. In einem direkt-demokratischen Staat haben kleine, aber pragmatische Reformschritte mit grosser Zustimmungsrates in der Bevölkerung in aller Regel bessere Erfolgchancen als grosse Reformwürfe, die fundamentale Veränderungen und Neuausrichtungen anstreben.

Die fehlende Glaubwürdigkeit der angekündigten Regulierung könnte sich als schwerwiegendes Hemmnis für die erhofften Investitionen die Entwicklung von besonders energieeffizienten Produkten und Prozessen und dergleichen erweisen. Gewinnorientierte Unternehmen entscheiden über ihre Forschungs- und Entwicklungsprioritäten auf der Basis von nüchternen Chancen-Risiken-Kalkulationen oder allenfalls „Trial and Error“-Verfahren. Sie werden ihre Forschung im Bereich Energieeffizienz nur dann deutlich ausbauen, wenn sie wirklich sicher sind, dass der Markt auf Jahre hinaus entsprechende Produkte verstärkt nachfragen wird. Sie werden sich die Frage stellen, ob die Energiestrategie auch in fünf Jahren, wenn sie vielleicht die ersten Innovationen auf den Markt bringen könnten, noch aktuell sein wird. Und sie werden sich die Frage stellen, ob es wirklich realistisch ist, dass die Schweizer Politik die Vision der 2'000-Watt-Gesellschaft auf Jahrzehnte hinaus höher gewichtet als viele anderen Ziele, z.B. Wirtschaftswachstum. Fehlt der Glaube daran, werden Forschung und Entwicklung in der Schweiz kaum eine nennenswerte Neuausrichtung erfahren.

Hinzu kommt ein spieltheoretisches Dilemma, in welchem der Staat und die forschenden Unternehmen gewissermassen als Gegenspieler auftreten (vgl. Copenhagen Economics 2010). Der Staat ist grundsätzlich daran interessiert, seine Ziele zu erreichen. Das sind in diesem Fall möglichst weitreichende Innovationen, welche einen Übergang in ein neues Energiezeitalter mit möglichst wenig unerwünschten Nebenwirkungen erlauben. Sind diese Innovationen dereinst auf dem Markt, kann er normalerweise davon ausgehen, dass sie nicht mehr vom Markt zurückgezogen werden.<sup>67</sup> Sodann kann er

<sup>67</sup> Zumindest nicht, solange der Grenzertrag (Preis) des innovativen Produktes über den Grenzkosten der Produktion bleibt.

sich anderen Zielen zuwenden und wird in Versuchung geraten, die einschneidenden Regulierungsinstrumente wieder aufzuheben. Als Folge sinkt das Marktpotenzial der energieeffizienten Produkte wieder und die innovativen Firmen werden zumindest teilweise um die Früchte ihrer Anstrengungen gebracht.

### 5.3. Fazit

Die oben diskutierten Überlegungen lassen sich wie folgt zusammenfassen: Steigen die Strompreise relativ stärker als andere Produktionsfaktoren, ist ceteris paribus zu erwarten, dass Anstrengungen unternommen werden, um eben diesen teurer gewordenen Produktionsfaktor effizienter als bisher einzusetzen. Diese Anstrengungen werden auch „Verbesserungs-Innovationen“ hervorbringen. Die Erfahrungen in der Vergangenheit und die empirische Literatur deuten darauf hin, dass es sich bei dieser induzierten Innovation in der Regel primär um inkrementelle technologische Fortschritte handelt (z.B. Steigerung der Energieeffizienz von Haushaltsgeräten). Betrachtet man die grossen technologischen Durchbrüche der Vergangenheit (Grundlagen der Elektrizität, des Verbrennungsmotors etc.), kommt man nicht um die Feststellung herum, dass diese normalerweise losgelöst von Marktgegebenheiten entstanden. Die Vorstellung, man könne sich die erwünschte Innovation zur Bewältigung der Energiewende durch künstlich erhöhte Strompreise „induzieren“, wäre naiv.

Erschwerend kommt hinzu, dass die Schweiz in ein internationales Umfeld eingebettet ist, in welchem die politischen Rahmenbedingungen der Schweiz nur eine sehr begrenzte Wirkung entfalten können. Sowohl inländische als auch ausländische Unternehmen, die für den Weltmarkt produzieren, werden ihre Forschung und Entwicklung nicht neu ausrichten, wenn nur in der Schweiz eine zunehmende Nachfrage nach energieeffizienten Produkten festgestellt wird. Darüber hinaus ist die Schweizer Energiewende mit einem Glaubwürdigkeitsproblem behaftet, das auch Unternehmen, die vorwiegend für die Schweiz produzieren, davon abhalten könnte, die Ausrichtung ihrer Forschung und Entwicklung grundlegend zu überdenken. Angesichts all dieser Faktoren wäre es verfehlt, heute schon auf zukünftige technologische Fortschritte zu setzen, welche die negativen ökonomischen Implikationen der Energiewende abfedern könnten. Ein realistisches Zukunftsszenario ist eine Fortschreibung des autonomen Trends hin zu grösserer Energieeffizienz. Zudem ist damit zu rechnen, dass der weitere Vormarsch der Elektronik auf breiter Front neue Nachfragepotenziale für die Elektrizität erfordern wird. Eine Rückwärts-Substitution von Elektrizität durch Verbrennungsmotoren oder Muskelkraft ist kaum vorstellbar.

## 6. Strukturwandel

Von ähnlicher Bedeutung wie die Frage des technologischen Fortschritts ist die Frage, welche Auswirkungen die Umsetzung der Energiestrategie 2050 auf die Wirtschaftsstruktur und die internationale Wettbewerbsfähigkeit der Schweizer Wirtschaft haben könnte. In einem Punkt sind sich Befürworter und Gegner der Energiestrategie weitgehend einig: Ohne Verschiebungen der relativen Bedeutung einzelner Branchen der Schweizer Wirtschaft wird die Energiewende nicht zu haben sein. Denn selbstverständlich muss davon ausgegangen werden, dass v.a. die energieintensiven Industrien unter Druck geraten und vielleicht sogar für immer aus der Schweiz abwandern würden. Auch weniger energieintensive Branchen, die einem internationalen Wettbewerbsdruck ausgesetzt sind, müssten sich fraglos neu ausrichten, um ihre Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten.

Die Befürworter der Energiestrategie sehen in diesen bevorstehenden Herausforderungen weniger eine Gefahr für die Schweizer Wirtschaft und ihre Wettbewerbsfähigkeit als vielmehr die Chance einer „ökologischen Neuausrichtung“ mit grossem Potenzial. Die Argumentation lautet dahingehend, dass die Energiestrategie 2050 einen Strukturwandel initiieren würde, der angesichts der globalen Megatrends wie CO<sub>2</sub>-Reduktion und Verknappung von Energieressourcen ohnehin früher oder später zu gewärtigen wäre. Je früher und je konsequenter sich die Schweiz dieser Herausforderung annehme, umso besser werde sie sich in zukunftssträchtigen Bereichen wie „Cleantech“ international positionieren können. Dank dieser internationalen Vorreiterrolle liessen sich die Kosten der Energiewende mittel- und langfristig durch verbesserte Wettbewerbsfähigkeit zumindest teilweise, wenn nicht gar gänzlich, kompensieren.

Ist es aber wirklich zielführend, eine Verknappung eines zentralen Input-Faktors wie Strom in Kauf zu nehmen oder sogar künstlich herbeizuführen in der Hoffnung, dass dies eine Spezialisierung der einheimischen Wirtschaft in besonders zukunftssträchtigen Wirtschaftsbereichen Vorschub leistet? Diese Frage soll nachfolgend anhand ausgewählter Aspekte diskutiert werden.

### 6.1. „First-Mover-Advantage“ dank strikter Regulierung?

Die These, dass ein Land die internationale Wettbewerbsfähigkeit verbessern kann, indem es seine Wirtschaft (unilateral) umweltpolitischen Restriktionen unterlegt, wird in der Regel mit einer kontrovers diskutierten Studie von Porter und van der Linde (1995) in Verbindung gebracht. Der sogenannten „Porter-Hypothese“ liegt die implizite Annahme zugrunde, dass die Entscheidungsfindung von Unternehmen in der Realität häufig von Trägheit und eingeschränkter Rationalität geprägt ist (bounded rationality, vgl. Simon (1947)). Solche Firmen wenden z.B. bei der Festlegung des F&E-Budgets oder bei der Festlegung der F&E-Ziele anstelle eines einwandfreien Optimierungskalküls einfache Daumenregeln und andere Näherungsverfahren an. Bei diesen Unternehmen



besteht stets die Gefahr, dass sie entstehende Marktpotenziale nicht frühzeitig erkennen, ihre Innovationspotenziale nicht ausschöpfen oder schlicht mögliche Rationalisierungen nicht vornehmen. In einem solchen Umfeld ist es theoretisch denkbar, dass ein äusserer Anreiz wie z.B. eine strengere Umweltvorschrift zu unternehmensinternen Aktivitäten anstossen kann, die nicht nur dem Erreichen des primären (Umwelt-)Ziels dienen, sondern sich zugleich positiv auf die Profitabilität der betroffenen Unternehmen auswirken. Nach der Einschätzung von Porter könnten die erzielbaren Kostensenkungen in vielen Fällen bereits ausreichen, um eine Überkompensation der Zusatzkosten der strengeren Regulierung zu gewährleisten. Mit anderen Worten, es steht die These im Raum, dass strikte Umweltregulierung eine ökonomisch-ökologische „Win-Win“-Situation hervorrufen kann. Dieses „doppelte Dividende“-Argument ist die eine Kernaussage der Porter-Hypothese.

Zweitens stellt die Porter-Hypothese einen Wettbewerbsvorteil der inländischen Industrie in Aussicht, sofern denn die inländische Regulierung international diffundiert. Hierfür gibt es zwei Gründe: Zum einen haben sich die inländischen Unternehmen bereits frühzeitig an die neue Regulierung angepasst und verfügen folglich über einen zeitlichen Vorsprung gegenüber der ausländischen Konkurrenz. Zum anderen ergeben sich zusätzliche Exportchancen für die inländischen Anbieter von Umwelttechnologien. Die Möglichkeit entsprechender „First-Mover-Advantages“ ist die zweite Kernaussage der Porter-Hypothese.

Es ist an dieser Stelle zu betonen, dass die meisten Ökonomen der Porter-Hypothese skeptisch bis rundheraus ablehnend gegenüberstehen (vgl. Jaffe et al. 2003 und Palmer et al. 1995). Sie hat deswegen eine vergleichsweise grosse Berühmtheit erlangt, weil sie den ökonomischen Mainstream auf die Probe stellt. Aus theoretischer Sicht ist v.a. die implizite Unterstellung kritisch, dass die Unternehmen dazu neigen, umweltfreundliche und zugleich gewinnbringende Potenziale systematisch zu übersehen. Dies mag allenfalls in Einzelfällen zutreffen, gilt aber ganz gewiss nicht für die Gesamtheit der Unternehmen eines Landes, schon gar nicht in einer Welt mit zunehmend globalisierten Märkten. Selbst wenn diese Annahme zuträfe, müsste sich gleichzeitig ausgerechnet die Regulierungsbehörde durch weise Voraussicht und ein hohes Mass an Informiertheit auszeichnen.

Die Porter-Hypothese ist immerhin nicht als allgemeingültige Regel formuliert, die ein Mehr an regulatorischen Eingriffen automatisch mit Wohlstandsgewinnen und Vorreiter-Effekten in Verbindung bringt. Vielmehr ist die Aussage die, dass die beschriebenen Effekte unter bestimmten Umständen resultieren können, und dass hierfür aber die geeigneten Rahmenbedingungen gegeben sein müssen. Eine Beurteilung der praktischen Relevanz der Porter-Hypothese ist gerade aufgrund dieser Einschränkungen praktisch nicht möglich. Diese Einschränkung wird häufig missachtet, wenn der Versuch erfolgt, umweltpolitische Eingriffe mithilfe von möglichen Wettbewerbsvorteilen und Wohlstandsgewinnen zu legitimieren. Auch argumentieren die Urheber der Porter-



Hypothese selber (nur) anhand von Fallstudien. Eine überzeugende empirische Überprüfung der These scheitert nicht zuletzt an zahlreichen methodischen Problemen (vgl. Sachverständigenrat für Umweltfragen 2002).

## **6.2. Hoffnungsträger Cleantech**

Nachfolgend soll vor dem Hintergrund dieses also sehr wackligen theoretischen und empirischen Fundaments die Frage diskutiert werden, wie die in der Schweiz derzeit populären „Cleantech“-Visionen einzustufen sind. Zunächst sollte geklärt werden, was unter „Cleantech“ überhaupt zu verstehen ist. Gemäss dem Bundesrat bezeichnet Cleantech „eine ressourcenschonende und damit nachhaltige Art des Wirtschaftens“. Er fasst unter dem Begriff diejenigen Technologien, Herstellverfahren und Dienstleistungen zusammen, „die zum Schutz und zur Erhaltung der natürlichen Ressourcen und Systeme beitragen“. Mit dieser Definition soll dem branchenübergreifenden Charakter von Cleantech Rechnung getragen werden. Cleantech kann also, im weitesten Sinne, als Synonym für eine „grüne Wirtschaft“ verstanden werden.

Der Begriff „Cleantech“ ist in der Schweiz seit einiger Zeit in aller Munde. Der Bundesrat hat kürzlich einen „Cleantech-Masterplan“ vorgestellt, der dazu beitragen soll, dass die Schweiz in der Zukunft im Cleantech-Bereich als Wirtschafts- und Innovationsstandort eine führende Position einnimmt und damit weltweit zur „Impulsgeberin für Ressourceneffizienz und Ressourcenökonomie“ wird. Der noch junge Wirtschaftsverband „swisscleantech“, der laufend steigende Mitgliederzahlen vermeldet, strebt gemäss Mitteilung auf seiner Homepage an, dass die Schweiz in Zukunft nicht nur mit Uhren und Käse, sondern auch mit Cleantech in Verbindung gebracht wird. Die SP schliesslich hat kürzlich eine „Cleantech-Initiative“ („neue Arbeitsplätze dank erneuerbaren Energien“) eingereicht, die umfangreiche Investitionen in erneuerbare Energien und Ressourceneffizienz fordert. Die Cleantech-Offensive soll u.a. dazu führen, dass „bis zu 100'000 Menschen“ in den nächsten Jahren eine Arbeitsstelle finden „und die durch die Wirtschaftskrise bedingte Arbeitslosigkeit beenden“. Es ist offensichtlich: Die Erwartungen und Hoffnungen, die mit Cleantech in der Schweiz in Verbindung gebracht werden, sind sehr hoch.

All dem steht die eher paradox wirkende Tatsache gegenüber, dass die Schweiz gemäss einer aktuellen Studie (Arvanitis et al. 2011) im Cleantech-Bereich heute einen international unterdurchschnittlichen Spezialisierungsgrad aufweist. Dies ist allerdings kein Problem, da die genannte Studie auch aufzeigt, dass sich die Schweizer Wirtschaft in der Vergangenheit eine durchaus erfolgreiche Cleantech-Adaptionsstrategie angeeignet hat.

### 6.3. Eine kritische Betrachtung einiger populären Cleantech-Argumente

#### *Untaugliches Arbeitsplätze-Argument*

Die Möglichkeit der Entstehung neuer Arbeitsplätze durch eine Förderung von Cleantech ist eines der beliebtesten Argumente der Befürworter der Energiewende. Häufig wird in diesem Zusammenhang auf Zahlen aus Deutschland verwiesen, dem weltweiten Leader in Sachen Förderung von erneuerbaren Energien. Die deutsche Einspeisevergütung gemäss Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) hat dazu geführt, dass sich im Bereich erneuerbare Energien innerhalb von weniger als zehn Jahren ein durchaus eindrücklicher Arbeitsplätze-Boom abspielte. 2004 verfügte Deutschland über 64'000 Arbeitnehmer in der Windenergie, 57'000 im Bereich Biomasse und 25'000 in der Solarenergie. Im Jahr 2010 belief sich die Beschäftigung in der Windbranche bereits auf 96'000 Personen, im Biomasse-Bereich auf 120'000 Personen und in der Solarenergie auf 121'000 Personen (vgl. O'Sullivan et al. 2011). Die Gesamtbeschäftigung im Bereich erneuerbarer Energien stieg zwischen 2004 und 2010 um rund 129%. Auf den ersten Blick scheinen sich die hohen Subventionen also bezahlt gemacht zu haben.

Solche Erfolgsmeldungen vermitteln aber in aller Regel ein stark verzerrtes Bild von der Realität, weil sie wesentliche Informationen ausblenden. Möchte man den Gesamteffekt bestimmen, den die Fördermassnahmen auf dem Arbeitsmarkt zeitigen, müssen auch die Opportunitätskosten dieser Förderung berücksichtigt werden. Die Opportunitätskosten ergeben sich aus dem an sich trivialen Umstand, dass sämtliche Steuergelder und Abgaben, die in die erneuerbaren Energien gesteckt werden, nicht mehr für den Konsum von anderen Produkten zur Verfügung stehen. Kaufen die Leute vermehrt (subventionierte) Sonnenkollektoren anstatt neuer Möbelstücke, steigt die Zahl der Beschäftigten in der Solarindustrie, sinkt dafür aber in der Möbelbranche. Wer an den tatsächlichen Beschäftigungseffekten von Cleantech-Fördermassnahmen interessiert ist, muss folglich eine Netto-Rechnung anstellen. Eine solche ist freilich methodisch keineswegs trivial, weswegen seriöse Studien in der Regel darauf verzichten, die Beschäftigungseffekte zu beziffern.

Methodisch einfacher ist die Ermittlung der Höhe der Förderbeträge, die in einen subventionierten Sektor gesteckt werden müssen, um dort einen Arbeitsplatz zu schaffen. Es ist klar, dass die Beschäftigungseffekte umso negativer sind, je mehr Steuergelder für die Schaffung eines Arbeitsplatzes erforderlich sind. Frondel et al. (2009) zeigen am Beispiel Deutschlands auf, dass die Höhe der Subventionen, die pro Jahr und Beschäftigten in die Photovoltaik-Industrie fliessen, mit 175'000 Euro den Durchschnittslohn dieser Arbeiter bei weitem übersteigen. Alvarez et al. (2009) untersuchen die Förderpolitik von erneuerbaren Energien in Spanien, einem anderen europäischen Vorreiter in Sachen erneuerbare Energien. Sie legen u.a. dar, dass Spanien pro geschaffenen Arbeitsplatz in der Windindustrie seit 2000 mehr als eine Million Euro ausgegeben hat. Der Durchschnitt über alle durch Fördermassnahmen geschaffenen „grünen Arbeits-

plätze“ liegt bei rund 570'000 Euro. Ähnlich drastische Ergebnisse erhalten auch Lavecchia und Stagnaro (2010) für das Beispiel Italiens. Sie legen des Weiteren dar, dass eine Vielzahl der geschaffenen Stellen nur temporärer Natur ist.

Die empirischen Ergebnisse in Bezug auf die Generierung von Arbeitsplätzen durch Fördermassnahmen im Cleantech-Sektor sind also – nicht unerwartet – mehr als entmutigend. Und selbst wenn sich in der kurzen Frist netto ein positiver Beschäftigungseffekt erzielen liesse, spräche dies noch lange nicht für entsprechende Subventionen. In der langen Frist nähert sich die Arbeitslosenquote nämlich ohnehin stets ihrem natürlichen Gleichgewicht an; und dieses Gleichgewicht ist nur abhängig von den institutionellen Verhältnissen auf dem Arbeitsmarkt. Gerade in der Schweiz mit ihrem beschränkten Pool an verfügbaren Arbeitskräften würde ein Boom im Sektor der erneuerbaren Energieerzeugung wohl ohnehin dazu führen, dass viele der erforderlichen Fachkräfte aus dem Ausland rekrutiert werden müssten. Im Lichte all dieser Faktoren muss das Argument „Arbeitsplätze dank Cleantech-Förderung“ schlicht als untauglich bezeichnet werden.

#### *Wohlfahrtseffekte*

Gelangen die Haushalte aus freiem Antrieb zum Entschluss, lieber Sonnenkollektoren zu kaufen als z.B. neue Möbelstücke, ist dies Ausdruck einer gesellschaftlichen Präferenzänderung. Die damit einhergehende Strukturveränderung ist in diesem Fall ein natürlicher und für die Wohlfahrtsmaximierung unerlässlicher Prozess. Umgekehrt ist die Situation, wenn die Entscheidungen der Haushalte durch Subventionen zugunsten von Sonnenkollektoren verzerrt werden. Auch dann gewinnt die Photovoltaik-Industrie auf Kosten anderer Industriezweige, doch geht in diesem Fall der Strukturwandel mit einem Netto-Wohlfahrtsverlust einher. Schliesslich hatten die Haushalte ursprünglich andere (bessere) Ideen für die Verwendung ihres Geldes. Je mehr Subventionen gesprochen werden, umso grösser fällt der Wohlfahrtsverlust aus.

Dieser simple Sachverhalt wird in Studien, die den volkswirtschaftlichen Nutzen einer Förderung des Cleantech-Sektors (oder auch anderer Branchen) belegen wollen, regelmässig verdreht dargestellt und geradezu ad absurdum geführt. Die Cleantech-Initiative der SP wird beispielsweise von einer Studie flankiert, die die volkswirtschaftlichen Cleantech-Potenziale zu quantifizieren versucht. Im Zentrum stehen dabei energetische Gebäudesanierungen. Indem die Studie die Kosten der Sanierungen ausblendet, wird suggeriert, der volkswirtschaftliche Nutzen sei umso grösser, je mehr die Sanierungen kosten. Wie Habermacher (2011) treffend darlegt, könnte man mit derselben Logik auch für einen staatlich verordneten, regelmässigen Aufbau und Abriss von Wohnhäusern plädieren. Es leuchtet intuitiv ein, dass dies aufgrund der damit verbundenen Ressourcenverschwendung blanker Humbug wäre. Wenn schon ein Programm zur energetischen Sanierung von Wohnhäusern aufgestellt werden soll, dann müsste darauf geachtet werden, dass die Ziele mit möglichst tiefen Kosten erreicht werden. Ein kleiner, aber

leistungsfähiger Cleantech-Sektor ist volkswirtschaftlich weitaus wünschenswerter als ein durch Förderpolitik aufgeblähter und ineffizienter Cleantech-Sektor.

### *First-Mover-Advantage*

Eine direkte oder indirekte staatliche Förderpolitik zugunsten der Cleantech-Branche kann mit Blick auf die heutigen Gegebenheiten also nicht ernsthaft mit einem vermuteten volkswirtschaftlichen Nutzen begründet werden. Nun kann aber immerhin noch der Einwand angebracht werden, dass sich die Cleantech-Branche noch in den Kinderschuhen befindet und dass hier in den kommenden Jahren und Jahrzehnten signifikante Weiterentwicklungen durchaus im Bereiche des Erwarteten sind. Sollte staatliche Förderpolitik dazu beitragen, dass sich die Schweiz im Cleantech-Bereich die internationale Technologieführerschaft sichert, könnte sie sich irgendwann in der Zukunft, wenn die Technologien dereinst marktfähig sind und international diffundieren, als lohnenswerte Investition entpuppen.

Man muss leider stark anzweifeln, dass eine solche Strategie Erfolg verspricht. Realistischerweise muss man mit grossen volkswirtschaftlichen Kosten und geringem Ertrag rechnen. Warum diese Einschätzung nahe liegt, lässt sich bestens erläutern am Beispiel der deutschen Solarindustrie. Weiter vorne wurde dargelegt, dass Deutschland durch seine aggressive Förderpolitik der erneuerbaren Energien in diesem Bereich in wenigen Jahren eine grosse Industrie mit zig Tausenden von Arbeitsplätzen aufgebaut hatte. Obwohl die Förderpolitik teuer ist und bleiben wird<sup>68</sup>, ist doch festzustellen, dass der Sektor zu einem wichtigen Arbeitgeber in Deutschland avancierte. Aber anstatt dass die Branche in der jüngeren Vergangenheit, z.B. im Nachgang der Ereignisse in Fukushima, einen weiteren Schub verzeichnet hätte, haben sich ihre Aussichten – und dabei v.a. jene der Solarenergie-Branche – erheblich verdüstert.<sup>69</sup> Im Jahr 2011 wurden in der deutschen Solarenergie-Branche rund 20'000 Arbeitsplätze abgebaut.<sup>70</sup> Exemplarisch für den rasanten Niedergang der deutschen Solarindustrie, der so schnell erfolgt wie ihr Aufstieg, ist die Firma Q-Cells: Der Verlust des vor einigen Jahren noch grössten Solaranlagenherstellers der Welt war im zweiten Quartal dieses Jahres grösser als der gesamte Umsatz, was ein deutliches Indiz ist, dass die Firma um ihr Überleben kämpft. Und Q-

<sup>68</sup> Gemäss dem Rheinisch-Westfälischen Institut für Wirtschaftsforschung (RWI) beläuft sich die Summe der Förderverpflichtungen mittlerweile auf mehr als 100 Milliarden Euro. Das RWI geht davon aus, dass der Stromzuschlag auf ein Niveau angehoben werden muss, das die Subventionen für die erneuerbaren Energien eine Durchschnittsfamilie mit einem Kind über den eigentlichen Strompreis hinaus mit 200 Euro im Jahr belastet. Vgl. „Solarsubventionen übersteigen 100-Milliarden-Euro-Schwelle“, SpiegelOnline, 14. Januar 2012. <http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/0,1518,809147,00.html> [letzter Zugriff 20.02.2012].

<sup>69</sup> Vgl. „Finsternis im Sonnental“, Der Spiegel 36/2011, S. 60ff und „Solarbranche fürchtet massenhaftes Firmensterben“, SpiegelOnline, 28. November 2011. <http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/0,1518,798569,00.html> [letzter Zugriff 10.01.2012].

<sup>70</sup> Vgl. „German solar firms go from boom to bust“, Reuters, 14.12.2011. <http://www.reuters.com/article/2011/12/14/us-germany-solar-idUSTRE7BD0W620111214> [letzter Zugriff 12.02.2012].

Cells ist keineswegs ein Einzelfall, wie zahlreichen Medienberichten entnommen werden kann.

Der Grund hierfür liegt darin, dass zunehmend auch Hersteller aus Asien (v.a. China) in den Markt treten, mit deren Kostenstrukturen die deutschen Anbieter nicht annähernd mithalten können. Der Preiszerfall ist aus der Sicht vieler deutschen Solarfirmen trotz aller Subventionen mittlerweile ruinös. Pikanterweise wurde der Aufbau der chinesischen Solarindustrie von den grosszügigen Einspeisevergütungen des deutschen EEG wesentlich mitfinanziert.

Was lässt sich aus den Problemen der hoch subventionierten deutschen Photovoltaik-Industrie lernen? Das Beispiel zeigt deutlich, dass ein „First-Mover-Advantage“, den Deutschland im Bereich Photovoltaik vor wenigen Jahren zweifellos noch hatte, keine Garantie ist für eine dauerhaft hohe internationale Wettbewerbsfähigkeit. Vielmehr ist mit Vorreitereffekten stets auch die Gefahr verbunden, dass andere Länder die entwickelten Technologien imitieren und sich – weitgehend auf Kosten des Pioniers und völlig legitim – ein grosses Stück vom Kuchen abzuschneiden versuchen. Soll die Gefahr der Imitation gebannt werden, ist folglich eine dauerhafte internationale Technologieführerschaft gefragt. Es geht darum, dass die einheimische Industrie die Technologie stets bereits wieder weiterentwickelt haben muss, wenn die ersten Imitationen aus Billiglohnländern auf den Markt gelangen. Trotz – oder gerade wegen – der Milliarden-Subventionen ist die deutsche Politik der Photovoltaik-Förderung bei diesem Ansinnen gescheitert. Die deutsche Solarwirtschaft hatte 2001 noch rund 3.3% des Umsatzes in Forschung und Entwicklung gesteckt, im Jahr 2008 hingegen nur noch 1.7%.<sup>71</sup> Selbst etablierte Branchen wie der Maschinenbau (3%) engagieren sich stärker in Forschung und Entwicklung. Die Subventionen hatten offensichtlich zur Folge, dass die deutschen Solarfirmen Investitionen in Anlagen mit garantierten Renditen als rentabler erachteten als Investitionen in Forschung und Entwicklung mit ungewissem Ausgang. Das war zumindest solange auch tatsächlich der Fall, bis der internationale „First-Mover-Advantage“ verspielt war.

Dies führt zur abschliessenden Frage, welche Massnahmen denn geeignet wären, um eine internationale Technologieführerschaft zu zementieren. Wie bereits im Abschnitt zu den Wurzeln des technologischen Fortschritts dargelegt, besteht wohl die am meisten Erfolg versprechende Strategie darin, die Grundlagenforschung zu fördern. Aber auch in diesem Fall bestehen selbstredend keine Garantien. Der Staat sollte deswegen tunlichst vermeiden, bestimmte Forschungsbereiche, die er als besonders zukunfts-

<sup>71</sup> Vgl. „Photovoltaik – Eine Medium Low-Tech Industrie“, 20.11.2010, <http://www.oekonomenstimme.org/artikel/2010/11/photovoltaik-in-deutschland--eine-medium-low-tech-industrie/> [letzter Zugriff 29.02.2012].



trächtig erachtet (z.B. Cleantech-Zweige aller Art), zu bevorzugen. Eine anhaltende internationale Technologieführerschaft lässt sich nicht erzwingen.

#### **6.4. Fazit**

Die Schweiz hat im Cleantech-Bereich in der Vergangenheit eine erfolgreiche Adaptionsstrategie angewendet; die Cleantech-Spezialisierung der Schweizer Wirtschaft ist demgegenüber im internationalen Vergleich unterdurchschnittlich. In jüngster Zeit werden immer mehr Stimmen laut, die gerade vor dem Hintergrund der angekündigten Energiewende im Cleantech-Sektor einen zukünftigen Erfolgsfaktor der Schweizer Wirtschaft sehen. Der Grundtenor der Cleantech-Enthusiasten lautet, man müsse in der Schweiz einfach Cleantech-freundliche Rahmenbedingungen schaffen (inkl. Förderpolitik), dann stehe einem Strukturwandel, der die negativen ökonomischen Implikationen der Energiewende abzufedern wisse, wenig im Weg.

Wie aus der obigen Diskussion bereits deutlich hervorgehen sollte, ist dieser Glaube an die Gestaltbarkeit einer erfolgreichen zukünftigen Wirtschaftsstruktur naiv. Zwei Punkte sind zentral: Erstens ist eine staatlich subventionierte Aufblähung des Cleantech-Sektors aus volkswirtschaftlicher Sicht mit mehr Kosten als Nutzen verbunden. Studien, die das Gegenteil behaupten, weisen in aller Regel schwer wiegende methodische Mängel auf (z.B. Ausblendung der Kosten). Zweitens mag der Versuch, in vermuteten Zukunftsbereichen durch kluge Regulierung internationale „First-Mover-Advantages“ zu generieren, vielleicht verlockend wirken, aber er ist hochriskant. Die aktuellen Schwierigkeiten der deutschen Solarindustrie, die zwischenzeitlich tatsächlich über einen „First-Mover-Advantage“ verfügte, sollten hier ein warnendes Beispiel sein.



## 7. Wesentliche politökonomische Risiken

### 7.1. Vorbemerkungen

Der Bundesrat sah sich offenbar nach dem Schock von Fukushima und der – wie sich jetzt schon zeigt – problematischen Reaktion Deutschlands<sup>72</sup> sowie unter dem Einfluss der bevorstehenden Wahlen in der Schweiz gedrängt, ohne seriöse Vorbereitung und überzeugende Grundlagen einen langfristig schicksalsträchtigen Entscheid zu fällen. Die dazu „notfallmässig“ aufdatierten Energieszenarien der Prognos AG und die bloss angekündigte von Studien zu allen Umsetzungsaktivitäten sprechen für sich. National- und Ständerat haben sich ihrerseits dieser grundlegenden Strategieänderung noch kurz vor den Wahlen angeschlossen, obwohl dazu gewiss keine *energiwirtschaftliche* Dringlichkeit gegeben war. Den Schlusspunkt unter die Kurzdebatte setzte – kurz nach den Wahlen – der Nationalrat am 6. Dezember 2011, indem er folgende Motionen in einer durch den Ständerat über alle drei Vorstösse kombinierten Fassung überwiesen hat:

- die Motion 11.3257 „Aus der Atomenergie aussteigen“ (Grüne Fraktion),
- die Motion 11.3426 „Keine neuen Rahmenbewilligungen für den Bau von Atomkraftwerken“ (BDP-Fraktion) und
- die Motion 11.3436 „Schrittweiser Ausstieg aus der Atomenergie“ (Nationalrat Schmidt Roberto, CVP)

Der schrittweise Ausstieg aus der Kernenergie gilt damit als beschlossene Sache und wird zurzeit laut Umfragen<sup>73</sup> von einer deutlichen Mehrheit der Bevölkerung mitgetragen. Was aber grösstenteils noch offen ist, sind die Umsetzungsmassnahmen im Planungszeitraum bis 2050. Immerhin gingen Bundesrat und Parlament vor dieser politischen Wende noch davon aus, dass zur Vermeidung von Versorgungsproblemen ein Teil der bestehenden durch neue KKW ersetzt werden muss.

Unsere Studie kann nicht zum Ziel haben, einen demokratischen Entscheid von Bundesrat und Parlament frontal angreifen und umstossen zu wollen. Vielmehr haben wir nach bestem Wissen nur plausibel darzulegen versucht, dass die vom Bundesrat ins Auge gefassten Umsetzungsschritte auf Fehlüberlegungen bezüglich der relevanten ökonomischen Zusammenhänge und dabei besonders auf Wunschdenken bezüglich

<sup>72</sup> Vgl. „Österreich rettet deutsche Stromversorgung. Die Abschaltung deutscher Atomkraftwerke macht sich bemerkbar. Netzbetreiber können nur noch mit Reserve-Kraftwerken aus Österreich die Versorgung stabil halten.“ Die Welt-online, 5. Januar 2012. <http://www.welt.de/dieweltbewegen/article13798376/Oesterreich-rettet-deutsche-Stromversorgung.html> [letzter Zugriff: 07.01.2012.]

<sup>73</sup> Und offenbar auch gemäss den Ergebnissen der Wahlen, in welchen der Atomausstieg anscheinend eine wichtige Rolle gespielt hat.

staatlich gelenkten technischen Fortschritts oder Akteurverhaltens beruhen. In der Tat steht die Machbarkeit gleich dreifach in Frage, nämlich

- energietechnisch,
- ökonomisch (oft auch technisch-ökonomisch genannt) und
- politisch (oft auch politisch-ökonomisch oder kurz politökonomisch genannt).

Bis hierher konzentrierten wir uns auf die ökonomische oder technisch-ökonomische Analyse und befassten uns mit energietechnischen Aspekten auftragsgemäss nur soweit dies für diese Analyse nötig war. In diesem Kapitel wollen wir uns noch kurz der Frage der politischen Durchsetzbarkeit der Strategie zuwenden, deren Erfolg auch von Massnahmen mit „hoher Eingriffstiefe“ abhängig ist.

Diese politökonomische Frage ist für die kommenden Monate und Jahre zentral, wenn es darum geht, für konkrete Massnahmen der Energiestrategie im demokratischen Prozess Akzeptanz zu schaffen. Dabei dürfte das wirtschaftliche Umfeld aus verschiedenen Gründen härter werden und mit steigenden kompetitiven und aussenwirtschaftspolitischen (institutionellen) Herausforderungen des Werk- und Finanzplatzes Schweiz zu rechnen sein.<sup>74</sup> Fehlinvestitionen und andere Ineffizienzen könnten besonders in den künstlich geförderten Cleantech-Bereichen nach und nach sichtbar und für Steuerzahler und Konsumenten spürbar werden und gewisse heutige Erwartungen als technisch-ökonomische Illusionen entlarven (man kann jedenfalls nicht politisch entscheiden, die Sonnenscheindauer zu verlängern oder den technischen Fortschritt in vorbestimmte Richtungen zu beschleunigen). Mit Sicherheit wird sich der „Fukushima-Effekt“ abschwächen - nicht nur weil die Leute vergessen, sondern auch, weil wissenschaftliche Erkenntnisse und neutrale Beurteilungen die Risikoeinschätzungen wieder „normalisieren“ werden.

Diese Entwicklungen dürften nicht nur die Widerstände gegen kostspielige oder gar unwirksame Massnahmen, sondern auch die generelle Abneigung gegen freiheitsbeschränkende Staatseingriffe verstärken, was sich gerade in einer direkten Demokratie schnell und deutlich manifestieren könnte.

<sup>74</sup> Die aussenwirtschaftspolitischen oder – genereller – institutionellen Herausforderungen betreffen besonders den im Zuge der Globalisierung zunehmenden Standortwettbewerb, d.h. den Wettbewerb der Wirtschaftsstandorte um international mobile Produktionsfaktoren wie Kapital, Know-How, qualifizierte Arbeitskräfte. In diesem Wettbewerb spielt die Energieversorgung zu international konkurrenzfähigen Preisen und Konditionen eine Rolle.

## 7.2. Die Strategie im politischen Prozess

Das Parlament hält zu den drei oben aufgeführten Motionen gleichlautend fest:

*„Der Bundesrat wird beauftragt, einen Gesetzesentwurf zu unterbreiten, um die Gesetzgebung wie folgt anzupassen: (1) Es dürfen keine Rahmenbewilligungen zum Bau neuer Kernkraftwerke erteilt werden. (1bis) Das Kernenergiegesetz vom 21. März 2003 ist entsprechend zu ändern. Damit wird kein Technologieverbot erlassen. (2) Kernkraftwerke, die den Sicherheitsvorschriften nicht mehr entsprechen, sind unverzüglich stillzulegen. (3) Es wird eine umfassende Energiestrategie unterbreitet, um unter anderem den künftigen Strombedarf ohne Atomenergie und durch eine vom Ausland möglichst unabhängige Stromversorgung sicherzustellen, ohne den Wirtschafts- und Forschungsstandort Schweiz insgesamt zu gefährden. Die Förderung der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz wird zielführend verstärkt. (4) Bildung, Lehre und Forschung in sämtlichen Energietechnologien in der Schweiz und in der internationalen Zusammenarbeit werden weiterhin unterstützt. (5) Der Bundesrat berichtet periodisch über die Entwicklung der Technologien und die Umsetzung der Energiestrategie und stellt Anträge zu Gesetzesänderungen sowie Programmen. Insbesondere berichtet er regelmässig über die Fortschritte in der Kerntechnologie. Dabei nimmt der Bundesrat namentlich Stellung zu Fragen der Sicherheit, der Entsorgung radioaktiver Abfälle, sowie der volkswirtschaftlichen, umwelt- und klimapolitischen Auswirkungen.“<sup>75</sup>*

Der Atomausstieg ergibt sich also einerseits aus der Stilllegung der aktuell bestehenden fünf Werke, die bereits gesetzlich geregelt ist, und andererseits aus dem Verbot, diese durch neue Werke zu ersetzen, welches erst durch eine Revision des Kernenergiegesetzes erwirkt werden kann. Der eigentliche Kern der Ausstiegsstrategie muss somit erst noch die Hürde einer Gesetzesrevision, welche dem fakultativen Referendum unterliegt, überspringen. Zurzeit liegen nach wie vor drei Rahmenbewilligungsgesuche der Stromkonzerne Axpo, Alpiq und BKW für neue AKW beim Bund. Allerdings wurde deren Bearbeitung sistiert, und die erwähnten Konzerne sollen im Hinblick auf den Atomausstieg bereits Planungskosten von rund 100 Millionen Franken buchhalterisch abgeschrieben haben.<sup>76</sup>

Die „umfassende Energiestrategie“, die der Bundesrat dem Parlament unterbreiten soll, kann von letzterem aus gesetzestechnischen und verfassungsmässigen Gründen (z.B. Grundsatz Einheit der Materie) nicht als Massnahmenbündel beschlossen werden. Die neben dem erwähnten Kern der Strategie aus heutiger Sicht in Betracht zu ziehenden 50 flankierenden Einzelmassnahmen (vgl. Darstellung und Hinweise in Kapitel 2.5) betreffen teilweise unterschiedliche Erlasse und Rechtsgebiete, müssten also separat oder ggf. in kleinen Gruppen von Massnahmen beschlossen werden. Aus energiestrategischer

<sup>75</sup> Vgl. Motion 11.3257 [http://www.parlament.ch/D/Suche/Seiten/geschaefte.aspx?gesch\\_id=20113257](http://www.parlament.ch/D/Suche/Seiten/geschaefte.aspx?gesch_id=20113257) [letzter Zugriff 4.1.2012] ; die anderen erwähnten Vorstösse finden sich ebenfalls in dieser Geschäftsdatenbank durch Eingabe der Nr. des Vorstosses.

<sup>76</sup> Vgl. „Atomausstieg mit fakultativer Volksabstimmung“, NZZ, 29. 9. 2011, S. 11.

Perspektive kommt erschwerend hinzu, dass nicht alle zu treffenden Massnahmen der Strategie gemeinsam und zu Beginn der Planung, sondern jeweils nur Einzelmassnahmen oder Gruppen von Massnahmen bei Bedarf und damit gestaffelt über eine sehr lange Zeit zu beschliessen wären. Mit anderen Worten, wird die Umsetzung der Strategie während Jahrzehnten immer wieder gesetzliche Massnahmen erfordern, gegen die Referenden ergriffen werden können. Gewisse Massnahmen würden sogar Verfassungsänderungen bedingen, wären also zwingend dem Volk zur Entscheidung vorzulegen. Sollte beispielsweise eine Förderabgabe für erneuerbare Energien eingeführt oder die CO<sub>2</sub>-Abgabe im Rahmen der Energiestrategie in eine Zwecksteuer für energetische Gebäudesanierungen umgewandelt werden, wären Verfassungsänderungen unumgänglich.

Vergegenwärtigt man sich die vom Bundesrat erwartete Entwicklung von Stromangebot und Stromnachfrage (vgl. Abbildung 1), dann wird klar, dass sich erst mit der Schliessung von Beznau I (um das Jahr 2019) eine Lücke zu öffnen und in den folgenden 30 Jahren bis 2050 (und wohl noch darüber hinaus) zu vergrössern droht. Diese Lücke soll laufend mit den von Bundesrat vorgesehenen angebots- und nachfrageseitigen Massnahmen geschlossen werden. Nach den Vorstellungen des Bundesrats soll dabei jeweils ein optimierter Massnahmenmix mit „möglichst niedriger Eingriffstiefe“ zum Einsatz kommen. Leider finden sich in den Planungsunterlagen des Bundesrats keinerlei dynamische Studien von Anpassungsprozessen, wie sie im Verlaufe dieses langen Planungshorizonts in betroffenen Märkten und Institutionen ablaufen könnten und bei Bedarf durch Massnahmen in erwünschte Richtungen beeinflusst werden müssten.

Aus der Regulierungstheorie und aus der Regulierungserfahrung in zahlreichen Regulierungsbereichen aus dem In- und Ausland ist aber hinlänglich bekannt, wie schwierig die Wahl optimaler Regulierungsinstrumente sowie deren adäquate Dosierung und Umsetzung selbst für relativ einfache, kurz- bis mittelfristige Problemstellungen ist (dies kann beispielsweise mit den notorischen Rechtsstreitigkeiten betreffend Regulierung der Telekommunikation, der Elektrizitätsversorgung, des öffentlichen Verkehrs belegt werden). Es gibt Wirkungsverzögerungen, zu schwache Wirkungen, zu starke Wirkungen, perverse (den Regulierungszielen zuwiderlaufende) Wirkungen. Und es gibt zahlreiche technisch-ökonomische Gründe für solches Regulierungs- oder Staatsversagen: mangelnde oder asymmetrische Informationen, Ausweichmanöver oder unerwartete Reaktionen der Regulierten, unerwartete exogene Veränderungen (Technologie, Umfeld) usw. Zu Regulierungs- oder Staatsversagen kommt es aber auch, weil die potenziell von Staatseingriffen betroffenen Kreise den politischen Prozess gerade aufgrund dieser technisch-ökonomischen Schwierigkeiten zu ihren Gunsten beeinflussen können. Dass diese Gefahr bei einer Energiestrategie, mit der über Jahre und sogar Jahrzehnte – also bei sich ständig ändernden Bedingungen – nicht nur das Angebot, sondern auch die Nachfrage staatlich gelenkt werden soll, gross ist, liegt schon allein aufgrund der Viel-

zahl von politischen Prozessen, denen diese Strategie laufend ausgesetzt wäre, auf der Hand.

### 7.3. Stilisierte politökonomische Prozesse oder Szenarios

Unter Kapitel 5 haben wir mögliche volkswirtschaftliche Kosten wichtiger Massnahmen der Energiestrategie erörtert. Dabei haben wir uns nicht mit der Frage befasst, welche Akteure diese Kosten vermutlich zu tragen hätten (potenzielle Verlierer) und welche Akteure ggf. von einer Massnahme sogar profitieren würden (potenzielle Gewinner). Diese Frage ist entscheidend für die Beurteilung der Akzeptanz einer Massnahme im politischen Prozess. Aus diesem Grund werden nachfolgend einige Kostenursachen und die Kosten der Tabelle 3 aus Kapitel 5 sehr grob und stilisiert<sup>77</sup> nach den potenziellen Gewinnern und Verlierern hinterfragt. Dabei werden auch gleich die wesentlichen Akteure benannt.

#### *Ausbau erneuerbarer Energien*

Soweit die erneuerbaren Energien nicht technisch-ökonomisch wettbewerbsfähig sind, müssen sie subventioniert werden. Gemäss Strategie des Bundesrats werden daraus resultierende Zusatzkosten in erster Linie über höhere Strompreise von den Stromkonsumenten (KEV, Förderabgabe) und in zweiter Linie von den Steuerzahlern zu tragen sein (CO<sub>2</sub>-Steuer, Beiträge von Bund, Kantonen und Gemeinden). Die potenziellen Verlierer sind sicher Stromkonsumenten und Steuerzahler.

- Für die Steuerzahler wird diese Belastung kaum von anderen Belastungen im Staatshaushalt (Bund, Kantone, Gemeinden, die entsprechende Massnahmen treffen) zu unterscheiden und zudem bei den Steuern auch kaum spürbar sein. Die Steuerzahler stellen zudem im politischen Prozess für diese Fragestellung eine heterogene Gruppe dar, die ihre Interessen kaum bündeln kann. Die Steuerzahler werden sich somit im politischen Prozess kaum stark gegen Beiträge an Erneuerbare einsetzen können.
- Ähnliches gilt für die Haushalte und für nicht-stromintensive Geschäftskunden, soweit die Preisaufschläge nicht allzu stark ausfallen. Die Geschäftskunden werden die Preisaufschläge auf Dauer weitestgehend auf ihre Kunden, also letztlich wiederum auf die Haushalte abwälzen können (andernfalls sind sie den stromintensiven Geschäftskunden zuzurechnen).

<sup>77</sup> Für eine eingehende Analyse müsste eine betreffende Massnahme bis ins Detail ihrer konkreten Ausgestaltung bekannt sein. Dies ist für keine Massnahme der Fall, spielt aber für die hier vorzunehmenden politökonomischen Erwägungen keine entscheidende Rolle. Es geht hier v.a. um das Argument, dass die Akteure ja gerade auf die Ausgestaltung von Massnahmen Einfluss nehmen könnten, was Rückwirkungen auf die gesamte Energiestrategie hätte.



- Die stromintensiven Geschäftskunden bilden eine kleine homogene Gruppe; sie werden mit Hinweis auf den internationalen Güter-, Dienst- und Standortwettbewerb im politischen Prozess erwirken, die Zusatzkosten für die erneuerbaren nicht mittragen zu müssen.
- Die Zusatzkosten dürften somit grösstenteils auf die Haushalte und auf die Steuerzahler zurückfallen.

Potenzielle Gewinner sind Anbieter erneuerbarer Energien (einschliesslich Haushalte und Unternehmen, die Selbstversorger-Möglichkeiten ausnützen können<sup>78</sup>) sowie in- und ausländische Anbieter von Investitionsgütern für die Produktion erneuerbarer Energien (Cleantech-Akteure). Auf Selbstversorger-Möglichkeiten können in erster Linie Eigenheimbesitzer zurückgreifen. Alles in allem fallen die Zusatzkosten auf die relativ ärmeren Haushalte sowie auf die Steuerzahler zurück. Die potenziellen Verlierer stellen eine grosse inhomogene Gruppe dar, die im politischen Prozess gegen die homogenen Gruppen Cleantechindustrie, Hausbesitzer und Unternehmen vermutlich unterliegen werden. Die energieintensiven Industrien werden abgabebefreite Preise durchsetzen. Die Richtigkeit dieser Analyse lässt sich u. E. bereits in der Schweiz und in vielen anderen Ländern heute belegen und bedarf keiner weiteren Kommentare.

*Ausbau Speicherkapazitäten, Mehrbedarf an Regelenergie, Mehrkosten für Netze, Bau und Betrieb von Gaskraftwerken, Abhängigkeit von Stromimporten*

Die mit diesen Massnahmen zusammenhängenden volkswirtschaftlichen Zusatzkosten werden im Wesentlichen (indirekt) durch den höheren Anteil der fluktuierenden erneuerbaren Energien induziert und als Bestandteile der sogenannten Systemkosten in die Endpreise der Stromkonsumenten einfließen. Potenzielle Verlierer sind alle Stromkonsumenten. Die Verluste können von homogenen Gruppen reduziert oder vermieden werden, welche für sich Ausnahmen durchzusetzen vermögen. Dies dürfte wiederum den energie- bzw. stromintensiven Industrien gelingen, da sie vital auf international kompetitive Strompreise angewiesen sind. Weniger stark verlieren diejenigen Haushalte und Unternehmen, die sich weitgehend mit erneuerbaren Energien selber versorgen können.

*Reduktion Stromhandel, Ausstieg Kernenergie*

Auf der potenziellen Verliererseite stehen bei diesen Massnahmen bzw. diesen möglichen Folgen der Energiestrategie zunächst die betroffenen Unternehmen beziehungs-

<sup>78</sup> Es kommt zu ungewollten Umverteilungen und zu Effizienzverlusten, indem auch Anbieter subventioniert werden, die auch ohne Subventionen auf Erneuerbare gesetzt hätten (sog. Mitnahmeeffekte). Diese Effizienzverluste spielen wahrscheinlich für den politischen Prozess keine grosse Rolle, können aber zu erheblichen volkswirtschaftlichen Verlusten führen.



weise deren Eigentümer. Letztere sind allerdings zu über 80% öffentliche Gebietskörperschaften. Das in den Werken investierte Fremdkapital wird jedenfalls auf Dauer durch solche Kosten nicht zu Nachteilen kommen – entweder es wird in der Elektrizitätsproduktion marktmässig (einschliesslich risikogerecht) verzinst oder es wandert ab. Die ultimativen potenziellen Verlierer werden wiederum die Kunden sein, soweit sich diese Verluste in höheren Strompreisen niederschlagen. Soweit sich diese Verluste hingegen in einem Wertverlust der Werke äussern, werden die Eigentümer und letztlich die Steuerzahler der betroffenen Gebietskörperschaften zu den Verlierern gehören. Daraus könnten sich kantonale Widerstände ergeben – und Kantone haben in der Schweiz erheblichen politischen Einfluss auf Bundesebene.

#### *Reduktion Energieverbrauch, Strompreissteigerungen*

Ob der Stromverbrauch nachfrageseitig durch Gebote und Verbote (Energieeffizienzmassnahmen, welche für die Betroffenen erhebliche Kosten ergeben - teurere Geräte statt höhere Strompreise), durch Lenkungsmassnahmen (direkt hohe Strompreise) oder gar durch Rationierung (direkte Nutzenverluste) gedrosselt wird, ergibt für den politischen Prozess wohl keinen fundamentalen Unterschied: In jedem Fall ergeben sich volkswirtschaftliche Kosten bzw. Nutzenverluste durch zwangsweisen Konsumverzicht beim Strom (Substitutionseffekt) oder bei anderen Gütern (Einkommenseffekt). Natürlich sind die Kosten nicht bei all diesen Massnahmen gleich hoch. Unterschiede ergeben sich beispielsweise bei den Effizienzverlusten im Sinne von toten Lasten. Unterschiede ergeben sich aber vor allem in der Art der Finanzierung. Werden Energieeffizienzmassnahmen an Gebäuden (wie vorgesehen) durch Subventionen gefördert, während die Subventionsmittel über Strompreiserhöhungen, Energieabgaben oder CO<sub>2</sub>-Steuern beschafft werden, dann ergibt sich eine noch stärkere Lastenumverteilung zu Gunsten derjenigen, die solche Massnahmen treffen können (z.B. Hausbesitzer), und zu Lasten aller anderen, die dies nicht können.

Stromintensive Industrien sollen wiederum von diesen Belastungen ausgeschlossen werden. Zudem ist anzunehmen dass auch hier gewisse Haushalte via Energieeffizienzförderungen und Selbstversorgung nicht zu den potenziellen Verlierern gehören werden. Umso mehr Kosten fallen dann aber auf die Haushalte mit wenigen Ausweichmöglichkeiten und auf die Steuerzahler zurück. Daraus könnten sich durchaus sehr rasch grössere Widerstände (gegen weitere Einzelmassnahmen oder Massnahmenbündel) ergeben, die letztlich die bundesrätliche Energiestrategie ganz zu Fall bringen könnten.

#### *Gesamtbelastung und Quervergleiche*

Angesichts der ansonsten entstehenden Versorgungslücke gemäss den Szenarien des Bundesrats müssen insgesamt sehr einschneidende angebots- und nachfrageseitige Mas-

snahmen ergriffen werden, welche letztlich, wie hier skizziert, fast immer die gleiche Bevölkerungsschicht besonders belasten, während sie für kleinere Gruppen neutral oder gar positiv sein werden. Wird sich die potenzielle Verliererschicht dieser Situation bewusst, was unter Umständen kaum lange dauern dürfte (wenn etwa im Ausland weit günstigere Verhältnisse zu beobachten wären), könnte sich sofort starker Widerstand einer Mehrheit ergeben. Zwar ist die Gruppe der Verlierer dann immer noch eine recht inhomogene Gruppe, doch werden politische Kräfte wie etwa die SVP, die der Energiestrategie schon heute skeptisch bis ablehnend gegenübersteht, diesen Widerstand bei praktisch jeder weiteren Einzelmassnahme schüren.

#### **7.4. Fazit**

Die Energiestrategie des Bundesrats wurde zwar in ihren Grundzügen vom Parlament gutgeheissen, doch ist davon noch nicht einmal der Kern, nämlich das Verbot des Baus neuer AKW, Gesetz. Vielmehr muss dieser Kern und müssen besonders die zur Umsetzung nötigen weiteren Massnahmen über eine lange Periode von Jahrzehnten – sobald sie nötig werden – mit Gesetzesänderungen und fakultativen Referenden oder Verfassungsänderungen und obligatorischen Referenden immer wieder bestätigt werden. Dabei droht neben der erheblichen Gefahr, dass die Strategie an energietechnischen oder an technisch-ökonomischen Machbarkeitsproblemen scheitert, die wahrscheinlich fast ebenso grosse Gefahr, dass sie im politischen Prozess zu Fall gebracht wird.

In den Entscheidungsgrundlagen des Bundesrats sucht man ebenso vergeblich nach einer Analyse politökonomischer Umsetzungsprozesse wie nach einer solchen technisch-ökonomischer Prozesse. Schon aufgrund einer groben, stilisierten politökonomischen Analyse ist erkennbar, dass mit der bundesrätlichen Strategie stets dieselben Kreise von Kunden sowie die Steuerzahler immer stärker belastet werden. Daraus ergeben sich erhebliche politische Risiken dieser Strategie.

## 8. Folgerungen und Empfehlungen

Entgegen früherer Planungen haben der Bundesrat und das Parlament beschlossen, die am Ende ihrer Lebensdauer angelangten Kernkraftwerke in den kommenden Jahren nicht mehr mit neuen Werken zu ersetzen und so schrittweise aus der Kernkraft auszuweichen. Stattdessen soll die Stromversorgung des Landes mit der Förderung erneuerbarer Energien und mit weiteren angebotsseitigen Massnahmen sichergestellt werden. Auf der Nachfrageseite erfordert diese Strategie allerdings ein ganzes Bündel von finanziellen und regulativen Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und zur weiteren Drosselung des Verbrauchs. Aufgrund ihrer Planungsunterlagen sind die Behörden der Auffassung, dass diese Strategie auf einen Planungshorizont bis zum Jahr 2050 ohne nennenswerte Wohlstandseinbussen machbar sei.

Die vorliegende Studie unterzieht die Entscheidungsgrundlagen des Bundesrates einer kritischen Würdigung, analysiert die Ergebnisse der ETH Zürich und evaluiert die schweizerische Energiepolitik insgesamt. Die folgenden Erkenntnisse können aus dieser Studie gezogen werden.

Die anvisierte Entkoppelung von Wirtschaftswachstum und Stromverbrauch ist vor dem Hintergrund des historischen Zusammenhangs (und auch der heute zu erwartenden zukünftigen Entwicklung) als unrealistisch einzustufen. Wird der Stromverbrauch durch energiepolitische Massnahmen auf ein politisch vordefiniertes Niveau gedrückt, ist mit namhaften Einbussen beim Wirtschaftswachstum zu rechnen. Bei weiter steigendem Strombedarf hingegen werden – sofern das entsprechende Stromangebot in der Schweiz produziert werden soll – weiterhin Grosskraftwerke in den nächsten Jahrzehnten notwendig bleiben. Der Ausstieg aus der Kernenergie bedeutet dann zwangsläufig den Einstieg in die fossile Stromerzeugung.

Unverständlich ist es, dass ohne energiewirtschaftliche Dringlichkeit wichtige Weichen schon jetzt gestellt werden und gewisse Optionen ohne Not ausgeschlossen werden. Die Akteure in den Märkten und die beteiligten öffentlichen Institutionen richten sich unverzüglich danach und beschreiten damit eventuell auch Wege, die sie später mit erheblichen „versunkenen“ Kosten wieder verlassen müssen.

In der bundesrätlichen Strategie wird eine Liste von nicht weniger als 50 Massnahmen geführt, mit welchen bei Bedarf eingegriffen werden soll, um die Nachfrage und das reduzierte Angebot ohne Versorgungslücke in Übereinstimmung zu bringen. Viele dieser Massnahmen dürften kaum genügend wirksam oder gar kontraproduktiv sein und in erster Linie mehr Bürokratie und einschneidende Freiheitsbeschränkungen mit sich bringen. Leider findet sich auch dazu keine Analyse in den offiziellen Unterlagen, welche kritisch nachvollzogen werden könnte. Am effektivsten wäre vermutlich eine sehr hohe, für alle Haushalte und Unternehmen gleichermaßen gültige Lenkungsabgabe zur Reduktion der Energienachfrage, die aber bloss als „ultima ratio“ für den Fall dargestellt wird, dass weniger einschneidende Massnahmen nicht genügen sollten. Hier schwingt

eine gewisse politökonomische Einsicht mit, dass eine hohe generelle Stromsteuer wohl auf erheblicheren Widerstand stossen könnte als ein Bündel von Massnahmen mit der Möglichkeit, gewissen Interessen Ausnahmen gewähren zu können.

In dieser Studie wird weiter gezeigt, dass wichtige Faktoren, die mit erheblichen statischen und dynamischen volkswirtschaftlichen Kosten (Wachstumseinbussen, Nutzen einbussen) verbunden sein dürften, in den bisherigen Überlegungen und Modellrechnungen vernachlässigt wurden. Hierzu zählen beispielsweise hohe Systemkosten der stark fluktuierenden, dezentralen erneuerbaren Energien inkl. der Zusatzkosten für zusätzlich notwendige Regelungs- und Speicherkapazitäten und für leistungsfähigere Netze, CO<sub>2</sub>-Zusatzkosten (Zertifikate und Einsparungen bei anderen Quellen) durch Einstieg in die fossile Stromerzeugung, volkswirtschaftliche Kosten durch Nettostromimporte und Effizienzverluste sowie unerwünschte Verteilungswirkungen durch regulative und finanzielle Massnahmen zur Drosselung der Energienachfrage.

Die Studie weist weiter darauf hin, dass der technologische Fortschritt tendenziell zu optimistisch eingeschätzt wird. Zudem besteht entgegen der ökonomischen Theorie und Empirie eine grosse Hoffnung, mit staatlicher Förderung den technologischen Fortschritt zu steuern und beschleunigen zu können. In dieselbe Richtung gehen überaus optimistische Erwartungen auf einen energetisch und ökonomisch positiven Strukturwandel mit einer prosperierenden Cleantech-Branche („First-Mover-Advantage“ und „doppelte Dividende“), während sich hier wiederum aus Theorie und Empirie Skepsis aufdrängen würde (vgl. aktuelle Probleme im „führenden“ Deutschland).

Schliesslich ist davon auszugehen, dass eine Energiewende im Sinne der neuen Energiestrategie nicht in einer idealen Welt mit einem ebenso allwissenden wie wohlwollenden Diktator, der immer die optimalen Instrumente zur Förderung des technischen Fortschritts und zu den gewünschten Verhaltensänderungen findet und kostenlos umsetzt, vollzogen werden kann. In der Realität werden starke Lobbys kleiner homogener Gruppen Privilegien und Ausnahmen durchsetzen – je vielfältiger die Massnahmenbündel sind, desto zahlreicher und unüberschaubarer können Ausnahmen gewährt werden. Dies lässt die volkswirtschaftlichen Kosten zusätzlich ansteigen, die letztlich von den immobilen und inhomogenen Akteuren (Konsumenten, Steuerzahler, Arbeitnehmer) getragen werden müssen.

Bei aller Planungsunsicherheit auch unsererseits erscheint folgendes Szenario keineswegs weniger plausibel als die Hoffnungen der Behörden: Der Übergang zur neuen Energiepolitik und mit ihm die Energiestrategie 2050 dürfte an physikalischen und technologischen Grenzen, an technisch-ökonomischen Fehlallokationen, an zunehmenden nationalen politischen Widerständen und schliesslich auch an Inkompatibilität mit dem internationalen Umfeld und mit internationalen Trends scheitern. Die volkswirtschaftlichen Kosten werden zunehmend spürbar und zerstören die heute noch vorherrschenden Illusionen einer Energiewende mit null Kosten oder gar positiven Wachstumsimpulsen. Die alten Kernkraftwerke werden deshalb laufend erneuert werden müs-

sen und ohne weiteres 60 Jahre in Betrieb bleiben. Die Stromanbieter werden aber notgedrungen in Gaskraftwerke investieren, was zu neuen Risiken (CO<sub>2</sub>, Gaspreise) und Abhängigkeiten führen wird. Dies ist wohl die folgenschwerste Irreversibilität eines Verzichts auf Kernenergie und sollte wenn immer möglich vermieden werden.

Zum heutigen Zeitpunkt kann die Empfehlung abgegeben werden, dass die im Nachgang von Fukushima und im Vorfeld der Wahlen eilig getroffenen energiepolitischen Entscheidungen nochmals gründlich zu hinterfragen sind. Hierfür sind bessere Planungsgrundlagen zu schaffen und auf dieser Basis ist anschliessend die Energiestrategie einer Revision zu unterziehen. Bereits heute ist wichtig, dass eine Relativierung der Weichenstellung sofort signalisiert wird. Denn jetzt sehen sich viele Player (Marktakteure, Institutionen, Gemeinden, Kantone) bereits zu "Investitionen" veranlasst, die sich später als verfehlt erweisen könnten. Die viel beschworene Planungssicherheit ist so betrachtet für private Investoren nicht gegeben und für öffentliche Investoren politisch verzerrt.

## Nachwort von Prof. Dr. Silvio Borner

Bis zur industriellen Revolution hat die Menschheit primär zwei Energiequellen genutzt: Muskelkraft (Sklaven und Nutztiere) zum einen und Biomasse (Holz) zum anderen. Wind und Wasser wurden schon zu vorindustriellen Zeiten dezentral für den mechanischen Antrieb durch Wasserräder und Windmühlen eingesetzt. Erst die Erschließung fossiler Energieträger hat es ermöglicht, menschliche Muskelkraft und riesige Landmassen wie insbesondere Wälder von der Nutzung für die Energiegewinnung zu befreien. Dies hat nicht nur zu einer Explosion der Arbeitsproduktivität geführt, sondern auch gesellschaftlichen, ja sogar ökologischen Fortschritt wie die Befreiung des Menschen von unmenschlicher Schuferei oder die Schonung der Natur bewirkt. Bohrplattformen oder offene Kohlegruben sind sicher keine ökologischen Meisterwerke, aber die Millionen von Hektaren mit Bio-Fuel-Monokulturen sicher noch viel weniger.

Eine Kleinfamilie mit gehobenem schweizerischem Lebensstandard würde heute gegen tausend Sklaven benötigen, um im Dreischichtbetrieb ihren täglichen Energiebedarf zu decken. Dieses Bild soll nicht zum Ausdruck bringen, wie unethisch oder unökologisch unser Fussabdruck ist, sondern wie beschwerlich das Sparen und Verzichten würde, wenn es nicht bei leeren Worten bleiben sollte. Ohne die Nutzung der fossilen Energieträger wäre die moderne wirtschaftliche und technische Entwicklung im 19. Jahrhundert nicht möglich geworden. Kohle und später Erdöl und Erdgas haben den wirtschaftlichen und technischen Fortschritt in England erst nachhaltig werden lassen. Nebst dem Wirtschaftsliberalismus war die relativ gute Erschließung der Kohlevorkommen die entscheidende Triebkraft für den dauerhaften Anstieg der Produktivität von Arbeit und Kapital sowie die damit einhergehende Mechanisierung der industriellen Produktion.

Die Erfindung und Anwendung der Elektrizität bedeutete nochmals einen Quantensprung für die technologische, ökonomische und gesellschaftliche Entwicklung. Ihre phänomenale Vielseitigkeit in der Umwandlung in mechanische Arbeit, chemische Reaktionen und Wärme prägt unsere ganze Zivilisation in nicht wegzudenkender Weise. Die Allgegenwart von (jederzeit funktionierenden) Steckdosen ist inzwischen zur Selbstverständlichkeit geworden, vergleichbar mit der Luft zum Atmen. Die Komplexität, Dichte und Effizienz der elektrischen Transport- und Verteilnetze hebt sich quantitativ und qualitativ deutlich von allen anderen Netzwerksektoren ab. Die Elektrizitätsversorgung ist deshalb mit Abstand die wichtigste Infrastruktur für die wissensbasierte moderne Wirtschaft und Gesellschaft. Ohne Strom steht praktisch alles still. Die totale Elektrifizierung der Haushalte hat höchstwahrscheinlich mehr zur Emanzipation der Frauen beigetragen als die gesamte Gender-Literatur.

Nun machen wir uns heute wohl zu Recht über die Klimafolgen der fossilen Energieumwandlung Sorgen, aber eher zu Unrecht über deren Erschöpfbarkeit (Peak Coal oder Peak Oil). Denn Ressourcen mögen in ihrem Vorkommen physisch begrenzt sein, aber ihre ökonomische Nutzbarmachung ist weniger eine Frage der absolut limitierten



Vorräte als vielmehr der technologischen Gewinnungsmethoden und der wirtschaftlichen Anreize dafür, also der relativen Preise. Malthusianer und Anhänger von irgendwelchen Theorien zu absoluten Grenzen des Wachstums blenden diese beiden zentralen Mechanismen – den technisch-wissenschaftlichen Fortschritt und die ökonomische Anpassung durch relative Preisänderungen – vollständig aus. Malthus publizierte seine pessimistische Prognose einer Wohlstandentwicklung am Existenzminimum ausgerechnet am Beginn der industriellen Revolution, durch welche sie ihre durchaus vorhandene Erklärungskraft für die vorangegangenen Jahrhunderte verlor. Im Zeitalter der Kohle wurde im ausgehenden 19. Jahrhundert mehrmals die kurz bevorstehende Erschöpfung der Kohlevorräte vorausgesagt, was zu eigentlichen Kohle-Paniken in England führte.

Im 20. Jahrhundert wiederholte sich dasselbe beim Erdöl, dessen nachgewiesene Reserven noch nie so hoch waren wie heute. Dank neuer Schürfmethode und erwarteten Preissteigerungen ist das Schiefergas weltweit und vor allem in den USA zu einer Reserve für mehr als 100 Jahre angeschwollen. Die Kohlevorräte werden ohnehin noch für Jahrhunderte nutzbar bleiben. Von der Angebotsseite her betrachtet, wird somit das fossile Zeitalter in diesem Jahrhundert noch nicht zu Ende gehen, obwohl alternative Energiequellen rasch wachsen und anteilmässig aufholen werden. Und der Versuch, die Nachfrage nach Öl und Gas über internationale Abkommen global und spürbar zu senken, ist ein verhandlungspolitisches „No-Go“. Es gibt trotzdem sehr gute ökonomische, ökologische und politische Gründe, um von der Erdöl- und -Gasabhängigkeit wegzukommen. Gemäss neuesten Analysen der Internationalen Energieagentur (IEA) wird im Jahre 2035 die Reihenfolge der Energiequellen immer noch die gleiche sein wie heute, nämlich: 1. Erdöl, 2. Kohle, 3. Erdgas, 4. Erneuerbare inklusive Hydropower und 5. Kernenergie. Letztere soll weltweit um ca. 70 % zulegen, weniger schnell zwar als die neuen Erneuerbaren, aber absolut bedeutsamer bleiben.

Der Ausstieg aus der Kernenergie ist ein auf Deutschland und die Schweiz beschränktes Phänomen. Fossile Energieträger und erst recht die Kernenergie haben enorme physikalische Vorteile, die durch „Neue Alternative“ sowohl ökonomisch wie technologisch nur sehr schwer überwunden werden können. Es ist zum einen – vor allem bei Kernbrennstoffen – ihre extrem hohe Energiedichte. Zum anderen ist es ihre Lagerfähigkeit (vor allem bei Kernbrennstoffen, aber schon weniger bei Öl und Gas) und somit ihre permanente Verfügbarkeit. Letzteres ist gerade für die Elektrizitätsproduktion absolut zentral. Weil in der Schweiz die Ausbeutung der Wasserkraft im starken Wachstum der 1960er Jahre an ökonomische und ökologische Grenzen zu stossen begann, entschloss man sich damals, direkt in die Kernenergie einzusteigen und auf fossile Energieträger für Elektrizitätserzeugung zu verzichten. Dabei spielte sicher eine Rolle, dass die Schweiz im Gegensatz zu Deutschland oder den USA weder über Kohle- noch Erdöl- oder -gasvorkommen verfügt. Die Aufgabe der Kernenergie zugunsten von Erdgas oder Erdöl wäre somit ein historischer Rückschritt sowohl im Hinblick auf die Klimaziele wie die Auslandsabhängigkeit.

Die Umwandlung der in Materie enthaltenen Energie in frei verfügbare Arbeits- oder Wärmeleistung ist über die Jahrhunderte hinweg immer effizienter geworden. Dies ist der eigentliche Kernpunkt steigender Energieeffizienz. Die Energiedichte der Träger hat von Holz zu Kohle, zu Öl und Gas und schliesslich zum Uran pro Gewichtseinheit stetig zugenommen, was die Produktivität von Arbeit und Kapital erhöht und die relativen Energiepreise erst noch gesenkt hat. Gerade in der Kernenergie gibt es Anzeichen dafür, dass neue Reaktorgenerationen nicht nur sicherer werden, sondern deutlich weniger strahlende Abfälle generieren. Vor allem die fein verästelte „Rund-um-die-Uhr“-Versorgung mit Elektrizität hat eine enorme wissenschaftlich-technische Entwicklung und einen steigenden Wohlstand für eine schnell wachsende Weltbevölkerung ermöglicht. Das ging aber nicht ohne einen absolut steigenden Energieverbrauch einher, weil relativ billige Energie primär Arbeit ersetzte und Kapitalinvestitionen förderte. Von 1820 bis 1950 verdoppelte sich die Weltbevölkerung, der Energieverbrauch stieg aber um das Sechsfache. Allerdings ist mit zunehmender De-Industrialisierung der fortgeschrittenen Volkswirtschaften und dem technischen Fortschritt in Richtung Ressourcenschonung und Miniaturisierung dieser Trend beim Primärverbrauch insofern gebrochen worden, als dieser in der Schweiz seit einiger Zeit langsamer wächst als das BIP. Bei der Elektrizität ist es aber gerade umgekehrt, weil die Substitution von fossiler Energie und ganz generell neuere Technologien die Nachfrage nach Elektrizität überproportional zum BIP ansteigen lassen. Daran wird sich in näherer und fernerer Zukunft nichts ändern.

Heute das 2'000-Watt-Ziel anzustreben, so dass in einem Zwischenschritt im Jahre 2050 der Verbrauch von Energie trotz Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum wieder auf das Niveau von 1970 zurückfallen solle oder könne, erscheint vor diesem energiehistorischen Hintergrund extrem unrealistisch – oder extrem riskant. Es trägt häufig quasi-religiöse oder sozialromantische Züge. Die Verfolgung einer entsprechenden Strategie ist jedenfalls weder mit unserer freiheitlichen wirtschaftlichen und politischen Ordnung noch einer rational fundierten Wissensgesellschaft in Einklang zu bringen. Es geht in diesem Sinne nicht in erster Linie um die technologische Machbarkeit – obwohl diese für sich bereits in grössten Zweifeln steht –, sondern um die Wünschbarkeit im Lichte einer undogmatischen, rationalen Kosten-Nutzen-Analyse zum einen und einer demokratischen Willensbildung zum anderen. Die 2'000-Watt-Forderung für die Schweiz ist so betrachtet vergleichbar mit dem Calvinschen Sittenkodex für Genf während der Reformation. Was die schweizerische Politik heute als Hoffnung für übermorgen verkauft, ist somit nichts weniger als ein radikaler und von oben diktiert Trend- und Strukturbruch für unser gesamtes Wirtschafts- und Gesellschaftssystem. Dieser einmalige und schockartige Knick soll jedoch gemäss BFE und ETH-Modell keine nennenswerten Auswirkungen auf das Wirtschaftswachstum haben. Die dieser Prognose zugrunde liegenden Annahmen über den induzierten technischen Fortschritt wie die Reaktionen von Unternehmen und Interessengruppen sind reichlich naiv. Die ETH-Studie gipfelt in der abstrusen Aussage, dass bei Einhaltung der Klimaziele der Ausstieg aus der

Kernenergie dazu führen werde, dass wir das BIP von 2049 ein Jahr später, also 2050, erreichen! Ich würde aufgrund der qualitativen Kritik in unserem Bericht schätzen, dass diese Wachstumsreduktion mindestens um das 10-fache zu tief liegt.

Unsere wunderbare Wasserkraft ist nur beschränkt ausbaubar, und auch das nur unter Inkaufnahme grosser landschafts- und gewässerschützerischer Kompromisse. Wind und Photovoltaik werden in der Schweiz einen steigenden, aber absolut nur unwesentlichen Beitrag zur Deckung der Stromlücke leisten können. Und Bertrand Piccards Solarflugzeug ist eher ein mediales Kabinett- oder Kunststück als ein technischer Vorläufer für sonnengetriebene Schiffe, Traktoren, Eisenbahnen oder Autos. Biomasse aus Nutzpflanzen ist ohnehin ökologisch und ökonomisch eine Fehlentwicklung, weil Biodiesel in Konkurrenz zu den von der Menschheit für die Ernährung benötigten Kalorien steht und erst noch einen gigantischen Land- und Wasserverschleiss nach sich zieht. Echte energetische Revolutionen sind aus heutiger Sicht und für unsere schweizerischen Verhältnisse am ehesten bei der Geothermie, der Kernfusion oder der Wasserstoffwirtschaft zu erwarten, wobei letztere wiederum auf enorme Mengen Solar- oder anderer CO<sub>2</sub>-freie Elektrizität angewiesen ist.

Eine echte technologische Revolution lässt sich nicht voraussehen und schon gar nicht vorausplanen. In diesem Jahrhundert wird der Bedarf an Elektrizität jedoch auch in unserem Land noch deutlich zunehmen und zumindest in den nächsten Jahrzehnten in erster Linie durch die heute reifen Technologien fossiler und atomarer Natur zur Verfügung gestellt werden. Die Kilowattstunden werden nachgefragt und irgendwoher geliefert werden. Die ersatzlose Abschaltung der Kernkraft wird in einem Land wie der Schweiz mit beschränkten Möglichkeiten für Sonne, Wind und Biomasse und ohne fossile Reserven unweigerlich in die direkte oder indirekte ausländische Fossilabhängigkeit führen. Dies wird unsere Energiepolitik wertvoller Optionen berauben und die Elektrizitätsversorgung in eine unnötige und kostspielige Pfadabhängigkeit hineinmännern.

Was Bundesrat und Parlament somit dem Schweizer Volk ohne internationale Koordination vorschlagen, ist technologisch, ökonomisch und politisch hoch riskant. Eine Wende von der Kernenergie zu den Neuen Alternativen herbeizuwünschen, ist insofern verständlich, als im Moment eine deutliche Mehrheit des Volkes dahinter zu stehen scheint. Aber es ist unehrlich und verantwortungslos, die mit der Umsetzung verbundenen Gefahren für Wohlstand, Wachstum, Beschäftigung und Freiheit mit Wunschdenken, Illusionen oder gar Lügen überdecken zu wollen. Hinzu kommt, dass der Bundesrat nicht einmal auf dem Papier über eine kohärente und transparente Energiestrategie verfügt. Physikalische und ökonomische Gesetze lassen sich weder durch schöne Worte noch Appelle an den Glauben aushebeln. Und einschneidende Massnahmen auf den Reissbrettern von Bürokraten müssen erst noch politische Akzeptanz finden. Hinzu kommt, dass wir die Bedürfnisse und Präferenzen der zukünftigen Generationen respektieren sollten. Diese werden über mehr Wissen und bessere Technologien, aber auch

mehr Mittel verfügen als wir uns heute vorstellen können. Es ist deshalb sehr wohl möglich, dass unsere Enkel diesen überhasteten Ausstieg eher mit Kopfschütteln als mit einer Dankesbezeugung würdigen werden.

In diesem Sinne wollen wir in unserem Bericht eine dringend notwendige, aber bisher unterbliebene Analyse der möglichen Folgen der durch den Ausstieg notwendig werdenden „Neuen Energiestrategie“ vorgelegt. Es ist für eine freiheitlich-demokratische Politik extrem gefährlich, zukünftige Optionen zwischen Technologien politisch auszuschliessen. Stellen wir uns vor, wir hätten 1970 (prophylaktisch) den Mobilfunk oder Bildschirme verboten. Es ist offensichtlich, dass die Erwartungen des Bundesrats bzw. seiner Experten bezüglich technischem Fortschritt für Sonne und Wind extrem optimistisch sind, während in der Kernenergie für die nächsten Jahrzehnte Fortschritte bei der Sicherheit oder der Abfallproblematik ausgeschlossen werden. Das Vorgehen gemahnt an die Prognose einer quantitativ und qualitativ absoluten Topernte im Weinbau unter der Annahme eines idealen Winters, gerade richtigen Frühlings, schönen aber gemässigten Sommers und strahlend-trockenen Herbstes. Pilz- oder Schädlingsbefall wird ebenso durch Annahmen beseitigt wie ein Hagelschlag oder Trockenheit. Sich als Weinbauer darauf zu verlassen und entsprechend zu investieren, wäre hoch riskant, weil schon ein einziger Hagelschlag z.B. mehr als die halbe Ernte in zehn Minuten vernichten könnte.

Die vielzitierte „Planungssicherheit“ für die schweizerische Energiewirtschaft für die nächsten vier Jahrzehnte ist so gesehen kein Vorteil, sondern der grösste Nachteil. Kantone, Gemeinden, private Investoren und Firmen und vor allem regulierende und subventionierende Staatsbürokratien werden durch rein politisch zu früh gestellte Weichen gleichgeschaltet und eingleisig in Entwicklungs- und Investitionsrichtungen geleitet, die sich mit hoher Wahrscheinlichkeit als teure Sackgassen erweisen werden. In kürzester Zeit haben unsere grossen Werke bereits Milliardenverluste eingefahren. Rein renditeorientierte Investoren werden unter diesen politisch verzerrten Rahmenbedingungen bei der Entwicklung und Planung auf die weniger riskanten Gaskraftwerke mit tieferen Fixkosten und kürzerem Payback setzen. Die damit verbundenen volkswirtschaftlichen Kosten (Preissteigerungen, Auslandabhängigkeiten, CO<sub>2</sub>-Kosten) können sie auf die Abnehmer überwälzen. Allein schon aus diesen Gründen sind fortlaufende und vorurteilslose Strategiekontrollen unverzichtbar. Der Ausstieg aus der Kernenergie ist somit bei Lichte betrachtet eine reine Wunschvorstellung. Für einen Willensakt fehlt (vorderhand noch) der politische Support für die erforderlichen Massnahmen und für eine Strategie das unabdingbare technische und ökonomische Wissen zur Folgenabschätzung.

Basel, 16.02.2012,

Silvio Borner

## Anhang

### Schätzungen des Potenzials erneuerbarer Energien in der Schweiz

Die Abbildung 11 zeigt eine Übersicht über alternative Einschätzungen des Zubaupotenzials von erneuerbaren Energien.<sup>79</sup> Es fällt auf, dass die Schätzung der Schweizerischen Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW) für 2050 deutlich unter den vom Bundesrat anvisierten 22.6 TWh liegt. Dies gilt noch deutlicher für die Schätzung von Greenpeace, die mit knapp 10 TWh mehr als 50% unter dem vom Bundesrat für möglich erachteten Ausbau liegt. Bei den genannten Prognosen handelt es sich um Schätzungen der erwarteten Potenziale, d.h. es ist jeweils eine Reihe von hemmenden Faktoren berücksichtigt (Kosten, technische Machbarkeit, politische Rahmenbedingungen). Das rein technische Zubaupotenzial wird indessen von der Axpo sowie von Rechsteiner auf 35 bis knapp 50 TWh beziffert.

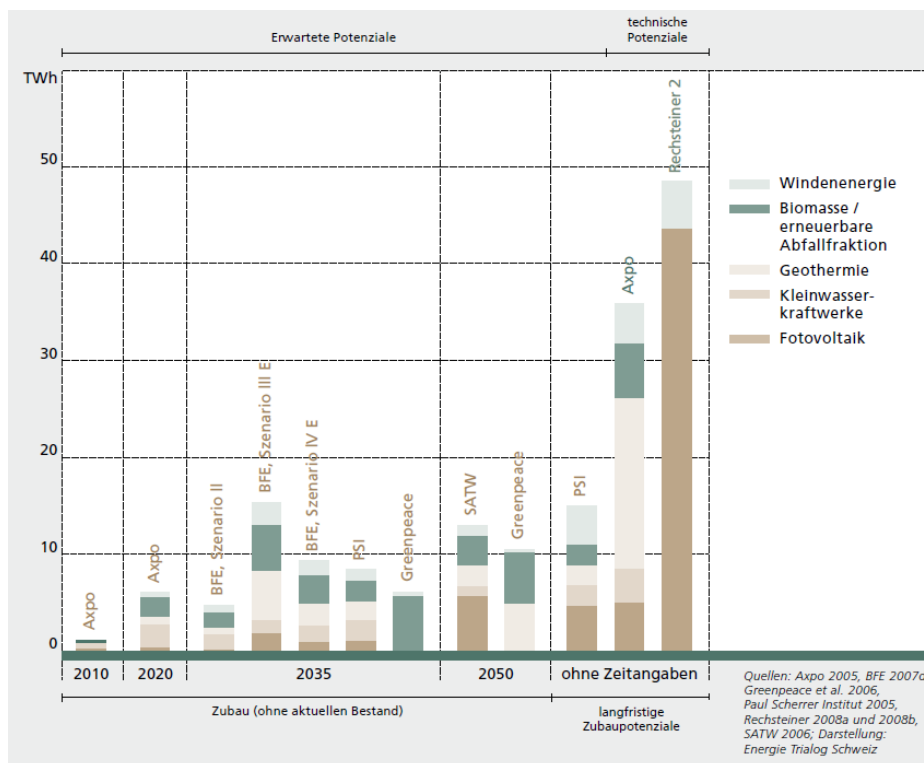


Abbildung 11: Schätzung der Zubaupotenziale der erneuerbaren Energien

Auf Grundlage dieser kurzen Übersicht lässt sich feststellen, dass der Bundesrat in seinen Szenarien einen ambitionierten Zubau von erneuerbaren Energien plant.<sup>80</sup>

<sup>79</sup> Vgl. Energie-Trialog Schweiz (2009), Abbildung 13, S. 56.

<sup>80</sup> Lediglich Andersson et al. (2011) liegen noch höher und schätzen einen Zubau von 31 TWh bis 2050 für plausibel ein (vgl. hierzu die Diskussion im Exkurs zu Kapitel 3).



## Zur Verwendung von Preiselastizitäten der Nachfrage

Eine Erhöhung der Preise führt in der Regel zu einer Reduktion der nachgefragten Menge des entsprechenden Gutes. In welchem Ausmass sich die Menge verringert, hängt von der Eigenschaft des Gutes ab und wird in der ökonomischen Theorie mit der sogenannten Preiselastizität der Nachfrage gemessen. Diese Nachfrageelastizität gibt konkret an, um wie viel Prozent sich die Nachfrage reduziert, wenn der Preis um ein Prozent steigt.

Die Kenntnis solcher Elastizitäten ist nicht nur für Unternehmen, die ihr Produkt verkaufen wollen, sondern auch für die Wirtschaftspolitik von Interesse. So kann aus den Elastizitäten beispielsweise abgeleitet werden, um wie viel der Strom verteuert werden muss, damit die Nachfrage in einem bestimmten (kleinen) Umfang reduziert werden kann. Die Nachfrageelastizitäten von Strom wurden in einer umfangreichen akademischen Literatur geschätzt.<sup>81</sup>

Espey und Espey (2004) liefern einen Überblick über 126 Studien aus den Jahren 1971-2000 mit durchschnittlichen Preiselastizitäten für die Haushalte von -0.28 in der kurzen Frist und -0.81 in der langen Frist.<sup>82</sup> Dieses Ergebnis sagt aus, dass langfristig eine einprozentige Steigerung des Strompreises ceteris paribus eine Reduktion der Stromnachfrage von 0.81 Prozent erwarten lässt. In der neueren Literatur werden die Elastizitäten tiefer geschätzt. Simmons-Süer et al. (2011) geben eine Auswahl an Forschungsergebnissen an, bei den der Median der Schätzungen kurzfristig bei -0.22, langfristig bei -0.55 liegt. Über einen längeren Zeitraum können bei steigenden Preisen stärkere Anpassungen der Nachfrage vorgenommen werden, die Nachfrage reagiert insgesamt aber immer noch unelastisch.<sup>83</sup> Ergebnisse für die Schweiz liegen von Zweifel et al. (1997) und Filippini (1999) vor. Demnach liegt die langfristige Preiselastizität der Nachfrage für Haushalte in einer Bandbreite zwischen -0.25 und -0.4 bzw. bei -0.3. Die Preiselastizitäten der Elektrizitätsnachfrage im industriellen Sektor sind in den meisten Studien unelastisch. Sie liegen in keiner Studie niedriger als -0.47 in Spitzenlastzeiten und -0.38 in Schwachlastzeiten.

Die Ergebnisse lassen auf den ersten Blick vermuten, dass durchaus ein gewisser Spielraum zur Reduktion des Stromverbrauchs besteht. Geht man beispielsweise von einer langfristigen Elastizität von -0.3 aus, die durch die Studien durchaus nachvollziehbar erscheint, würde eine Verdoppelung des Strompreises (+100%) zu einer Reduktion des Stromverbrauchs um 30% führen. Steigt also der Strompreis von heute 17.8 Rp./kWh

<sup>81</sup> Die folgenden Abschnitte lehnen sich an Simmons-Süer et al. (2011) an. Sie geben einen Literaturüberblick mit besonderem Fokus auf den Schweizer Strommarkt.

<sup>82</sup> Bei dem angegebenen Mittelwert handelt es sich um den Median, der weniger anfällig gegenüber Ausreissern als das arithmetische Mittel ist.

<sup>83</sup> Von einer elastischen Nachfrage wird erst ab einem Wert von -1 gesprochen. In diesem Fall geht die Nachfrage relativ stärker zurück als die relative Erhöhung des Preises. Die Gesamtausgaben für Elektrizität sinken.



auf 46.7 Rp./kWh (ca. +162%) – wie in dem Szenario „neue Energiepolitik“ in BFE (2011a) vorgesehen –, könnte demnach der Stromverbrauch ceteris paribus fast halbiert werden (um ca. 49% sinken).

Allerdings ist diese Schlussfolgerung nicht zulässig, weil das Konzept der Elastizitäten und auch die Schätzungen in der Literatur nur für inkrementelle Preisänderungen gelten, in der Energiestrategie jedoch sehr substantielle Preisänderungen notwendig werden (und die folglich auch in den Entscheidungsgrundlagen und in der Studie der ETH Zürich abgebildet werden sollen).

Die Elastizität ist nämlich grundsätzlich nur für sehr kleine Preisänderungen definiert (Punktelastizität). Zudem misst die Elastizität die Veränderung der nachgefragten Menge bei kleinen Preisänderungen ceteris paribus, also unter sonst gleichbleibenden Umständen. Bei der Energiestrategie geht es dagegen um die Veränderung der nachgefragten Menge in Reaktion auf eine sehr starke Preiserhöhung mutatis mutandis, also unter Umständen, die ebenfalls Veränderungen unterliegen (Technik, ökonomisches Umfeld, politische Rahmenbedingungen, Volkseinkommen u.a.).

Daraus folgt, dass aus der Messung früherer Anpassungsreaktionen der Marktteilnehmer nicht einmal annäherungsweise bestimmt werden kann, wie sich die „neue Energiepolitik“, welche die Endverbraucher nebst exorbitanten Preiserhöhungen noch vor andere noch nie dagewesene Veränderungen stellen will, in den Nachfragemengen niederschlagen könnte. Allein auf der Basis über alle Unternehmen oder Haushalte aggregierter theoretischer Überlegungen bleibt es pure und zudem kaum fundierte Spekulation, ob eine Lenkungsabgabe auf Strom die notwendige Wirkung hat, um die Nachfrage deutlich auf ein bestimmtes zuvor definiertes Niveau zu drücken.

## Der Reboundeffekt

Massnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz werden in der Politik häufig als der Königsweg schlechthin betrachtet, um energiepolitische Ziele zu erreichen. Tatsächlich spricht auf den ersten Blick vieles dafür, die Anstrengungen zur Erhöhung der Energieeffizienz zu verstärken. Mit Effizienzsteigerungen kann nicht nur die Umwelt geschont werden, sondern zudem werden die Akteure auch immuner gegen Strompreiserhöhungen.

Auch im Rahmen der Energiestrategie 2050 werden grosse Hoffnungen in die technologische Entwicklung gesteckt. Einerseits soll energieeffizienten Geräte teilweise mit Zwang zu einem breiten Durchbruch verholfen werden, andererseits soll die Entwicklung von noch effizienteren Geräten gefordert und gefördert werden. Beispiele sind der Austausch von Glühbirnen, Erneuerung der Strassenbeleuchtung, Umstieg auf Elektroautos, Energieeffizienz-Vorschriften bei Haushaltsgeräten etc. Bei der „neuen Energiepolitik“ wurden umfangreiche Massnahmen zur Förderung der Energieeffizienz in die Nachfrageentwicklung eingerechnet.

Allerdings basieren die verkündeten Einsparpotenziale auf einer rein ingenieurwissenschaftlichen Betrachtung, die ökonomische Anreize sind komplett ausblendet. In der Vergangenheit ereigneten sich mehrere Effizienz-Revolutionen – und dennoch stieg der Stromverbrauch stetig an. Ein historisches Beispiel: vor hundert Jahren wurden neue Glühbirnen entwickelt, die mit Wolframfäden leuchteten und nur einen Viertel so viel Energie verbrauchten wie die alten Glühbirnen mit Kohlenstofffäden. Die Stromnachfrage stieg dennoch weiter an. Auch in den letzten Jahrzehnten ist der Energienachfrage trotz Effizienzsteigerungen immer weiter gestiegen (vgl. Kapitel 3.1).

In diesem Sinne ist davon auszugehen, dass die Möglichkeiten des Stromsparens durch erhöhte Energieeffizienz in den Grundlagen des Bundesrates deutlich überschätzt werden. Mit Effizienzsteigerungen soll nämlich plötzlich – und entgegen allen historischen Beobachtungen – eine Reduktion der Energienachfrage gelingen. Technische Entwicklungen müssen hierzu einen Beitrag leisten, aber auch ökonomische Mechanismen, die unter dem Begriff Rebound-Effekt zusammengefasst werden, dürfen nicht ausser Acht gelassen werden. Der Rebound-Effekt führt zu dem vermeintlichen „Paradox“, wonach Energieeffizienz-Steigerungen lediglich unterproportionale Energieeinsparungen bewirken.

### *Theorie von Rebound-Effekten*

Erstmals erwähnt wurde dieses scheinbare Paradox von Jevons (Jevons' Paradox) im Jahr 1865, der in seinem Buch „The Coal Question“ argumentierte, dass Verbesserungen der Energieeffizienz auf längere Sicht zu einer Erhöhung des Energieverbrauchs führen könne. Viel später nahmen Brookes (1978) und Khazzoom (1980) diese Be-

trachtung unabhängig voneinander wieder auf. Das Khazzoom-Brookes-Postulat beschreibt einen eigentlichen Backfire-Effekt (Rebound > 100%). Die theoretische Möglichkeit des Backfire wird u.a. von Saunders (1992) basierend auf der neoklassischen Wachstumstheorie bestätigt. Das Khazzoom-Brookes-Postulat ist jedoch umstritten, da es einen extremen Sonderfall von Rebound-Effekten beschreibt. Die Existenz von Rebound-Effekten an sich wird allerdings kaum in Frage gestellt. Nachstehend wird auf Rebound-Effekte fokussiert.

Die Abbildung 12 zeigt schematisch die Effekte, die eine Differenz zwischen dem ingenieurwissenschaftlichen Einsparpotenzial und der tatsächlichen Einsparung herbeiführen.<sup>84</sup> Zu unterscheiden ist v.a. zwischen direkten und indirekten Rebound-Effekten.

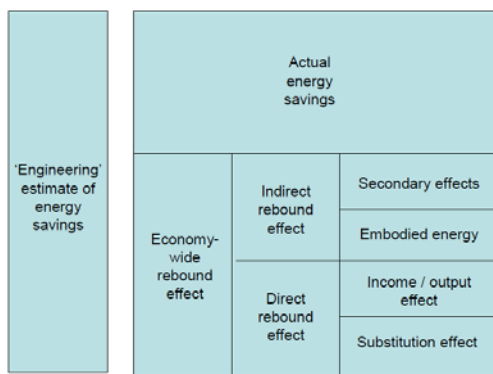


Abbildung 12: Ingenieurwissenschaftliche und ökonomische Energiesparpotenziale (Rebound-Effekt)

Der *direkte* Rebound-Effekt lässt sich beispielhaft anhand der untenstehenden Abbildung 13 erläutern.<sup>85</sup> Es sei davon ausgegangen, dass ein Haushalt exakt zwei Güter konsumiert, eine Energiedienstleistung (useful work) und ein anderes Gut. Die Energiedienstleistung könnte z.B. die Anzahl gefahrener Kilometer mit dem Auto darstellen. Beim anderen Gut könnte es sich um Mahlzeiten handeln. Der Haushalt versucht, sein verfügbares Einkommen so auf die beiden Güter aufzuteilen, dass sein Nutzen maximiert wird. Wenn er sein ganzes Einkommen fürs Autofahren einsetzt, kann er  $S_0$  Kilometer zurücklegen. Wenn er sein Einkommen vollständig fürs Essen einsetzt, kann er  $Z_0$  Mahlzeiten zu sich nehmen. Im abgebildeten Fall entscheidet er sich für das Bündel  $(S_1, Z_1)$ , da kein anderes Bündel einen höheren Nutzen ermöglicht (das Bündel liegt tangential zur Nutzenkurve  $U_1$ ).

Nun sei davon ausgegangen, dass dem Haushalt ein Auto mit höherer Energieeffizienz zur Verfügung gestellt wird. Dadurch vergrößert sich die maximale Strecke, die er mit seinem Auto im Rahmen des vorgegebenen Budgets zurücklegen kann, von  $S_0$  auf  $S'_0$ .

<sup>84</sup> Da es sich um eine schematische Darstellung handelt, sind keine Rückschlüsse von den Flächen auf die Stärke der Effekte möglich. Die Stärke der Effekte werden in empirischen Studien geschätzt (siehe unten).

<sup>85</sup> Vgl. Sorrell (2007)

Die maximale Anzahl konsumierter Mahlzeiten bleibt durch dieses Ereignis gleich. Weil das Autofahren durch die erhöhte Energieeffizienz billiger wird, verändern sich die relativen Preise der beiden Güter aus der Sicht des Haushalts.

Der Haushalt versucht nun auch unter den veränderten Rahmenbedingungen, seinen Nutzen zu maximieren. Das volle Energiespar-Potenzial wird nur dann realisiert, wenn die Anzahl gefahrener Kilometer gleich bleibt. In diesem Fall kann der Haushalt einige Mahlzeiten mehr zu sich nehmen als in der Ausgangssituation und so seinen Nutzen erhöhen. Bei der hier vorliegenden Nutzenfunktion maximiert der Haushalt seinen Nutzen allerdings, indem er die Anzahl gefahrener Kilometer auf  $S_2$  erhöht und die Zahl der Mahlzeiten auf  $Z_2$  senkt. Die höhere Energieeffizienz der Energie-Dienstleistung führt also dazu, dass die Nachfrage nach dieser Energie-Dienstleistung zunimmt (Rebound). Ob der gesamte Energieverbrauch dennoch sinkt oder sogar zunimmt („backfire“), lässt sich in diesem Beispiel nicht bestimmen. Klar ist, dass das ingenieurwissenschaftliche Sparpotenzial nicht realisiert wird.

Other service Z

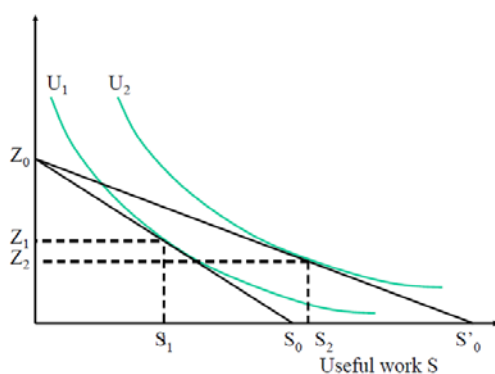


Abbildung 13: Grafische Darstellung des Rebound-Effekts

Welche ökonomischen Mechanismen führen zum direkten Rebound-Effekt? Hierbei lässt sich unterscheiden zwischen dem Substitutions- und dem Einkommenseffekt. Der Substitutionseffekt ergibt sich durch die Veränderung der relativen Preise der beiden Güter. Das Autofahren ist nun relativ zum Essen günstiger geworden, was bei gleichbleibendem Nutzenniveau eine Verschiebung hin zu mehr Autofahrten auf Kosten des Essens bewirkt. Der Einkommenseffekt beschreibt die Tatsache, dass durch die günstiger gewordene Energie-Dienstleistung das „reale Einkommen“ des Haushalts gestiegen ist. Gedanklich entspricht dies einer parallelen Verschiebung der Budgetrestriktion nach aussen (nach rechts). Der Einkommenseffekt führt sowohl zu einer höheren Nachfrage nach Autofahren als auch nach Mahlzeiten. Analoge Einkommens- und Substitutionseffekte lassen sich auch auf Seite der Produzenten identifizieren (z.B. wenn energieeffizientere Herstellungsverfahren entwickelt werden).

Neben den direkten Rebound-Effekten sind auch *indirekte* Rebound-Effekte zu berücksichtigen. In der Realität besteht das Konsumbündel nicht nur aus zwei Gütern. Viel-

mehr besteht die Wahl aus einer Vielzahl von Alternativen. Ein indirekter Rebound-Effekt ist z.B. dann gegeben, wenn eine bessere Isolation der Wohnung tiefere Heizungsrechnungen nach sich zieht und das neu verfügbare Budget dazu verwendet wird, um Ferien im Ausland zu buchen. Die Summe aus direkten und indirekten Rebound-Effekten auf der Ebene Haushalte und Unternehmen entspricht dem gesamtwirtschaftlichen Rebound-Effekt.

#### *Quantifizierung von Rebound-Effekten*

Während die Existenz von Rebound-Effekten in den Wirtschaftswissenschaften unbestritten ist, besteht bis heute relativ wenig Klarheit über deren quantitativen Auswirkungen. Dies liegt v.a. daran, dass die empirische Messung von Rebound-Effekten methodisch sehr anspruchsvoll ist. In besonderem Masse gilt dies für die indirekten Rebound-Effekte, weshalb die meisten empirischen Studien direkte Rebound-Effekte schätzen.

Tabelle 4 gibt einen Überblick über Schätzungen von direkten Rebound-Effekten. Die Studie von Sorrell et al. (2009) gibt einen aktualisierten Überblick über empirische Schätzungen für die OECD. Die meisten Schätzungen von direkten Rebound-Effekten liegen im Bereich von 0 – 30%. Die Schwierigkeiten der Messung wird durch die angegebene Spannbreite ersichtlich.

Endverbrauch	Anzahl Studien	Spannbreite	Beste Schätzung
Individueller Autoverkehr	17	3 – 87 %	10 – 30 %
Raumwärme	9	0.6 % - 60 %	10 – 30 %
Raumkühlung	2	1 – 26 %	1 – 26 %
Andere Energiedienstleistungen im Konsumbereich	3	0 – 41 %	< 20 %

*Tabelle 4: Empirische Schätzungen des Rebound-Effekts*

#### *Praxisrelevante Erkenntnisse*

Trotz der Schwierigkeiten bei der Identifikation von Rebound-Effekten haben sich aus der Literatur einige praxisrelevante Erkenntnisse herausgebildet. So wird allgemein davon ausgegangen, dass v.a. in Entwicklungsländern mit hohen Rebound-Effekten zu rechnen ist, da die Bedürfnisse dort noch stark ungesättigt sind. Während in der Schweiz die Anschaffung eines Drittautos für viele Haushalte nicht ernsthaft in Frage kommen dürfte und dies auch energetisch nicht relevant wäre (wenn dadurch nicht mehr oder mit höherem Energieeinsatz gefahren würde; die graue Energie für Produktion ist zur Erreichung des Nachfragepfades in der Schweiz zu vernachlässigen), dürften bspw. in China oder Indien viele Haushalte die Möglichkeit, sich ein Auto anzuschaffen, so rasch wie nur möglich zunutze machen. Entsprechend dürften direkte Rebound-Effekte in der Schweiz v.a. bei den ärmeren Bevölkerungsschichten eine Rolle spielen.

## Quellenverzeichnis

- AGHION, P., P. HOWITT, 1997. Endogenous Growth Theory, MIT Press.
- ALVAREZ, G.C., R. JARA, J. JULIAN, J. BIELSA, 2009. Study of the Effects of Employment of Public Aid to Renewable Energy Sources. Universidad Rey Juan Carlos, March 2009.
- ANDERSSON, G., K. BOULOCHOS, L. BRETSCHGER, 2011. Energiezukunft Schweiz. Eidgenössische Technische Hochschule Zürich.
- ARVANITIS, S., T. BOLLI, M. LEY, C. SOLTSMANN, T. STUCKI, M. WÖRTER, 2011. Potenziale für Cleantech im Industrie- und Dienstleistungsbereich in der Schweiz, KOF Studien, 27, Zürich.
- AXPO, 2011. Strom für heute und morgen, Zürich.
- BFE, 2007a. Die Energieperspektiven 2035 - Band 2 Szenarien I bis IV, Bundesamt für Energie, Bern.
- BFE, 2007b. Die Energieperspektiven 2035 - Band 3 Volkswirtschaftliche Auswirkungen, Bundesamt für Energie, Bern.
- BFE, 2011a. Grundlagen für die Energiestrategie des Bundesrates; Frühjahr 2011, Bundesamt für Energie, Bern.
- BFE, 2011b. Volkswirtschaftliche Auswirkungen bis 2050 bei „Verzicht auf Ersatz-KKW“ und „KKW-Laufzeitverkürzung“, Bundesamt für Energie, Bern.
- BFE, 2011c. Skizze des Aktionsplanes Energiestrategie 2050, Bundesamt für Energie, Bern.
- BFE, 2011d. Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2010, Bundesamt für Energie, Bern.
- BFE, 2011e. Kurzbericht Netze, Bundesamt für Energie, Bern.
- BFE, 2011f. Energiestrategie 2050 – Auswertung Umfrage bei externen Organisationen (Kurzfassung), Bundesamt für Energie, Bern.
- BFE, 2011g. Energieperspektiven 2050 – Abschätzung des Ausbaupotenzials der Wasserkraftnutzung unter neuen Rahmenbedingungen, Bundesamt für Energie, Bern.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT, 2011: Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklungen, Berlin.
- COPENHAGEN ECONOMICS, 2010. Innovation of Energy Technologies: The Role of Taxes. Final Report, Copenhagen.



- ENERGIE-TRIALOG SCHWEIZ, 2009. Energiestrategie 2050 – IMPulse für die schweizerische Energiepolitik. Grundlagenbericht.
- ESPEY, J.A., M. ESPEY, 2004. 'Turning on the Lights: A Meta-Analysis of Residential Electricity DEMAND Elasticities', *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 36(1), 65-81.
- EUROPÄISCHE UNION, 2009. RICHTLINIE 2009/28/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG.
- FILIPPINI, M., 1999. 'Swiss Residential Demand for Electricity', *Applied Economics Letters*, 6, 533-538.
- FRONDEL, M., N. RITTER, C. SCHMIDT, C. VANCE, 2009. Economic Impacts from the Promotion of Renewable Energies, the German Experience. Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung.
- HABERMACHER, F., 2011. Nutzen von Energiestrategien nicht mit Arbeitsplatzzahlen verwechseln. <http://www.batz.ch/wp-content/uploads/Nutzen-von-Energiestrategien-nicht-mit-Arbeitsplatzzahlen-verwechseln.pdf>
- HICKS, J., 1932. *The Theory of Wages*. Macmillan & Co, London.
- HOURIHAN, M., D. ATKINSON, 2011. *Inducing Innovation: What a Carbon Price Can and Can't Do*. The Information Technology & Innovation Foundation (ITIF).
- IAEA INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2007. *The Joint OECD-NEA/IAEA Uranium Group – Recent Activities and Red Book 2007*. Presentation by R. Vance and J- Slezak; UG Secretariats.
- JAFFE, A.B., R. NEWELL, R. STAVINS, 2003. Technological Change and the Environment. In: *Handbook of Environmental Economics*, Vol. 1., Elsevier Science.
- KHAZZOOM, J.D., 1980. Economic implications of mandated efficiency in standards for household appliances, *Energy Journal*, 1: 21-40.
- LAVECCHIA, L., C. STAGNARO, 2010. *Are Green Jobs Real Jobs? The Case of Italy*. Istituto Bruno Leoni, Milano.
- MEISTER, U., 2010. *Energiesicherheit ohne Autarkie. Die Schweiz im globalen Kontext*. Avenir Suisse. Verlag Neue Zürcher Zeitung.
- MOTION 11.3257, 2011: Aus der Atomenergie aussteigen.
- MOTION 11.3426, 2011: Keine neuen Rahmenbewilligungen für den Bau von Atomkraftwerken.
- MOTION 11.3436, 2011: Schrittweiser Ausstieg aus der Atomenergie.

- NEWELL, R.G., A. JAFFE, R. STAVINS, 1999. The Induced Innovation Hypothesis and Energy-Saving Technological Change. *The Quarterly Journal of Economics*, 114:941-975.
- NORBERG-BOHM, V., 2000. Creating Incentives for Environmentally Enhancing Technological Change. *Technological Forecasting and Social Change*, 65: 125-148.
- NOVATLANTIS, 2010. Leichter leben – Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Energiezukunft – am Beispiel der 2000-Watt-Gesellschaft.
- O’SULLIVAN, K., D. EDLER, K. VAN MARK, T. NIEDER, U. LEHR, 2011. Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland im Jahr 2010. Eine erste Abschätzung. Forschungsvorhaben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. PALMER, K., W.E. OATES, P.R. PORTNEY, 1995. Tightening Environmental Standards: The Benefit-Cost or the No-Cost Paradigm? *Journal of Economic Perspectives*, 9:119-132.
- POPP, D., 2001. The Effect of New Technology on Energy Consumption. *Resource and Energy Economics*, 23(4): 215-239.
- POPP, D., 2002. Induced Innovation and Energy Prices. *American Economic Review*, 92(1): 339-349.
- PORTER, M.E., C. VAN DER LINDE, 1995. Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *Journal of Economic Perspectives*, 9:97-118.
- RIEDER, S., D. WALKER, 2009. Wirksamkeit von Instrumenten zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Förderung erneuerbarer Energien. Studie im Auftrag des Energie Dialog Schweiz und des Bundesamtes für Energie, Bern.
- ROMER, P.M., 1990. Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 98: 1990.
- SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN, 2002. Umweltgutachten 2002 – Für eine neue Vorreiterrolle. Drucksache 14/8792. Deutscher Bundestag.
- SAUNDERS, H.D., 1992. The Khazzoom-Brookes Postulate and Neoclassical Growth. *The Energy Journal*, 13(4)131.
- SCHUMPETER, J., 1942. *Capitalism, Socialism and Democracy*. Harper, New York.
- SECO, 2011. Jahresaggregate des Bruttoinlandproduktes, Verwendungsansatz, Staatssekretariat für Wirtschaft, Bern.
- SIMMONS-SÜER, B., E. ATUKEREN, C. BUSCH, 2011. Elastizitäten und Substitutionsmöglichkeiten der Elektrizitätsnachfrage – Literaturübersicht mit besonderem Fokus auf den Schweizer Strommarkt. KOF-Studien Nr. 26, Mai 2011.

- SIMON, H.A., 1947. *Administrative Behavior: A Study of Decision-Making Processes in Administrative Organization*. Macmillan Co., New York.
- SINN, H.-W., 2009. *Das grüne Paradoxon – Plädoyer für eine illusionsfreie Klimapolitik*. Econ, Berlin.
- SOLOW, R.M., 1956. A Contribution to the Theory of Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*, 70 (1): 65-94.
- SOLOW, R.M., 1957. Technical Change and the Aggregate Production Function. *Review of Economics and Statistics*, 39:312-320.
- SORRELL, S., 2007. Graphical Illustrations of Rebound Effects. UKERC Review of Evidence for the Rebound Effect. Supplementary Note.
- SORRELL, S., J. DIMITROPOULOS, M. SUMMERVILLE., 2009. Empirical Estimates of the Direct Rebound Effect: A Review. *Energy Policy*, 37: 1356-1371.
- ZWEIFEL, P., M. FILIPPINI, S. BONOMO, 1997. *Elektrizitätstarife und Stromverbrauch im Haushalt*, Berlin: Pysica/Springer, 1997.

*Über die Autoren:*

Silvio Borner, Prof. em. Dr. rer. pol.

Beirat, [silvio.borner@iwsb.ch](mailto:silvio.borner@iwsb.ch)

Silvio Borner ist Beirat des Instituts für Wirtschaftsstudien Basel. Zudem war er bis Ende Juli 2009 Dekan des Wirtschaftswissenschaftlichen Zentrums der Universität Basel. Er ist emeritierter Professor für Wirtschaft und Politik an der Universität Basel und Direktor der WWZ Summer School for Law and Economics/Business and Politics. Silvio Borner ist Verfasser vieler Bücher sowie Artikel in der Tages- und Wochenpresse.

Dominik Hauri, lic. rer. pol.

Senior Economist, [dominik.hauri@iwsb.ch](mailto:dominik.hauri@iwsb.ch)

Dominik Hauri ist Senior Economist des Instituts für Wirtschaftsstudien und hat an verschiedenen Studien federführend mitgearbeitet. Er war mehrere Jahre Lehr- und Forschungsassistent am Wirtschaftswissenschaftlichen Zentrum der Universität Basel. Dominik Hauri studierte Ökonomie an der Universität Basel mit Schwerpunkt Volkswirtschaft.

Patrick Koch, Dr. rer. pol.

Senior Economist, [patrick.koch@iwsb.ch](mailto:patrick.koch@iwsb.ch)

Patrick Koch ist Senior Economist des Instituts für Wirtschaftsstudien. Er arbeitet seit sieben Jahren in der ökonomischen Beratung. Patrick Koch hat an den Universitäten Freiburg und Konstanz studiert und an der Universität Basel promoviert. Er hat sich vor allem mit Fragen zur Umwelt-, Energie- und Verkehrsökonomie auseinandergesetzt.

Lukas Mohler, Dr. rer. pol.

Geschäftsführer, [lukas.mohler@iwsb.ch](mailto:lukas.mohler@iwsb.ch)

Lukas Mohler ist Geschäftsführer des Instituts für Wirtschaftsstudien Basel. Zuvor war er langjähriger Projektmitarbeiter des Instituts und hat an zahlreichen Studien federführend mitgearbeitet, so unter anderem an verschiedenen Studien zu energieökonomischen Fragen. Lukas Mohler ist zudem wissenschaftlicher Mitarbeiter am Wirtschaftswissenschaftlichen Zentrum der Universität Basel und hat an der Abteilung Aussenwirtschaft und Europäische Integration promoviert.

Markus Saurer, lic. rer. pol.

Experte für Wettbewerbs- und Regulierungsökonomie, [markus.saurer@industrioeconomie.ch](mailto:markus.saurer@industrioeconomie.ch)

Markus Saurer ist Experte für Wettbewerbs- und Regulierungsökonomie. Er ist selbständiger ökonomischer Berater. Zuvor war Markus Saurer Mitglied der Geschäftsleitung der Plaut AG (Schweiz) und Gründer von Plaut Economics (heute Polynomics AG), Vizedirektor und Mitglied der Geschäftsleitung im Sekretariat der Wettbewerbskommission, Leiter Volkswirtschaft und Berater des Präsidenten der ehemaligen PTT sowie stellvertretender Sektionschef Planung im Bundesamt für Verkehr.



**INSTITUT FÜR  
WIRTSCHAFTSSTUDIEN  
BASEL**

**IWSB**

**Institut für Wirtschaftsstudien  
Basel AG**

Steinenvorstadt 79

CH-4051 Basel

[www.iwsb.ch](http://www.iwsb.ch)