

Schweizer Energie- und Stromstudien im Vergleich

Kurzfassung
31. Januar 2013

Einführung & Relevanz

Wohl kaum ein anderes Thema hat in den vergangenen zwei Jahren den politischen Diskurs so stark geprägt wie die Energiewende. Dies erstaunt wenig, geht es um die fundamentale Umgestaltung unseres heutigen Energiesystems. Bereits im Vorfeld wurden neben den Energieperspektiven des Bundes in den letzten Jahren verschiedene Szenarien zur Angebots- und Nachfrageentwicklung von Energie und Strom erarbeitet.¹ Der Entscheidung von Bundesrat und Parlament aus der Kernenergie auszusteigen hat indes zu einer Reihe weiterer, im Lichte der Energiewende publizierter Studien geführt. Jetzt, da es um die Umsetzung der Neuausrichtung unserer Energiepolitik geht, zeigen diese Studien unterschiedliche Szenarien für die künftige Entwicklung von Energie- und Stromverbrauch, insbesondere aber auch Optionen für die Gestaltung unseres zukünftigen Energiesystems auf. Der Gestaltungsraum der sich durch den Ausstieg aus der Kernenergie und einer markanten Reduktion der fossilen Energien ergibt wird allerdings teilweise sehr unterschiedlich aufgefasst: während einige Szenarien den Einstieg in ein Energiezeitalter mit Fokus auf Energieeffizienz, Erneuerbare Energien, intelligente Netze und Speicherung aufzeigen und in diesem wirtschaftliche Chancen sehen, befürchten andere der Ausstieg aus der Atomenergie werde den Einstieg in die fossile Stromproduktion mit sich bringen und die Versorgungssicherheit wie auch die Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft bedrohen.

Mit der vorliegenden Gegenüberstellung der existierenden Studien im Auftrag des Wirtschaftsverbands swisscleantech, werden einerseits Kennzahlen der Cleantech Energiestrategie anderen Szenarien gegenübergestellt. Andererseits soll dadurch eine Übersicht über das in den diversen Studien vorhandene Know-how entstehen, damit dieses für die Erarbeitung der Schweizer Energiestrategie verwendet werden kann. Schliesslich wird durch eine Gegenüberstellung der einzelnen Studien auch ein besseres gegenseitiges Verständnis für die Überlegungen, die hinter einer politisch geäusserten Positionierung stecken, gefördert.

¹ Siehe z.B. VSE (2006). Vorschau 2006 auf die Elektrizitätsversorgung der Schweiz im Zeitraum bis 2035/2050 oder Sturm, A., et al. (2006). Energieperspektive 2050 der Umweltorganisationen sowie Xpo (2005) Strom für heute und morgen: Studie Stromperspektiven 2020.

Vorgehen & inhaltliche Abgrenzung

Nachfolgend werden 13 Energie- und Stromstudien, die nach dem Bundesratsentscheid vom 25. Mai 2011 aus der Kernenergie auszusteigen publiziert wurden, einander gegenüber gestellt. Wie sich zeigt, sind die Szenarien und Studien nur in Teilbereichen miteinander vergleichbar: zu ersten unterscheiden sie sich hinsichtlich des methodologischen Vorgehens. So finden sich neben Studien, die das ganze Energiesystem mit Zahlenmodellen beschreiben (Prognos, ETH Zürich, swisscleantech), solche, die dies nur in Teilbereichen, wie z.B. dem Strom anstreben (VSE, Grüne) und solche die Analysen rein auf der Meta Ebene durchführen (economiesuisse). Auf Grund des Umfangs und der Ausarbeitungstiefe und den nicht vollständig identischen Systemgrenzen ergaben sich gewisse offene Fragen, die im Moment noch geklärt werden. Insgesamt konnten aber stabile Aussagen erarbeitet werden, die die verschiedenen Studien zu einander in Beziehung bringen.

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine Kurzfassung einer grösseren Studie, die in Arbeit ist, wobei insbesondere auf Unterschiede in den Kennzahlen zu Energie- und Stromverbrauch, Stromerzeugung sowie Unterschiede zur CO²-Entwicklung und Kostenberechnungen eingegangen wird.

Eine grössere Kontroverse zeichnet sich bei der Umsetzung und den konkreten Massnahmen ab. Diese werden in einem Schlussbericht dargestellt, der Ende Q1 2013 zur Verfügung stehen wird.

Zur Erarbeitung der Gegenüberstellung wurde eine Literaturanalyse vorgenommen und das Gespräch mit den Autoren der einzelnen Studien gesucht. Den hier aufgeführten Studien-Autoren wurde die Möglichkeit eingeräumt nicht publizierte Daten aus ihren Berechnungen für die Gegenüberstellung als Ergänzung zur Verfügung zu stellen. Die verwendeten Daten stammen somit entweder direkt aus den Studien oder beruhen auf Angaben der Autoren. Wir bitten an dieser Stelle um Verständnis, falls im Folgenden Angaben nicht vollständig aufgeführt oder nicht korrekt interpretiert sind – wir sind gerne bereit, weitere Informationen und Studien aufzunehmen und die vorliegende Arbeit laufend zu aktualisieren. Für solches oder anderweitiges Feedback stehen die Studienautoren zur Verfügung.

Wichtigste Erkenntnisse

1. Studienvielfalt

Es existiert eine Vielzahl an publizierter Studien zur Energiewende, die Zahl der durch Modellgestützte Berechnungen unterlegten, beschränkt sich allerdings auf wenige.

2. Gesamtenergiekonsum kann halbiert werden, doch der Stromverbrauch könnte steigen

Gerade zum Stromverbrauch gibt es sehr unterschiedliche Einschätzungen. Entscheidend ist hier die erwartete Durchsetzungsfähigkeit von Sanierungsmassnahmen im Gebäudebereich sowie neuen Technologien wie Wärmepumpen und Elektromobilität als Ersatz von fossilen Anwendungen, dem Wachstum der Erneuerbaren Energien und der Zielvorgabe bezüglich CO₂-Ausstoss. Ausserdem gibt es unterschiedliche Einschätzungen zur Geschwindigkeit mit der effiziente Ersatztechnologien den Markt erobern. Beide Entwicklungen hängen wiederum stark von den erwarteten Preisentwicklungen sowohl dieser Technologien wie auch dem Energiepreis zusammen und sind auch eine Funktion der regulatorischen Rahmenbedingungen. Zwei der drei modellgestützten Studien gehen deshalb von einem steigenden Stromverbrauch aus.

3. Strommix

Grundsätzlich lassen sich zwei grosse Tendenzen unterscheiden: zu einem kann eine erneuerbare Energieversorgung über einen deutlichen Ausbau der Photovoltaik erreicht werden oder aber der Weg zur Energiewende wird über die Erhöhung der Stromimporte erfolgen. Wer beides nur in bescheidenem Ausmass zulässt muss auf fossile Stromerzeugungsquellen setzen. Wie hoch die Anteile an Photovoltaik, Importen und GuD im Strommix ausfallen, wird unter anderem davon bestimmt, wie die einzelnen Akteure die Klimaziele und den Grad der Eigenversorgung gewichten und wie sie die Machbarkeit einer Stromversorgung einschätzen, welche wesentlich durch eine stochastische Stromerzeugung geprägt ist.

4. Auf Kosten des Klimas?

Ausser dasjenige von swisscleantech hält keines der untersuchten Szenarien das für die Einhaltung einer auf 2-Grad beschränkten benötigte Ziel von 1 Tonne CO_{2eq} pro Kopf bis 2050 ein. Auch im Szenario Neue Energiepolitik des Bundes resultieren deutlich höhere CO_{2eq}-Emissionen. Hinsichtlich der immer deutlicher werdenden Kosten der Klimaerwärmung, lässt dieses Manko aufhorchen. Vor allem, weil sowohl aus technologischer wie aus regulatorischer Sicht vielerlei Optionen bestehen, wie die Energiewende nicht auf Kosten des Klimas, sondern zu dessen Vorteil ausgestaltet werden kann.

5. Lohnt sich die Energiewende wirtschaftlich?

Auf technischer Ebene herrscht breiter Konsens: die Energiewende ist machbar. Kontrovers debattiert wird die Frage, ob sie zu Mehrkosten führt oder gar Nutzen bringt. Der Studienvergleich zeigt, dass die Mehrkosten einer Energiewende, je nach Referenzszenario, CHF 50–100 Mia. bis 2050 betragen. Dies sind ca. CHF 2 Mia. pro Jahr über 40 Jahre. Diese „netto Kosten“ schliessen gewichtige Zusatzeffekte der Energiewende aber noch aus. Dazu gehören die Schaffung von Arbeitsplätzen, verminderte Risiken (nukleare Risiken, Risiken des Klimawandels, Abhängigkeit vom Ausland), tiefere Gesundheitskosten sowie Know-how- Innovations- und Positionierungs-Vorteile. Werden gewisse dieser Faktoren mittels Gleichgewichtsmodelle einbezogen ergibt sich, je nach Modell und Annahmen, ein leichter Wohlstandsverlust oder sogar ein leichter Wohlstandsgewinn. Werden weitere Zusatzeffekte einbezogen, wird klar, dass sich die Energiewende volkswirtschaftlich lohnt. Ein BIP Wachstumseffekt von -0.5 % bis +2 % stellt eine realistische Bandbreite dar.

2 Neben CO₂ gibt es weitere anthropogene Treibhausgase, wie beispielsweise Lachgas oder Methan die zur globalen Klimaerwärmung beitragen. Um unterschiedliche Treibhausgase auf Grundlage ihrer Klimawirksamkeit vergleichen zu können, werden Mengen von anderen Treibhausgasen in CO₂-Äquivalente (CO_{2eq}) umgerechnet, d.h. bestimmte Mengen eines spezifischen Treibhausgases wie Methan werden in CO₂ Mengen mit gleicher Treibhauswirksamkeit umgewandelt. CO_{2eq} ist auch die einheitliche und offizielle Masseinheit in den internationalen Treibhausgas-Bilanzierungskonventionen.

Inhaltsverzeichnis

1. Die Studien in der Übersicht	6
1.1. Gesamtenergieszenarien/-studien	6
1.2. Stromszenarien	8
1.3. Gutachten	8
1.4. Aktionsprogramme	9
2. Verbrauch und Erzeugung	11
2.1. Energieverbrauch	11
2.2. Stromverbrauch	12
2.3. Stromerzeugung	13
2.4. CO ₂ -Entwicklung	15
3. Kosten- und Nutzenanalyse der Energiewende	18
3.1. Allgemeine Erkenntnisse	18
3.2. Berechnungsansätze	21
3.3. Gegenüberstellung der wichtigsten Resultate	24
3.3.1. <i>Infrastrukturkosten</i>	24
3.3.2. <i>Volkswirtschaftliche Nettokosten der Energiewende</i>	25
3.3.3. <i>Gesamtwirtschaftliche Auswirkungen</i>	27
3.4. Schlussfolgerungen Kosten- und Nutzenanalyse	28
3.5. Umsetzung	29
Studien- und Quellenverzeichnis	30

1. Die Studien in der Übersicht

Die verglichenen Studien weisen sowohl in methodologischer als auch inhaltlicher Hinsicht Unterschiede auf:

- **Methodologisch** gesehen erstreckt sich die Bandbreite der Studien von quantitativ, modellgestützten Szenarien über Gutachten zu bestehenden Szenarien bis hin zu Aktionsprogrammen und Forderungen.
- **Inhaltlich** betrachtet weisen die Studien thematische Unterschiede auf. So konzentrieren sich gewisse beispielsweise ausschliesslich auf die Strom-Thematik.
- Schliesslich variieren auch **Umfang und Ausarbeitungstiefe** der Studien erheblich.

Eine ungefähre Gliederung kann wie folgt vorgenommen werden:

1.1. Gesamtenergieszenarien/-studien

Von den im Rahmen der Energiestrategie 2050 erarbeiteten Szenarien des Bundes werden in dieser Gegenüberstellung folgende zwei betrachtet:

1. Das **massnahmenorientierte Szenario „Politische Massnahmen“ [POM]**, das die Auswirkungen des vom Bundesrat vorgeschlagenen Massnahmenpakets auf die Energienachfrage und das Stromangebot bis 2050 abbildet mit der **Stromangebotsvariante C&E (Fossil zentral & erneuerbar)**, die den Ausbaupfad der Erneuerbaren Energien verfolgt, die aber die restliche Bedarfsdifferenz mit inländischen Gaskombikraftwerken zu decken gedenkt.³
2. Das **Zielszenario „Neue Energiepolitik“ [NEP]**, das einen möglichen Entwicklungspfad für Energieverbrauch und Stromproduktion bis ins Jahr 2050 aufzeigt, der es ermöglicht die CO₂-Emissionen bis 2050 auf 1–1.5 Tonnen pro Kopf zu senken, mit **der Stromangebotsvariante E (Erneuerbare Energien)**, die vorsieht die „Stromlücke“ durch den Ausbau der Erneuerbaren Energien und einen Restbedarf durch Importe zu decken.

Beide Szenarien stützen sich auf Arbeiten von Prognos, Infrac, Ecoplan & Econcept. Sie sind Modellgestützt und weisen Kennzahlen zur Gesamtenergie – und nicht nur Strom – auf. Sie stützen sich jeweils auf ein Massnahmenpaket (POM) respektive Rahmenstrategie (NEP) wobei für beide Szenarien die jeweiligen volkswirtschaftlichen Kosten und Auswirkungen sowie Infrastrukturkosten, die mit dem szenariospezifischen Umbau des Kraftwerkparks verbunden sind berechnet wurden.

Die **Cleantech Energiestrategie** von **swisscleantech** ist eine Modellgestützte Gesamtenergiestrategie, die einen technisch machbaren und wirtschaftlich attraktiven Weg für den geordneten Ausstieg aus den nuklearen und fossilen Energieträgern, sowie den Einstieg in ein neues Energiezeitalter mit Fokus auf Energieeffizienz, Erneuerbare Energien, intelligente Netze und Speicherung aufzeigt. Die Cleantech Energiestrategie orientiert sich an klaren Zielvorgaben bis 2050,⁴ wendet den Vollkostenansatz auf alle Energieformen an und sieht eine umfassende ökologische Steuerreform vor, die ab 2021 die notwendigen Förderinstrumente ablösen soll. Die Cleantech Energiestrategie ist in einem Stakeholder-Dialog entstanden und beruht auf dem Wissen von thematischen Fokusgruppen des Wirtschaftsverbands. In ihrer Erarbeitung wurden ausgewählte Drittparteien (z.B. ETH Zürich, Ernst&Young) zu Teilaspekten und Kontrollfunktionen einbezogen. Die Cleantech Energiestrategie rückt die „wirtschaftlichen Chancen für die Schweiz“⁵ ins Zentrum. Diese Sicht ist Branchen-übergreifend und nimmt die Anforderung an eine Grüne Wirtschaft auf. Es werden Kennzahlen zu Technologie und Kosten aller Energieformen die mit der Umsetzung des Szenarios verbunden sind ausgewiesen sowie ein Massnahmenpaket vorgeschlagen. In diversen Vertiefungsstudien zur Cleantech Energiestrategie wird zudem detailliert auf die antizipierten Entwicklungen in allgemein umstrittenen Fokusbereichen (z.B. Photovoltaik) eingegangen.

³ Wobei Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen (WKK) unter den heutigen Rahmenbedingungen autonom zugebaut werden wo es sich für Investoren lohnt.

⁴ Inklusiv dem 1 Tonnen Klimaziel bis 2050

⁵ swisscleantech, 2012, S. 9

Die Studie **Energiezukunft Schweiz** der **ETH Zürich** ist ebenfalls ein Gesamtenergiestudie im Rahmen derer Optionen für die Gestaltung eines nachhaltigen Energiesystems für die Schweiz bis 2050 untersucht wurden – dies unter Einhaltung der Klimaziele⁶ und im Angesicht des von Bundesrat und Parlament beschlossene schrittweisen Ausstiegs aus der Kernenergie bei gleichzeitiger Gewährleistung der Energieversorgungssicherheit. Die Studie zeigt auf, dass die „Transformation des Energiesystems im Grundsatz technologisch machbar und wirtschaftlich verkraftbar ist“.⁷ Bedingung dafür sind langfristig ausgelegte und föderalistisch koordinierte energiepolitische und marktwirtschaftliche Massnahmen die auf Kostenwahrheit und Einbezug sämtlicher Externalitäten beruhen (neben forschungsbedingten Technologieverbesserungen). Die Studie ist Modellgestützt mit Kennzahlen zu Strom und andere Energieformen, zudem werden die volkswirtschaftlichen Auswirkungen ausgewiesen.

Ebenfalls um eine Gesamtenergiestrategie handelt es sich bei der **Energiestrategie 2050** der **Grünen Partei Schweiz (GPS)**, im Rahmen derer zwei Szenarien zum Atomausstieg bei gleichzeitiger Reduktion der CO₂-Emissionen auf 1 Tonne pro Kopf bis 2050 entwickelt wurden. Das eine Szenario (Energie-Reform) basiert auf technologischen Anpassungen und das andere (Kurs-Wechsel), sowohl auf technologischen Anpassungen als auch auf einer grundlegenden Veränderung, d.h. Absenkung der Nachfrage.⁸ Der Schwerpunkt der Studie wird auf Elektrizität gelegt, wobei sich die ausgewiesenen Energie-Kennzahlen auf die ETH Zürich und swisscleantech stützen. Die mit der Energiewende verbundenen Kosten werden grob geschätzt und eine detaillierte Stellungnahme inklusive Ergänzungen zum Massnahmenpaket des Bundesrates vorgelegt.

⁶ 1 Tonne CO₂ pro Kopf bis spätestens 2100

⁷ ETH Zürich (2011), S. 43

⁸ GPS (2012), S. 6

1.2. Stromszenarien

In der Studie **Wege in die neue Stromzukunft** des **Verbands der Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE)** werden für drei mögliche gesellschafts-politische Rahmenentwicklungen die entsprechenden Wege in die Stromzukunft beschrieben, wobei allen Szenarien die Annahme des Atomausstiegs zugrunde gelegt wird. Dabei unterscheiden sich die drei Szenarien hinsichtlich der Höhe der energie- und umweltpolitischen Ziele und den damit verbundenen Entwicklung der Elektrizitätsnachfrage, den Ausbau der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien sowie der sich ergebenden Notwendigkeit für den Netzausbau, der Stromproduktion aus fossilen Energieträgern und Importen.

Die **Umweltallianz (UA)** zeigt mit dem **Strommix 100 Prozent einheimisch, erneuerbar, effizient** ein Szenario mit einem 100 % auf erneuerbare Stromversorgung gestützten Mix im Jahr **2035** auf. Dabei werden Potentiale der einzelnen Stromerzeugungstechnologien sowie Stromeffizienzpotentiale in spezifischen Bereichen diskutiert. Zudem werden die mit der Umsetzung des Szenarios verbundenen Investitionskosten in erneuerbare Energien und Stromeffizienzmassnahmen sowie Nettokosten ausgewiesen.

1.3. Gutachten

In der Studie **Zukunft Stromversorgung Schweiz** stellen die **Akademien der Wissenschaften Schweiz (AWS)** mögliche mittel- und langfristige Entwicklungen anhand aktueller Forschungserkenntnisse dar, die Einfluss auf die Gestaltung einer nachhaltigen Stromversorgung haben. Insbesondere werden Faktoren, die die Stromnachfrage in den nächsten Jahrzehnten beeinflussen werden sowie verfügbare Technologien zur Stromproduktion und ihre Perspektiven diskutiert. Die AWS haben auf eigene Forschungsarbeiten verzichtet, haben aber gestützt auf die untersuchten Forschungsarbeiten eigene Schätzungen zur Entwicklung des Stromverbrauchs vorgenommen und geben Empfehlungen ab, die es beim Beschreiten eines Pfades hin zu einer nachhaltigen Stromversorgung zu berücksichtigen gilt.

Das **Institut für Wirtschaftsstudien Basel AG (IWSB)** hat zwei Gutachten zur Energiestrategie 2050⁹ des Bundesrates erstellt, wobei in einem der Gutachten die Auswirkungen eben dieser auf den Energiemix, die Versorgungssicherheit sowie die Energiekosten der Wirtschaft und im anderen die volkswirtschaftlichen Auswirkungen der Energiestrategie 2050 untersucht wurden. In den Gutachten diskutiert das IWSB nach eigenen Angaben „Schwachstellen der bestehenden Szenarien“ um aufzuzeigen, dass „der Weg der Energiestrategie steiniger als angenommen werden könnte und auch zusätzliche ökonomische Risiken eingegangen werden“.¹⁰ Eigene Szenarien wurden nicht entwickelt, aber ergänzenden Berechnungen zu den bestehenden Szenarien durchgeführt. Gestützt auf dies wurden im ersten Gutachten zwei Alternativszenarien abgeleitet. Das erste Gutachten wurde im Auftrag von **economiesuisse**, das zweite im Auftrag von **swisselectric** erstellt.

Das **Avenir Spezial** zur Energie von **Avenir Suisse** enthält eine Reihe von Texten mit Analysen zu Energiewende-relevanten Themen. Es werden keine Kennzahlen zu Energie und Strom (Technologieutralität) ausgewiesen, der Schwerpunkt wird darauf gelegt Vorteile, insbesondere aber auch Risiken und Nachteile (Opportunitätskosten) die mit dem Ausstieg aus der Atomkraft verbunden sind aufzuzeigen.¹¹ Zu Kosten werden keine Berechnungen vorgelegt, auch kein spezifisches Massnahmenpaket empfohlen, allerdings setzt sich Avenir Suisse stark für die Liberalisierung des Strommarktes ein und spricht sich gegen die Subventionierung (jeglicher Art) von Energietechnologien aus (Lenkung über den Preis).

⁹ Gestützt auf folgendes Dokument: Grundlagen für die Energiestrategie des Bundesrates; Frühjahr 2011, Bundesamt für Energie

¹⁰ Email-Konversation IWSB, 10. Januar 2013

¹¹ Avenir Suisse (2012), vlg. S. 5 und S. 8

1.4. Aktionsprogramme

Mit dem **9-Punkte Programm** stellt die **CVP Schweiz** konkrete Forderungen, die dazu beitragen sollen langfristige Perspektiven und Planung bei der Umsetzung und Stärkung der Energiewende vor Ort zu ermöglichen.¹² Diese Forderungen beziehen sich u.a. auf die Bereiche Ausbau von erneuerbaren Energien und Netzen, Energieeinsparungen sowie Verfahrensfragen. Es handelt sich um ein Massnahmen-orientiertes Programm das die Energiestrategie 2050 des Bundesrats stützt.

Der **Masterplan 2050** der **Swisspower Stadtwerke** ist ein Bekenntnis zur Notwendigkeit und Machbarkeit einer langfristig ausgerichteten nachhaltigen Energieversorgung,¹³ wobei die bundesrätliche Energiestrategie 2050 als Grundlage des Masterplans dient. Konkret werden Ziele und Handlungsfelder beschrieben sowie Massnahmen für die Swisspower Stadtwerke abgeleitet. Der Masterplan ist nicht Modellgestützt und weist auch keine Kostenangaben aus.

Mit dem **10-Punkte-Programm der Wirtschaft für eine erneuerbare und effiziente Stromversorgung bis 2030** führt die **Agentur für Erneuerbare Energien und Energieeffizienz (AEE)** zentrale Eckpunkte für den Umstieg auf eine nachhaltige, sichere und zahlbare Energie- und insbesondere Stromversorgung bei vollständigem Ausstieg aus der Atomkraft ohne Gefährdung der Versorgungssicherheit und der Klimaziele bis 2030 auf.¹⁴ Das 10-Punkte-Programm ist nicht Modellgestützt.

Eine ausführlichere Erläuterung zu den einzelnen Studien wird im Schlussbericht vorgelegt. Nachfolgend werden die Studien in einer Übersichtstabelle zusammengefasst.

¹² CVP Schweiz (2012), S. 1 ff.


¹³ Swisspower (2012), S. 6


¹⁴ AEE (2011), S. 5 ff.

Tabelle 1: Übersichtstabelle

Übersichtstabelle	Autoren	Modellgestützt	Kennzahlen Energie	Kennzahlen Strom	Massnahmen	Kostenberechnungen	CO ₂ -Berechnungen
Energiestrategie 2050	Bund	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Cleantech Energiestrategie	swisscleantech	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Energiezukunft Schweiz	ETH Zürich	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja
Energiestrategie 2050 der Grünen	Grüne Partei Schweiz	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein
Wege in die neue Stromzukunft	VSE	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja
Zukunft Stromversorgung	Akademien der Wissenschaften	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein
Strommix 2035 – 100 Prozent einheimisch, erneuerbar, effizient	Umweltallianz	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein
Die Energiestrategie des Bundesrates: Auswirkungen auf Energiemix, Versorgungssicherheit & Energiekosten der Wirtschaft	IWSB im Auftrag von economiesuisse	Nein	Ja	Ja	Nein	Ja	Nein
Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Energiestrategie 2050 des Bundesrates	IWSB im Auftrag von swisselectric	Nein	Ja	Ja	Nein	Ja	Nein
10-Punkteprogramm der Wirtschaft für eine erneuerbare und effiziente Stromversorgung bis 2030	AEE	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein
„Die Energiewende vor Ort ist im Gang“ 9-Punkteprogramm	CVP Schweiz	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein
Masterplan 2050	Swisspower	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja
Energie – Avenir Spezial	Avenir Suisse	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein

 Eigene Berechnungen, Kennzahlen und Massnahmenlisten liegen vor

 Kennzahlen vorhanden, allerdings gestützt auf externe Daten

 Eigene Berechnungen, Kennzahlen und Massnahmenlisten liegen nicht vor

2. Verbrauch und Erzeugung

2.1. Energieverbrauch

Prognosen zum Energieverbrauch sind in sechs Szenarien auffindbar. Dabei stützen sich die Daten der Grünen Partei Schweiz, wie bereits dargelegt, auf die ETH Zürich und swisscleantech. Bei den Energie- und Stromwerten des IWSB handelt es sich um ergänzende Berechnungen zur Energiestrategie 2050 des Bundes.

Alle Szenarien prognostizieren einen deutlichen Rückgang des Anteils fossiler Energien am Gesamtenergieverbrauch. Zudem zeigt die grosse Mehr-

zahl der Szenarien, dass der Gesamtenergiekonsum bis 2050 bis auf ca. die Hälfte reduziert werden kann. Einzig die Szenarien des IWSB weisen eine Zunahme des Energieverbrauchs aus. Diese gehen entgegen der Mehrheit aller nationalen und internationalen Einschätzungen davon aus, dass trotz technologischem Fortschritt der Energiekonsum nicht vom Wirtschaftswachstum entkoppelt werden kann sondern weiter mit diesem wächst. Grössere Unterschiede zeigen sich beim Stromanteil am Gesamtenergieverbrauch.

Tabelle 2: Verbrauch Endenergie

Endenergie	2010 ¹⁵		2020		2035		2050	
	TWh	%	TWh	%	TWh	%	TWh	%
Szenario POM (Variante C&E)	233.6	100 %	212.9	100 %	177.6	100 %	157.1	100 %
Anteil Fossil	158	67.6 %	128.8	60.5 %	88.8	50 %	64.8	41.2 %
Anteil Strom	58.8	25 %	58.6	28 %	57.9	33 %	60.7	39 %
Szenario NEP (Variante E)	233.6	100 %	203.9	100 %	152.5	100 %	125.1	100 %
Anteil Fossil	158	68 %	115.8	57 %	61.6	41 %	33.8	27 %
Anteil Strom	58.8	25 %	58.4	29 %	55.1	36 %	53	42 %
swisscleantech	233.6	100 %	205.9	100 %	163.9	100 %	121.8	100 %
Anteil Fossil	158	67.6 %	120.5	58.5 %	63.3	38.7 %	19.4	15.9 %
Anteil Strom	60	25 %	66	32 %	72	44 %	75	62 %
ETH Zürich								
Anteil Fossil¹⁶	154		139		101		60	
Anteil Strom	59		65		70		74	
Grüne Partei Schweiz (Energie-Reform)	255	100 %					130	100 %
Anteil Fossil								
Anteil Strom	60	23.5 %					75	57.7 %
Grüne Partei Schweiz (Kurs-Wechsel)	255	100 %					110	100 %
Anteil Fossil								
Anteil Strom	60	23.5 %					60	54.5 %
IWSB Szenario Wachstum 1	226.1	100 %	235.3	100 %	247.8	100 %	261.7	100 %
Anteil Fossil	148.1	65 %	141.9	60 %	129.4	52 %	119.1	46 %
Anteil Strom	57.5	25 %	66.1	28 %	82.2	33 %	100.3	38 %
IWSB Szenario Wachstum 2	226.1	100 %	241.9	100 %	245.6	100 %	266.4	100 %
Anteil Fossil	148.1	65 %	141.9	41 %	113.3	46 %	94.2	35 %
Anteil Strom	57.5	25 %	72.8	30 %	100.6	41 %	138.9	52 %

¹⁵ Das Basisjahr der Berechnungen der IWSB Szenarien ist 2009

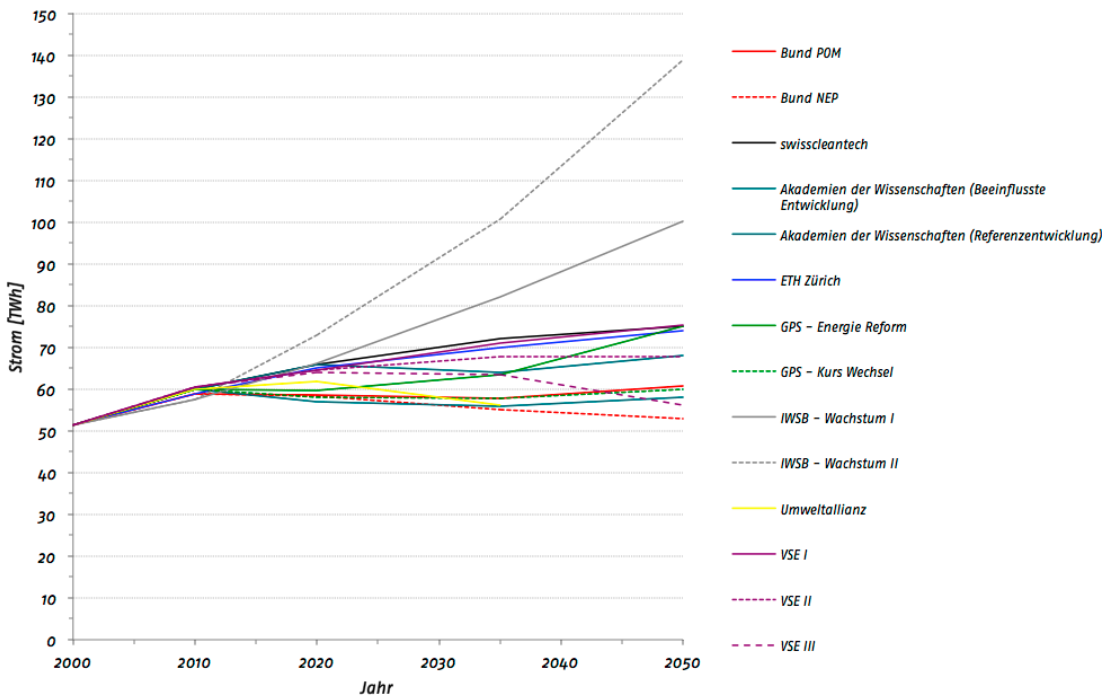
¹⁶ Bei der fossilen Endenergie sind bei den ETH-Zahlen jeweils 16 TWh für die internationale Luftfahrt dazu zu addieren. (Fossiler Bedarf angenommen konstant, allfälliges Wachstum biogen.)

2.2. Stromverbrauch

Ein Blick auf die Kurven des Stromverbrauchs zeigt, dass die meisten Analysen mit einer leichten Zunahme des Stromverbrauchs rechnen. Der Stromverbrauch wird von unterschiedlichen Faktoren bestimmt, wie beispielsweise der Bevölkerungsentwicklung, unterstellten technologischen Entwicklungen und Annahmen zur Effizienzsteigerung oder wirtschaftlichen Faktoren wie etwa der Strompreis- oder die BIP-Entwicklung. So sind Unterschiede, für den zu erwartenden Stromverbrauchswert im Jahr 2050 auf unterschiedliche Annahmen und Entwicklungen dieser Faktoren zurückzuführen. Die erwarteten Stromverbrauchswerte belaufen sich für das Jahr 2050 auf Werte in der Bandbreite zwischen 53 TWh (Szenario NEP des Bundes) sowie 75 TWh (Szenario

III des VSE), mit Extremwerten von 100 respektive 139 TWh für die IWSB Szenarien aus bereits ausgeführten Gründen. Da es ansonsten bezüglich Schätzungen zum Bevölkerungswachstum und BIP-Entwicklung nicht grosse Abweichungen gibt, sind insbesondere unterschiedliche Annahmen zur Durchsetzung der Effizienzmassnahmen und unterschiedliche Einschätzungen zur Geschwindigkeit mit der Technologien als Ersatz von fossilen Anwendungen den Markt erobern entscheidend. Beide Faktoren hängen wiederum stark mit den erwarteten Preisentwicklungen sowohl dieser Technologien als auch des Energiepreises zusammen und sind auch eine direkte Funktion der erwarteten regulatorischen Rahmenbedingungen.

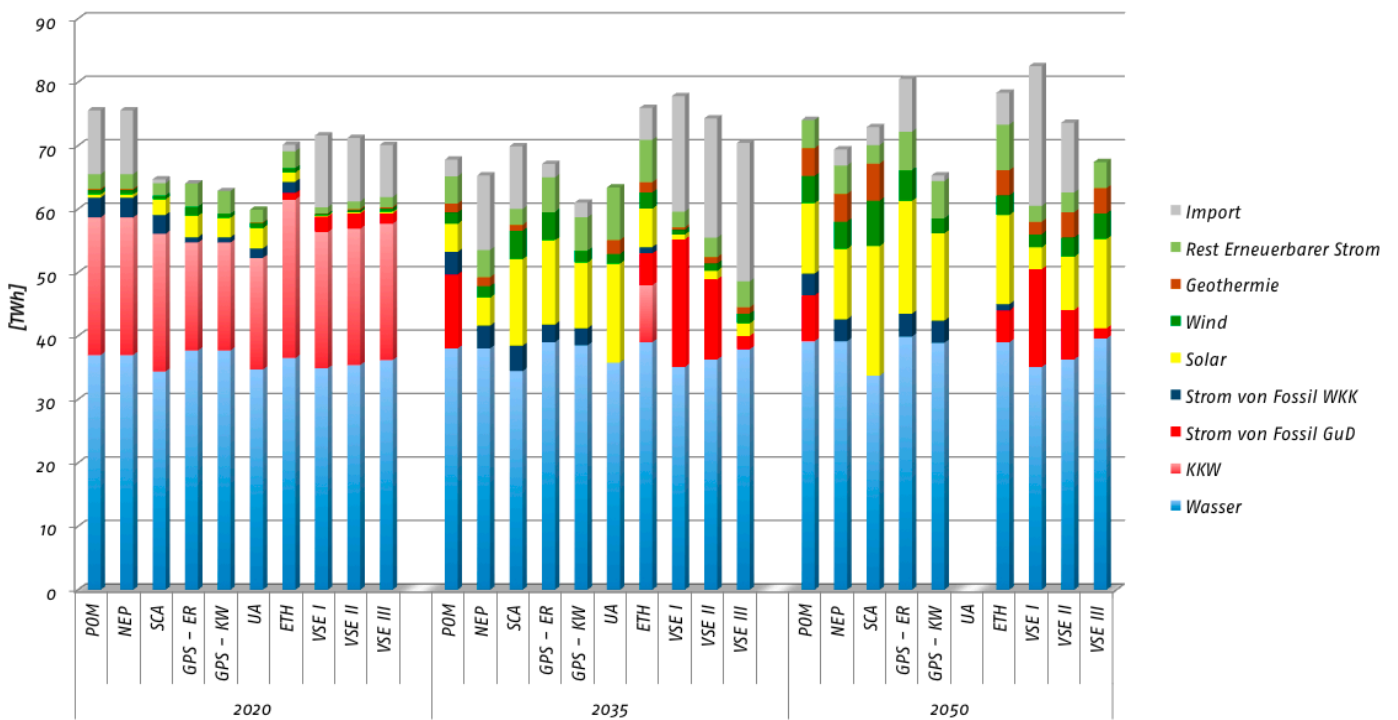
Abbildung 1: Szenarien Stromverbrauch



2.3. Stromerzeugung

Der Ausstieg aus der Atomkraft lässt Raum für Diskussion um Optionen zur Gestaltung unseres künftigen Stromportfolios. Die Szenarien zur Entwicklung der Stromerzeugung stützen sich jeweils auf Potential- und Kostenabschätzungen für die einzelnen Stromerzeugungstechnologien. Dabei können die einzelnen Berechnungsansätze variieren, die wichtigen Tendenzen jedoch klar identifiziert werden. Abbildung 2 zeigt, dass die Studien eine Vielfalt an Möglichkeiten präsentieren aber auch starke Gemeinsamkeiten ausweisen.

Abbildung 2: Szenarien Stromerzeugung



Aus dieser Vergleichsanalyse können einige wichtige Erkenntnisse festgehalten werden:

In allen Szenarien spielen die neuen Erneuerbaren Energien („neu“ im Verhältnis zur Wasserkraft) eine aufkommende Rolle: die meisten Studien prognostizieren einen klaren Ausbau dieser Erneuerbaren, allen voran der Photovoltaik und in einem kleineren Ausmass auch der Windenergie. Die Geschwindigkeit des Ausbaus variiert jedoch stark. Die Umweltallianz beispielsweise rechnet bereits 2035 mit einem erneuerbaren Strommix, swisscleantech erst im Jahr 2050.

Grundsätzlich lassen sich zwei grosse Tendenzen unterscheiden :

1. Zu einem wird eine erneuerbare Energieversorgung über einen deutlichen Ausbau der Photovoltaik erreicht. Dies zeigt beispielsweise das Szenario von swisscleantech oder das Energie-Reform-Szenario der Grünen auf.
2. Alternativ wird der Weg zur Energiewende über die Erhöhung der Stromimporte beschritten, wie dies die VSE-Szenarien aufzeigen. Dabei können wiederum grundsätzlich zwei Importstrategien verfolgt werden: es kann auf Grünstrom gesetzt werden – wie in den Szenarien der Grünen Partei vorgesehen – oder aber auf graue Importe wie z.B. im ersten VSE Szenario.

Wer erneuerbare Erzeugung und Import nur in bescheidenem Ausmass zulässt, setzt auf fossile Stromerzeugungsquellen – so beispielsweise das Szenario POM des Bundes, das bis 2050 mit 5 GuDs sowie fossilem WKK Strom von insgesamt 10 TWh rechnet. Wie hoch die Anteile an Photovoltaik, Importen und GuD im Strommix ausfallen, wird unter anderem davon bestimmt wie die einzelnen Akteure die Klimaziele und den Grad der Eigenversorgung gewichten und wie schnell sie glauben, dass unsere Stromversorgung in der Lage sein wird Wind und Photovoltaik optimal einzubinden und teilweise zu speichern. Ausserdem setzen die Studien ein paar markante Eckpunkte unterschiedlich, einige Beispiele werden unten aufgeführt:

1. Die ETH Zürich rechnet im Jahr 2035 noch mit Atomkraft – dies liegt daran, dass die ETH nicht wie die meisten Szenarien den Atomausstieg gemäss der Lebensdauer der Kernkraftwerke (gemäss Bund, 50 Jahre) sondern einen schrittweisen Ausstieg von 8TWh im Jahr 2020, von weiteren 8 TWh in 2030 sowie 9 TWh im Jahr 2040 unterstellt. Die Berechnungen von swisscleantech wie auch die anderer Organisationen basieren dabei auf den Annahmen des Bundes.
2. Die Grüne Partei Schweiz lässt die Geothermie in ihren Berechnungen aus, da sie lediglich von den heute vorhandenen Technologien ausgeht. Andere Szenarien, wie z.B. das von swisscleantech, rechnen ab ca. 2035 mit einer bescheidenen aber ansteigenden Rolle von Geothermie bezüglich Strom und Wärme.
3. Beim VSE werden GuD und WKK nicht separat ausgewiesen; WKK kommt zum Einsatz wo „volkswirtschaftlich sinnvoll“, wobei davon ausgegangen wird, dass das Schwergewicht auf dem Einsatz von GuDs liegen wird.¹⁷ Beim dritten VSE Szenario sind 2050 zudem keine Importe mehr vorgesehen.

2.4. CO₂-Entwicklung

Hier reichen die Werte weit auseinander. Diese Unterschiede korrelieren mit den Anforderungen, welche an die Klimapolitik gestellt werden. Dabei stellt der IPCC Bericht den Benchmark dar. Dort wird festgehalten, dass die Einhaltung des globalen 2 Grad Ziels die Senkung der pro Kopf Treibhausgasemissionen auf 1 Tonne CO_{2eq} bis 2050 bedingt.¹⁸

Die betrachteten Studien können in drei Kohorten eingeteilt werden:

1. Szenarien, die nicht anstreben ein 1 Tonnen Ziel bis 2050 zu erreichen
2. Szenarien, die ein 1 Tonnen Ziel nur bezüglich CO₂ aus der Energieerzeugung anstreben
3. Szenarien, die den Ausstoss aus der Energieerzeugung unter die 1 Tonne CO₂ pro Kopf reduzieren, damit der Ausstoss von Treibhausgasen insgesamt tiefer als 1 Tonne CO_{2eq}

Von den drei Zielen ist nur das erste mit den Forderungen des IPCC vereinbar.

Bei einer Gegenüberstellung von CO₂-Prognosen gilt es zudem folgende Punkte zu beachten:

- CO₂ Emissionen könne als Ziel oder Erfolgswerte gehandhabt werden: so sind zum Beispiel die CO₂-Angaben für das Szenario POM des Bundes die erwarteten Werte, die durch die Umsetzung des ersten Massnahmepakets resultieren. Bei den CO₂-Angaben für das Szenario NEP des Bundes hingegen handelt es sich um Zielwerte, deren Erreichung eine spezifische Rahmenstrategie voraussetzt. Gleiches gilt für das Szenario von swisscleantech, das spezifisch ein 1-Tonnen CO_{2eq} Ziel aufweist.
- Bilanzierungsansätze können sich ebenfalls unterscheiden und so z.B. gemäss internationalen Bilanzierungskonventionen oder nach Schweizer CO₂-Gesetz erfolgen, wobei insbesondere darauf zu achten ist, was die zitierten oder berechneten Werte alles an Emissionskomponenten enthalten. Diese können sich beispielsweise auf CO₂-Emissionen aus fossilen Brenn- und Treibstoffen der Nachfragesektoren, auf CO₂-Emissionen die aus dem fossilen Einsatz für die Stromerzeugung stammen oder gar auf CO₂-Äquivalente und somit auf Treibhausgase im Allgemeinen beziehen.
- Darüber hinaus muss jeweils beachtet werden, welches Jahr als Basisjahr für die Berechnung des prozentualen Absenkpfeils verwendet wird.

In Tabelle 3 werden CO₂-Werte der Studien, die quantitative Werte für die CO₂-Entwicklungen ausweisen zusammengefasst. Dies wird jeweils und wo vorhanden als Summe, pro Kopf sowie als prozentualer Absenkpfeil im Vergleich zum Jahr 2010 angegeben. Da die gewählten Systemgrenzen nicht vollständig klar und einheitlich sind, ist ein direkter Vergleich der Werte etwas erschwert, in der Grössenordnung können die Zahlen aber verglichen werden. Gegenüberstellen lassen sich die Szenarien des Bundes sowie der Cleantech Energiestrategie, wobei auch da Unterschiede in den Bilanzgrenzen herrschen: die Cleantech Energiestrategie berechnet nur die CO₂-Emissionen der fossilen Brenn- und Treibstoffe der Nachfragesektoren und den Einsatz von fossilen Brennstoffen für die Stromerzeugung explizit. Die Emittenten Kehrichtverbrennungsanlagen, Abfalleinsatz in der Industrie, und CO₂-Emissionen sonstiger Umwandlungssektoren sind relativ klein und werden den anderen Treibhausgasen zugeschlagen. Bei allen drei Szenarien wurden Raffinerie-Eigenverbräuche, Prozessemissionen sowie CO₂-Äquivalente aus Verkehr oder Verbrennung nicht berücksichtigt.

¹⁸ IPCC (2007)

Tabelle 3: Entwicklung CO₂-Emissionen

CO ₂ -Emissionen	2010			2020			2035			2050		
	Mio. t ¹⁹	Tonnen pro Kopf	% ²⁰	Mio. t	Tonnen pro Kopf	%	Mio. t	Tonnen pro Kopf	%	Mio. t	Tonnen pro Kopf	%
Szenario POM	41.5	5.3	100 %	34	4.04	-18 %	27.3	3.1	-34.2 %	19.6	2.2	-52.8 %
Szenario NEP	41.5	5.3	100 %	30.5	3.63	-26.5 %	16.4	1.8	-60.5 %	9.2	1.0	-77.8 %
swisscleantech	39.5	5.1	100 %	31.4	3.7	-20.5 %	16.8	2	-57.5 %	4.6	0.5	-88.3 %
ETH Zürich	40	5.1	100 %	32.8	3.9		24	2.7		14	1.6	
VSE I								7.8			6.1	
VSE II								5.3			3.5	
VSE II								1.7			1.4	
Swisspower						-25 %			-54 %			-75 %

Um die globalen Klimaziele einzuhalten muss in einem Land wie der Schweiz der CO_{2eq}-pro-Kopf Austoss bis 2050 auf 1 Tonne gesenkt werden. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die Summe aller Treibhausgase 1 Tonne CO₂ Äquivalente nicht überschreiten darf. D.h. neben den fossilen CO₂-Emissionen müssen z.B. auch der CO₂-Ausstoss des internationalen Flugverkehrs der Schweiz und technische und landwirtschaftliche Treibhausgase im 1 Tonnen Ziel berücksichtigt werden. swisscleantech geht deshalb davon aus, dass bezogen auf die von Bund/Prognos gewählte Bilanzgrenze nicht mehr als 0.5 Tonnen für fossile CO₂-Emissionen zur Verfügung stehen.

Tabelle 4 zeigt auf, dass ein 1 Tonnen CO₂ Ziel bis 2050 für Brenn- und Treibstoffe die Bedingungen für eine Eindämmung des Klimawandels verfehlt, sogar wenn die strengen, aber notwendigen Anforderungen einer 2/3 Reduktion der restlichen Treibhausgase unterstellt werden.

¹⁹ Die Ausgangswerte können sich wegen unterschiedlich gewählter Systemgrenzen unterscheiden.

²⁰ Prozentualer Absenkpfad im Vergleich zu Werten 2010

Tabelle 4: Treibhausgasemissionen

Auswirkungen eines 1-Tonnen CO₂ Ziels für Brenn- und Treibstoffe auf die Erfüllung eines CO₂ Ziels von 1 Tonne CO_{2eq} pro Kopf im Jahr 2050.

Emissionen Treibhausgase	2010	2050	2050
		Ziel: 1 Tonne CO₂ aus Brenn- und Treibstoffen	Ziel: Treibhausgase gesamt reduziert auf 1 Tonne CO_{2eq}
Brenn- und Treibstoffe t CO _{2eq}	5.1	1	0.5
Andere Treibhausgase t CO _{2eq}	1.4	0.5	0.5
Summe t CO _{2eq}	6.5	1.5	1

Ein Blick in Tabelle 3 wiederum zeigt, dass das 1 Tonnen Ziel somit lediglich in der Cleantech Energiestrategie erreicht wird. Hinzuzufügen ist allerdings, dass sich das Szenario POM des Bundesrates erst auf ein Massnahmenpaket bis 2020 stützt und sich mit Massnahmen für die zweite Etappe die CO₂-Werte weiter senken werden.

In vielen Studien wird allerdings qualitativ klar Stellung zu den Klimazielen genommen: im 9-Punkte-Programm der CVP sowie im Masterplan 2050 der Swisspower Stadtwerke werden 1 Tonne pro Kopf CO₂ Emissionen bis 2050 als übergeordnetes Ziel deklariert. Den Szenarien der Grünen, der ETH, der Cleantech Energiestrategie sowie dem NEP Szenario des Bundes wird das 1 Tonnen Ziel als Szenariozielvariable unterstellt – aber nur wie bereits ausgeführt selten auch in den Berechnungen erreicht. Dies liegt daran, dass die wichtige Unterscheidung bezüglich der Herkunft der Emissionen vernachlässigt wird, was dazu führt, dass die Ziele zu wenig ambitioniert sind und ein 1 Tonnen Ziel für alle Treibhausgase deutlich verfehlt wird.

In anderen Studien wiederum, wie etwa in den Gutachten des IWSB oder der Avenir Spezial Ausgabe zur Energie, wird die Klimathematik weitgehend ausgeklammert.

3. Kosten- & Nutzenanalyse der Energiewende

3.1. Allgemeine Erkenntnisse

Das Kosten-Nutzenverhältnis der Energiewende ist ausschlaggebend für den Umsetzungsentcheid. Ist es klar positiv oder neutral, wäre es im Sinne einer vorausschauenden Politik sinnvoll, sich zügig an die Umsetzung zu machen. Eine klar negative Bewertung würde zu Vorsicht mahnen.

Wie die derzeitige politische Debatte deutlich macht, bewegen sich die Kosten/Nutzen Einschätzungen in einer grossen Bandbreite. Interessant ist, dass diese politische Debatte, mit wenigen Ausnahmen, nicht die Resultate der aktuellen Studien reflektieren. Ein genauer Blick in diese Studien zeigt, dass die Ansätze zur Berechnung der volkswirtschaftlichen Auswirkungen sehr vielfältig sind, letztlich aber zu ähnlichen Einschätzungen kommen.

Neben eigentlichen Modell-Berechnungen existieren auch Kosten- und Rentabilitätsschätzungen²¹ sowie qualitative Gutachten²² ohne fundierte Kosten-/Nutzenanalysen. Die Berechnungen und Schätzungen weisen zudem einen unterschiedlichen Fokus und Unterschiede in der Methodik auf. Auch innerhalb einer Berechnungsmethodik wird unterschiedlich aufwendig modelliert und unterschiedliche Kosten- und Nutzenkomponenten einbezogen (d.h. unterschiedliche Systemgrenzen definiert indem andere direkte und/oder indirekte Auswirkungen einberechnet werden).

²¹ z.B. GPS (2012) und Avenir Suisse (2012)

²² IWSB (2012)

Ein direkter, quantitativer Vergleich der Kost- und Nutzenangaben der Studien ist daher nur bedingt möglich. Trotzdem lässt sich insgesamt ein besseres Bild gewinnen. Für eine Gegenüberstellung müssen insbesondere **fünf Aspekte** die sich grundlegend unterscheiden, und somit zu grossen Differenzen führen können, beachtet werden:

1. Energie- oder Stromwende

Die Berechnungen können sich auf den Ausstieg aus der Atomkraft oder aber auf den Ausstieg aus der Atomkraft und den Ausstieg aus fossilen Energieträgern beziehen, wobei das erstere eine „Stromwende“ und das zweite eine eigentliche „Energiewende“ darstellt. Nach der Ansicht des Autorenteam muss eine aussagekräftige Kosten- Nutzenanalyse, aus technischen wie auch wirtschaftlichen Gründen, alle Energieformen beinhalten.

2. Berechnungsmethodik

Grundsätzlich kann zwischen zwei Arten der Berechnungsmethodik unterschieden werden:

- **Bottom-up Berechnungen:** Diese bilden das Energiesystem sehr detailliert ab und können dementsprechend Kosten- und Nutzen auf einem hohen Disaggregationsniveau ausweisen. Die gesamtwirtschaftliche Ebene hingegen wird in diesen Modellen ausgeblendet, und Wohlfahrtseffekte können in der Regel nicht, oder nur schwer erfasst werden.
- **Top-down Berechnungen:** Bei diesen Berechnungsmodellen liegt der Fokus auf den makroökonomischen Effekten, auf den Wachstums- und Wohlfahrtswirkungen und auf dem Ausmass des antizipierten Strukturwandels.

3. Kostenart

Bei Vergleichen ist besonders darauf zu achten um welche Kostenart es sich beim ausgewiesenen Resultat handelt und welche Kostenkomponenten und Auswirkungen in den Endresultaten ausgewiesen bzw. ausgeschlossen werden. Der Einschluss oder das Weglassen direkter und indirekter Auswirkungen, Effizienzmassnahmen oder Netzkosten kann unter dem Strich zu sehr unterschiedlichen Kosten- /Nutzenresultaten führen.

Es sind grundsätzlich folgende Kostenarten zu unterscheiden:

- **Infrastrukturkosten:** Hierzu zählen Investitionskosten für den Um- und Ausbau des Kraftwerksparks und der Netze. Dabei gilt es zu unterscheiden, ob es sich um die ohnehin nötigen Investitionen in die bestehende Infrastruktur handelt (Instandhaltungs- und Erneuerungskosten) oder ob es um die Kosten des Zubaus geht, der speziell für die Umsetzung der Energiewende erforderlich ist.
- **Volkswirtschaftliche Nettokosten der Energiewende:**²³ Diese ergeben sich aus der Bilanz zwischen Investitionen in Effizienzmassnahmen²⁴ abzüglich Einsparungen von Energieimporten oder Erträge aus Stromverkäufen sowie Mehr- oder Minderkosten des Kraftwerkspark im Vergleich zu einem Referenzszenario.
- **Direkte gesamtwirtschaftliche**²⁵**Auswirkungen:** Hierbei handelt es sich um Wachstums-, Wohlfahrts- und Beschäftigungseffekte, jeweils im Vergleich zu einem Referenzszenario.
- **Indirekte gesamtwirtschaftliche Auswirkungen oder Sekundärnutzen:** Trotz teils nur schwer monetarisierbaren Werten und Herausforderungen bezüglich Systemgrenzen sind in einer vollständigen Kosten- Nutzenanalysen auch indirekte Auswirkungen zu berücksichtigen. Einzelne dieser Effekte sind in den Studien zum Teil auch nur summarisch berücksichtigt. Hier relevant scheinen insbesondere:
 - Risikokosten (Kernkraft, Klimawandel, Versorgungssicherheit, Transport- und Förderunfälle)
 - Verminderte Gesundheitskosten (durch reduzierten Schadstoffausstoss, weniger Unfälle dank erhöhtem öffentlichen Verkehrsanteil, verbesserte lokale Versorgungssicherheit durch dezentrale Energieversorgung- und Verteilung)
 - Geopolitische Positionierungs-Vorteile durch Themenführerschaft in wettbewerbsrelevanten Bereichen in der internationalen Zusammenarbeit (z.B. Klima- oder Handelsabkommen)
 - Marketing der Marke Schweiz als Cleantech Vorreiterin.

²³ auch direkte volkswirtschaftliche Kosten, Nettokosten oder nicht amortisierbare Kosten genannt

²⁴ über die Lebensdauer betrachtet

²⁵ Wobei hier der Ausdruck „gesamtwirtschaftlich“ auch soziale und ökologische Aspekte beinhalten kann

4. Vergleichsbasis

Aus volkswirtschaftlicher Sicht handelt es sich um die Mehrkosten oder den Mehrerlös einer neuen Energieversorgungsstrategie im Vergleich zu einer anderen Energieversorgungsstrategie – dem sogenannten Referenzszenario. Dabei können zwischen den Referenzszenarien verschiedener Studien erhebliche Unterschiede bestehen. Es macht zum Beispiel einen grossen Unterschied ob im Vergleich zu einem Kernkraftwerk- und Grosskraftwerkszenario, einem reinen Gaskraftwerkszenario oder einem Importszenario gerechnet wird.

5. Zeithorizont

In der Analyse der Kosten und Nutzen der Energiewende ist jeweils auch auf den Zeithorizont der Berechnung zu achten, der je nach Studie stark variieren kann. Während Prognos (2012) und Ecoplan (2012) 2050 als Zeithorizont definieren (obschon sich das Massnahmenpaket des Bundes nur auf die erste Umsetzungsetappe bis 2020 bezieht), rechnet die Umweltallianz nur bis ins Jahr 2035. swisscleantech, die ETH Zürich und der VSE wiederum analysieren bis 2050. Wichtig ist dabei, einen bestimmten Studienansatz und insbesondere den gewählten Zeithorizont auch als politisch motivierten Faktor zu erkennen.²⁶ Gemäss den Einschätzungen des Autorenteam ist der „richtige“ Zeithorizont vor allem durch die Lebenszyklusrechnungen der relevanten Investitionen herzuleiten und liegt angesichts Planungskomponenten wie KKW's oder Netzwerkinfrastruktur bei mindestens 40 Jahren. Da bei Technologieentwicklungen ein Betrachtungszeitraum von mehr als 40 Jahren schwierig ist, scheint ein Zeithorizont bis 2050 angebracht.

²⁶ So fürchten z.B. einige Stakeholder um die Umweltallianz, dass bei einem 2050 Zeithorizont die Gefahr besteht, konkrete Ziele in Kurz- oder Mittelfrist könnten als Teil der politischen Umsetzung umgangen werden.

3.2. Berechnungsansätze

Im folgenden Abschnitt werden die Kosten-/Nutzen Aussagen der untersuchten Studien verglichen. Hierzu werden zunächst die verwendeten Berechnungsansätze in den Studien beschrieben und danach die Resultate gegenübergestellt.

Szenarien POM & NEP des Bundes

Infrastrukturkosten

Für die Szenarien POM & NEP des Bundes wurden die Gesamtkosten des Kraftwerksparks jeweils gesamtwirtschaftlich ermittelt. Die Gesamtkosten (Anlagen und Produktionsbetrieb, Bestand und Zubau) ergeben sich aus den diskontierten und kumulierten Jahreskosten, die bis 2050 anfallen. Die Abschreibungsdauer wird der technischen Lebensdauer gleichgesetzt und der Abdiskontierung ein realer Zinssatz für alle Anlagentypen von 2.5 % eingesetzt.²⁷ Für die Berechnung wurden lediglich die Kosten berücksichtigt, die direkt der Stromerzeugung zugerechnet werden können. Mit Ausnahme von Wärmegutschriften aus der gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme sowie CO₂-Kosteneinsparnis²⁸ wurden keine externen Kosten²⁹ der Stromerzeugung in die Analyse mit einbezogen.³⁰

Netzkosten

Der Bundesrat rechnet für Ausbau und Erneuerung im Übertragungsnetz und den Ausbau im Verteilnetz mit Kosten von rund CHF 18 Mia. Dabei fallen bis 2050 CHF 2,3 bis 2,7 Mia. für den Ausbau des Übertragungsnetzes sowie CHF 3,9 bis 12,6 Mia für den Ausbaubedarf bei den Verteilnetzen an. Bis 2030 fallen zudem noch weitere CHF 4 Mia. für die Erneuerung des Übertragungsnetzes an.

Direkte volkswirtschaftliche Kosten

Für die Berechnung der direkten, gesamtwirtschaftlichen Kosten der Szenarien POM und NEP werden die mit der Umsetzung der Massnahmen verbundenen direkten Investitionen³¹ mit den Einsparungen, die sich durch die verringerten Energieimporte ergeben, bilanziert. Die Berechnung erfolgt jeweils im Vergleich zum Szenario Weiter wie bisher (WWB). Für jedes Szenario werden die Differenzinvestitionen³² für die Umsetzung der Effizienzmassnahmen in den einzelnen Sektoren sowie die Investitionen für den Einsatz erneuerbarer Energieträger berechnet. Diesen Investitionen werden die eingesparten Energieimporte sowie die Differenzkosten des Kraftwerksparks der jeweiligen Szenarien im Vergleich zum Szenario WWB gegenüber gestellt.³³

Gesamtwirtschaftliche Auswirkungen

Für die Abschätzung der volkswirtschaftlichen Auswirkungen des Szenarios POM und NEP wurde ein gesamtwirtschaftliches Gleichgewichtsmodell verwendet, wobei die Auswirkungen wieder im Vergleich zum Basisszenario WWB berechnet wurden. Die mit den energiewirtschaftlichen Modellen berechneten Endwerte der CO₂-Emissionen und der Stromnachfrage wurden als Ziele für die Berechnung der volkswirtschaftlichen Auswirkungen vorgegeben. Zur Erreichung der Vorgaben aus dem Szenario wurde zudem eine theoretische CO₂-Abgabe und eine theoretische Stromabgabe im Modell implementiert. Für die Szenarien wurde auch der Sekundärnutzen berechnet, welcher durch bessere Luft, weniger Gesundheitsschäden, weniger Lärm und Unfälle der durch den verminderten Verbrauch von fossilen Brenn- und Treibstoffen entsteht. Nicht berücksichtigt werden veränderte Risikofaktoren sowie dynamische Innovations- und Wachstumsimpulse (insbesondere „first mover advantages“).

²⁷ Siehe Prognos (2012), S. 207

²⁸ Die CO₂-Kosten sind in den jährlichen Kosten von Gaskombikraftwerken enthalten

²⁹ Kosten-/Nutzen die bspw. in Zusammenhang mit Umweltgütern entstehen

³⁰ Neue Stromimporte sind als zusätzliche variable Kosten berücksichtigt

³¹ über die technische Lebensdauer mit einem volkswirtschaftlichen Zinssatz bewertete Investitionskosten in annuisierter Form

³² Mehrinvestitionen inklusive Transaktionskosten, die beim Szenario POM 50 Mia. CHF und beim Szenario NEP 100 Mia. CHF betragen

³³ Gemäss Prognos (2012, S. 168), erfolgte die Abschätzung der Investitionen und Einsparungen in beiden Szenarien konservativ, d.h. eher am oberen Rand der Aufwendungen und ohne Unterstellung von Technologie- oder Kostensprüngen

Cleantech Energiestrategie

Investitionskosten Effizienzmassnahmen

swisscleantech wählt einen volkswirtschaftlichen Ansatz zur Berechnung der Investitionskosten für Effizienzmassnahmen nach Sektoren, wobei für die Umsetzung des technologischen Fortschritts angenommen wird, dass keine „stranded investments“ stattfinden.³⁴ Über den Lebenszyklus gerechnet kommt die Analyse von swisscleantech zum Ergebnis, dass die Kosten im Bereich „Effizienzsteigerung“ null oder sogar negativ sind.

Differenzkosten Kraftwerkspark

Bei der Berechnung der Kosten des Kraftwerksparks geht swisscleantech von einer offenen Volkswirtschaft aus, in der Strom ein über die Grenzen handelbares Gut darstellt. swisscleantech argumentiert, dass volkswirtschaftliche Kosten dann anfallen, wenn eine zusätzliche, in der Schweiz produzierte kWh Strom teurer ist, als wenn sie importiert wird. Volkswirtschaftlich kann so jeweils die Frage gestellt werden, ob es günstiger oder teurer ist, eine zusätzliche kWh zu kaufen oder den Strom selbst herzustellen. Mit den im swisscleantech Energiemodell hinterlegten, betriebswirtschaftlichen Produktionskosten, einem definierten europäischen Mitteltarif³⁵ für die Stromproduktion sowie einem Faktor für den Grad

der berücksichtigt ob Stromproduktion dem Strombedarf angepasst werden kann oder nicht, wurden die nicht amortisierbare Kosten pro kWh für jede kWh erneuerbaren Stroms³⁶ ermittelt. Summiert ergeben diese nicht amortisierbaren Kosten pro Jahr, Technologie und Produktionsvolumen, eine Schätzung der Mehrkosten für den Umbau des Kraftwerksparks im Vergleich zu einem Einkauf auf dem europäischen Strommarkt.

Netzkosten

Was die Kosten des Netzausbaus angeht, übernimmt swisscleantech die Berechnungen des Bundes und des VSE. swisscleantech geht zudem davon aus, dass bei den Netzkosten noch Kostenreduktionen durch bessere Technologien insbesondere auf den tiefen Netzebenen möglich sind (was dem wissenschaftlichen Konsens entspricht). Da die Netzkosten entscheidend von der Schaffung dezentraler Speicherkapazitäten abhängen (für die Einbindung der Photovoltaik), wurden im Modell solche „Speicherkosten“ in den Kosten für PV berücksichtigt.

Volkswirtschaftliche Auswirkungen

Die volkswirtschaftlichen Auswirkungen der Cleantech Energiestrategie liess swisscleantech durch die ETH Zürich berechnen – siehe unten.

³⁴ D.h. es werden keine Investitionen durchgeführt bevor die kalkulatorische Lebensdauer erreicht ist.

³⁵ Der in der Annahme von heute rund 8 Rp/kWh auf etwa 12 Rp/kWh im Jahr 2050 ansteigt.

³⁶ Bei der „grossen“ Wasserkraft wird angenommen, dass sie – wie bisher rentabel betrieben wird – also volkswirtschaftlich keine Kosten entstehen.

ETH Zürich

Die ETH Zürich hat die volkswirtschaftlichen Auswirkungen der Energiewende unter der Annahme eines schrittweisen Ausstiegs aus der Kernenergie zwischen 2020 und 2040 und unter Berücksichtigung einer langfristig erforderlichen Klima- und Energiepolitik analysiert. Die Berechnungen der ETH erfolgten mittels eines allgemeinen Gleichgewichtsmodells.³⁷ Das gleiche Modell wurde verwendet um die volkswirtschaftlichen Auswirkungen der Cleantech Energiestrategie von swisscleantech zu berechnen. In beiden Fällen wurde ein Kernkraftszenario als Referenz verwendet. Diesem wurde zudem unterstellt, dass die CO₂-Emissionen bis 2050 um 65 % reduziert werden.³⁸ Positive Effekte einer Reduktion des Klimawandels sowie vermiedene Risikokosten der Kernenergie (Sekundärnutzen) wurden in dieser Berechnung nicht berücksichtigt.

Umweltallianz

Die Umweltallianz berechnet Investitionen in erneuerbare Stromerzeugungsanlagen und Stromeffizienz bis 2035. Diese Investitionen werden Erträgen aus Stromverkauf sowie eingesparten Stromkosten gegenübergestellt um so die Nettokosten zu ermitteln. Als Vergleichsbasis dient ein Importszenario. Netzkosten sowie eingesparte Kosten durch die Reduktion von negativen externen Effekten und Effekte wie die Stärkung der Innovationskraft der Schweiz sowie gesamtwirtschaftliche Auswirkungen beziffert die Umweltallianz nicht, hält aber fest, dass diese sich positiv auf die Kosten auswirken.

VSE

Der VSE leitet die Entwicklung der Kosten der Stromversorgung aus den zu erwartenden Investitionen in inländische Produktionsanlagen und Netzinfrastrukturen sowie aus den Kosten des notwendigen Nettoimportvolumens ab. Kosten, die aus einer verschärften Stromeffizienzpolitik entstehen beziffert der VSE nicht. Gesamtwirtschaftliche Berechnungen nimmt der VSE auch keine vor.

IWSB

Die Studie „Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Energiestrategie 2050 des Bundesrates“ bezeichnet die quantitativen volkswirtschaftlichen Analysen von Ecoplan/Bund und der ETH als nicht aussagekräftig und verzichtet deshalb auf eine Quantifizierung der zu erwartenden Kosten. Es werden einzig die zu erwartenden ökonomischen Auswirkungen qualitativ diskutiert (z.B. höhere Investitions- und Betriebskosten, geringere Handelsgewinne, Fehlallokationen). In einer zweiten Studie mit dem Titel „Die Energiestrategie des Bundesrates: Auswirkungen auf Energiemix, Versorgungssicherheit und Energiekosten der Wirtschaft“ wird die Entwicklung der Energiekosten für Industrie und Dienstleistungen berechnet für den Fall, dass die Energiestrategie gemäss Bund umgesetzt wird.

³⁷ CITE (Computable Induced Technology and Energy) Model

³⁸ Wobei als politisches Instrument, wie beim Bund/Ecoplan, eine Abgabe auf die Verwendung von fossiler Energie deren Ertrag an die Haushalte zurückverteilt wird, unterstellt wurde.

3.3. Gegenüberstellung der wichtigsten Resultate

3.3.1. Infrastrukturkosten

Konkrete auf die Infrastruktur bezogene Kosten weisen Bund/Prognos sowie der VSE aus. Dabei betragen die kumulierten Gesamtkosten des Bestands für die beiden Szenarien des Bundes jeweils CHF 125.9 Mia., wobei Kosten für Wasserkraft, Kernkraftwerke, konventionell-thermische Kraftwerke, fossile und erneuerbare Wärmekraftkopplung, Erneuerbare Stromerzeugungsanlagen sowie Kehrlichtverbrennungsanlagen und Importe eingerechnet wurden.³⁹ Für den Erhalt und die Erneuerung der Produktionsanlagen rechnet der VSE mit identischen Anlagebestandsinvestitionen von CHF 88.1 Mia. bis 2050 für alle seiner drei Szenarien. Darin schliesst der VSE Kosten zur Neukonzessionierung der Wasserkraftwerke, den Substanzerhalt der Netze sowie Kosten zur verbleibende Betriebsdauer der Kernkraftwerke ein (letzte allerdings ohne Kosten zur Verbesserung der Sicherheitssysteme im Nachgang zu Fukushima).

Geschätzte Investitionskosten werden auch von der Umweltallianz – CHF 105 Mia. in Erneuerbare Energien und Stromeffizienz bis 2035, sowie von der Grünen Partei Schweiz – Investitionen von CHF 100 Mia. bis 2050 für Erneuerbare und Energieeffizienz, angegeben. Beide dieser Studien weisen dabei die antizipierten Kosten für den Kraftwerkspark nicht separat aus.

Tabelle 5: Infrastrukturkosten

Infrastrukturkosten bis 2050 Mia. CHF	Bund/Prognos POM ⁴⁰	Bund/Prognos NEP	VSE Szenario I	VSE Szenario II	VSE Szenario III
Bisheriger Kraftwerkspark kumuliert und diskontiert	125.0	125.0	88.1 ⁴¹	88.1	88.1
Kraftwerkzubau	66.0	64.0	25.1	38.2	48.8
Netze Erneuerung	4.0	4.0			
Netze Ausbau	6.2 – 15.3	6.2-15.3	5.0	8.1	12.2
Total Infrastrukturkosten	191.0	184.0	118.1	134.4	149.1

³⁹ vgl. Erläuternder Bericht des Bundesrats (2012), S. 121

⁴⁰ Szenario Politische Massnahmen Bundesrat (POM), Variante C&E, ohne zweite Etappe ab 2021

⁴¹ inkl. Substanzerhalt der bestehenden Netze (jährliche Reinvestitionen von CHF 1,5 Mia. oder CHF 60 Mia. für die ganze Betrachtungsperiode)

3.3.2. Volkswirtschaftliche Nettokosten der Energiewende

Unter den volkswirtschaftlichen Nettokosten der Energiewende oder nicht amortisierbare Kosten werden in den Studien diejenigen Kosten zusammengefasst, die aus der Bilanz zwischen Investitionen in Effizienzmassnahmen abzüglich Einsparungen von Energieimporten oder Erträge aus Stromverkäufen sowie Mehr- oder Minderkosten des Kraftwerkspark im Vergleich zu einem Referenzszenario resultieren. In dieser Zahl sind z.B. die Auswirkungen von Massnahmen auf das Bruttozialprodukt ausgeklammert, weshalb die Zahlen nur bedingt relevant sind.

Da sich die Studien auf unterschiedliche Referenzszenarien beziehen sind nur die Endresultate der Berechnungen einigermassen vergleichbar. Während beim Bund/Prognos ein Gaskraftwerksszenario als Referenzszenario dient, rechnet die Umweltallianz und swisscleantech mit Importszenarien. Dadurch ergibt sich auch eine andere Bilanzgrenze.

Bund/Prognos

Es fällt auf, dass der Bund die Einsparungen durch Effizienzmassnahmen nur für Importierte Energie, nicht aber für die inländisch erzeugte Energie berechnet. Auf Grund der zugrundeliegenden Bilanzüberlegung ist diese Behandlung korrekt.⁴²

Tabelle 5: Volkswirtschaftliche Nettokosten der Energiewende

Volkswirtschaftliche Nettokosten	POM Mia. CHF	NEP Mia. CHF
Investitionen in Effizienzmassnahmen	84.7	162
Einsparungen Energieimporte	-46.3	-84.6
Differenzkosten Kraftwerkspark im Vergleich zu Referenzszenario	-13.1	-25.3
Total volkswirtschaftliche Nettokosten der Energiewende	25.3	52.0

swisscleantech und weitere

Da swisscleantech argumentiert, dass Effizienzmassnahmen in sich rentabel sind,⁴³ werden Bemühungen um Effizienz als ein in sich geschlossenes Bilanzgebiet betrachtet. Volkswirtschaftliche Kosten in der Energieerzeugung entstehen dann, wenn eine kWh Strom in der Schweiz zu höheren Kosten produziert wird, als dieser eingekauft/importiert werden könnte. In einer ähnlichen Art rechnen die Umweltverbände. Während swisscleantech so zu diskontierten Kosten von ca. CHF 50 Mia. kommt rechnen die Umweltverbände mit Kosten von CHF 60 Mia. (nicht diskontiert), wollen aber die Energiewende bereits bis 2035 vollständig umsetzen.

Zu beachten ist, dass wenn die Strompreise in den jeweiligen Import-Referenzszenarien ansteigen, die Nettokosten der Szenarien von swisscleantech und der Umweltallianz geringer ausfallen. Umgekehrt würde eine Senkung der Stromkosten zu einem Anstieg der Nettokosten führen.

⁴² Prognos bilanziert über den Energiesektor. Damit sind nur der Kraftwerkspark, die getätigten Investitionen und die Einsparung an Importen relevant. Die absoluten Zahlen für die Einsparungen fallen volkswirtschaftlich aus der Bilanz heraus.

⁴³ Massnahmen die nicht wirtschaftlich sind, sollen gar nicht umgesetzt werden.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass die Berechnungen trotz unterschiedlichen Ansätzen zu ähnlichen Schlüssen kommen. Die errechneten Investitions-Mehrkosten sind nicht vernachlässigbar, aber im Vergleich zur Wichtigkeit der Energie für Wirtschaft und Gesellschaft, zum jährlichen BIP von CHF 600 Mia. und im Vergleich zu anderen Mehrkosten (z.B. Landwirtschaft) verkraftbar.

Wie oben ausgeführt, sind die volkswirtschaftlichen Nettokosten der Energiewende wenig relevant für die Frage ob sich die Energiewende volkswirtschaftlich lohnt oder nicht. So sind die getätigten Investitionen jeweils relevant für das BIP und sie sind beschäftigungswirksam. Ausgekräftige Aussagen ergeben sich erst durch eine gesamtwirtschaftliche Analyse mittels Gleichgewichtsmodell und dem Einbezug von weiteren direkten und indirekten Auswirkungen.

3.3.3. Gesamtwirtschaftliche Auswirkungen

Anders als bei den obigen Berechnungen, bei denen es darum geht relevante Investitionsgrößen zu bestimmen, geht es bei der Berechnung der volkswirtschaftlichen Auswirkungen um die Frage, wie die Volkswirtschaft insgesamt auf die Energiewende reagiert. Damit werden die Interaktionen wesentlich komplexer. Es muss nicht nur die Beschäftigungswirksamkeit der Energiewende einbezogen werden sondern auch Opportunitätskosten und die Auswirkungen von Politikmassnahmen untersucht werden. So könnten z.B. Lenkungsabgaben weitreichende Folgen auf die Volkswirtschaft haben, die weit über die direkten Effekte der Investitionen in Effizienz und Energiebereitstellung hinausgehen.

Die bis und mit 29. Januar 2013 bekannten Studien kommen zum Schluss, dass die Auswirkungen der Energiewende:

- Unter Ausgrenzung einiger direkten und der meisten indirekten Auswirkungen netto marginale negative Wachstumsresultate zeigen (ca. 0.5 % BIP Wachstumsverlust im Jahre 2050)
- Unter Einbezug der direkten und der meisten indirekten Auswirkungen zu ziemlich klar positiven Wachstumsresultaten führen.

Obwohl die Berechnungen von Ecoplan und ETH beide mit Gleichgewichtsmodellen ausgeführt wurden, stützen sie sich auf unterschiedliche Input-Output Tabellen (2008/Ecoplan resp. 2005/ETH) und basieren auf einer jeweils eigenständigen Modellierung.⁴⁴ Den Berechnungen der Effekte des ETH-Szenarios und den Berechnungen der Effekte des NEP-Szenarios des Bundes durch Ecoplan wurde das gleiche CO₂-Reduktionsziel unterstellt, während das POM-Szenario des Bundes durch Ecoplan unter anderem wegen der Verwendung von GuD-Kraftwerken eine weniger starke Reduktion erlaubt.

Als Grundlage der Berechnungen dienen auch andere Referenzszenarien und es werden unterschiedliche CO₂- und Stromabgaben unterstellt. Letztlich führen die Berechnungen von Ecoplan zu etwas grösseren Wachstumsverlusten als die Berechnungen der ETH. Der Unterschied kann inso-

fern erklärt werden als die ETH gewisse direkte und indirekte Auswirkungen im Bereich Innovation zusätzlich monetarisiert.⁴⁵

Tabelle 6: Gesamtwirtschaftliche Auswirkungen 2050

Gesamtwirtschaftliche Auswirkungen 2050	swisscleantech	Ecoplan (POM) ⁴⁶	Ecoplan (NEP)	ETH Zürich
Reduktion des BIP, absolut im Vergleich zu Referenz	-0.40 %	-0.60 %	-2.70 %	-0.40 %
Veränderung der jährlichen BIP-Wachstumsrate	-0.023 %	-0.02 %	-0.08 %	-0.05 %
Beschäftigung		-0.20 %	-0.70 %	
Wohlfahrt mit selektiven indirekten Auswirkungen (Luft, Lärm, Unfälle)	+2 % ⁴⁷	0.06 %	-0.42 %	

Die Untersuchungen der ETH zeigen, dass alleine schon durch eine liberale Umsetzung der Energiewende die minimale Reduktion des BIP-Wachstums von -0.4 % in einen leichten Wachstumsgewinn gegenüber dem WWB übergeht.⁴⁸

Die meisten Autoren – wie z.B. Bund/Prognos, die CVP Schweiz, AWS, Swisspower, die Grüne Partei Schweiz, AEE, Umweltallianz, swisscleantech, die ETH und auch Avenir Suisse – weisen auf Aspekte weiterer direkter und indirekter Auswirkungen („Sekundärnutzen“) der Energiewende hin. Jedoch macht einzig die Studie von Bund/Prognos/Ecoplan Berechnungen einzelner solcher zusätzlichen Auswirkungen. Diese werden bei swisscleantech beschrieben und geschätzt.

Bereits der Einbezug von Luftverschmutzung, Lärm und Unfallfolgen reduziert die Auswirkungen auf das BIP-Wachstum erheblich. Verschiedene wichtige Nebennutzen wie die Reduktion der Auswirkungen des Klimawandels, des unversicherten Kernkraftrisikos und den Versorgungsrisiken durch fossile Brenn- und Treibstoffe können und sollten aber zusätzlich noch berücksichtigt werden.

⁴⁴ Wobei der Detaillierungsgrad des Modells von Ecoplan höher ist

⁴⁵ Auf den Zusammenhang zwischen Innovation und den Auswirkungen der Energiewende weist auch Ecoplan hin. Für das Jahr 2050 geht Ecoplan von einer sehr hohe CO₂-Abgabe von 1140 CHF/t CO₂ (derzeit ca. 10 CHF/t) und einen Strompreis Aufschlag von 40 % aus. Stehen bis zum Jahr 2050 Technologien zur Verfügung, die den Ersatz von fossilen Brenn- und Treibstoffen zu tieferen Kosten als der berechneten CO₂-Abgabe gewährleisten können, würden negative Auswirkungen gemäss Ecoplan zu ca.1/3 vermieden.

⁴⁶ Szenario Politische Massnahmen Bundesrat (POM), Variante C&E, ohne zweite Etappe ab 2021

⁴⁷ Da die Berechnung des Sekundärnutzen von reduziertem Lärm, Unfällen und Luftverschmutzung nicht abhängig von der Modellbildung der Volkswirtschaft ist, kann der Sekundärnutzen auch auf die ETH Studie übertragen werden.

⁴⁸ “On the other hand, under ideal conditions (i.e. a minimal degree of restrictions in technology expansion and a high degree of substitutability between the two energy sources), even a welfare gain compared to BAU is possible.” Bretschger et al., S. 10 (2012)

3.4. Schlussfolgerungen Kosten- und Nutzenanalyse

Es ist klar, dass Prognosen/Einschätzungen bis ins Jahr 2050 von direkten und vor allem indirekten Auswirkungen zahlreiche Unsicherheiten aufweisen und erheblichen Interpretationsspielraum lassen. Trotz unterschiedlichen Ansätzen und Einschätzungen kann durch eine systematische Analyse der Kosten- und Nutzenberechnungen der Energiewende gezeigt werden, dass die bis dato bekannten Studien zu ähnlichen Ergebnissen kommen.

Die zentrale Frage wie viel **teurer oder billiger** die Energiewende im Vergleich zu keiner Energiewende für die Schweizer Volkswirtschaft insgesamt zu stehen kommt, kann somit wie folgt beantwortet werden:

- Die Mehrkosten einer Energiewende betragen je nach Referenzszenario CHF 50–100 Mia. bis 2050. Dies sind ca. CHF 2 Mia. pro Jahr über 40 Jahre. Diese „netto Kosten“ schliessen Sekundärnutzen noch aus.
- Studiert man volkswirtschaftliche Auswirkungen mittels Gleichgewichtsmodelle ohne dabei die meisten relevanten Sekundärnutzen zu berücksichtigen **entspricht das Nutzenpotential in etwa den errechneten Mehrkosten**. Es ergeben sich je nach Modell und Annahmen für die Umsetzung eine Wachstumsverzögerung von 0.4 % bis 2 % des BIP.
- Werden weitere Zusatzeffekte einbezogen, wird klar, dass sich die Energiewende **volkswirtschaftlich lohnt**. Ein BIP Wachstumseffekt von -0.5 % bis +2 % stellt eine realistische Bandbreite dar.

3.5. Umsetzung

Obschon die Monetarisierung einiger der direkten und indirekten Auswirkungen mit Sicherheit viel Diskussionspielraum offen lässt, ist es für das Autorenteam dieser Studie klar, dass die Energiewende aus volkswirtschaftlicher Optik im schlechtesten Fall einen verkraftbaren Mehrkostenfaktor ausmacht und bestenfalls sogar volkswirtschaftlich einen signifikanten Nutzen bringt.

Weil die Faktenlage bezüglich den zu erwartenden Kosten und Nutzen ein doch ziemlich klares Bild abzeichnet, stellt die Art der Umsetzung aus heutiger Sicht den entscheidenden Erfolgsfaktor dar. Dabei stehen für uns die folgenden Überlegungen im Vordergrund:

- Unsere Energieversorgung ist ein komplexes System und eine Neuausrichtung betrifft verschiedenste Regulierungs-Bereiche (wie Effizienzvorschriften, Raumplanung, Mobilität). Es besteht sowohl die Gefahr einer Überregulierung, aber auch die Chance, existierende Rahmenbedingungen effizienter und marktgerechter zu gestalten. Die heutige Energiewirtschaft ist von verschiedensten staatlichen Eingriffen geprägt, somit kann der Status Quo in keiner Weise als effizient oder marktwirtschaftlich ausgerichtet bezeichnet werden. Unter dem Strich lohnt sich eine Wende auch aus ordnungspolitischer Überlegung.
- Eine Herausforderung in der Umsetzung stellen auch die vielen involvierten Partikulärinteressen dar. Diese kommen etwa beim Festlegen von Ausnahmeregelungen, der Bestimmung der absoluten und relativen Höhe von Fördertöpfen oder der Kompetenzaufteilung auf den verschiedenen Entscheidungsebenen Bund-Kantone-Gemeinden zum tragen.
- Es ist klar, dass nicht alle Branchen zu den Gewinnern der Energiewende zählen werden. Diesbezüglich gilt es zu beachten, dass die am stärksten tangierten energieintensiven Industrien insgesamt weniger als 10 % der Gesamtenergie verbrauchen. Es können diesen Branchen also Ausnahme- und Übergangslösungen angeboten werden, ohne damit das Gesamtsystem zu gefährden.

Die Umsetzung der Wende muss daher als politische Herausforderung betrachtet werden. Um einen Politikkonsens im Interesse der Schweizer Wirtschaft und Gesellschaft zu finden scheint es daher wichtig, dass es insbesondere der Wirtschaft gelingt, mit vereinten Kräften eine wirtschaftsfreundliche Umsetzung zu erzielen.

Studien- und Quellenverzeichnis

Agentur für Erneuerbare Energien und Energieeffizienz [AEE], (2011).

10-Punkte-Programm der Wirtschaft für eine erneuerbare und effiziente Stromversorgung bis 2030.

Bern: AEE Agentur für Erneuerbare Energien und Energieeffizienz

Akademien der Wissenschaften Schweiz, (2012).

Zukunft Stromversorgung Schweiz.

Zürich: Akademien der Wissenschaften Schweiz

Avenir Suisse, (2012).

Energie. Avenir Spezial.

Zürich: Avenir Suisse

Bretschger, L., Ramer, R. & L. Zhang, (2012).

Economic effects of a nuclear phase-out policy: A CGE analysis. Economics Working Paper Series 12/167,

Zürich: Eidgenössische Technische Hochschule

Consentec, (2012a).

Auswirkungen eines verstärkten Ausbaus der dezentralen Erzeugung auf die Schweizer Verteilnetze.

Aachen: Consentec

Consentec, (2012b).

Einfluss verschiedener Stromangebotsvarianten auf das Übertragungsnetz der Schweiz.

Aachen: Consentec

Ecoplan, (2012).

Energiestrategie 2050 – volkswirtschaftliche Auswirkungen. Schlussbericht.

Bern: Ecoplan

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich – Competence Centre for Environment & Sustainability [ETH-CCES], (2011).

Energiezukunft Schweiz.

Zürich: ETH Zürich

Grüne Partei der Schweiz [GPS], (2012).

Energiestrategie 2050 der Grünen. Szenarien und Massnahmen für den klima- und umweltfreundlichen Atomausstieg.

Gefunden unter http://www.verts.ch/web/dms/gruene/doc/positionen/umwelt/energie/energiepolitik/energiestrategie_bericht_ES_2050_def/Hintergrundsbericht%20Energiestrategie%202050.pdf

Infras, 2010.

Stromeffizienz und erneuerbare Energien – Wirtschaftliche Alternative zu Grosskraftwerken.

Zürich: Infrac

Institut für Wirtschaftsstudien Basel AG [IWSBa], ⁴⁹ (2012).

Die Energiestrategie des Bundesrates: Auswirkungen auf Energiemix, Versorgungssicherheit und Energiekosten der Wirtschaft.

Basel: IWSB – Institut für Wirtschaftsstudien Basel AG

Institut für Wirtschaftsstudien Basel AG [IWSBb],⁵⁰ (2012).

Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Energiestrategie 2050 des Bundesrates.

Basel: IWSB – Institut für Wirtschaftsstudien Basel AG

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], (2007).

Climate Change 2007: Synthesis Report.

Gefunden unter http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf

Prognos, (2012).

Die Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050.

Energienachfrage und Elektrizitätsangebot in der Schweiz 2000–2050.

Ergebnisse der Modellrechnungen für das Energiesystem.

Basel: Prognos

Prognos, (2012).

Die Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050.

Anhang III. Energienachfrage und Elektrizitätsangebot in Zahlen; Emissionen.

Basel: Prognos

Schweizerische Eidgenossenschaft [Bund], (2012).

Erläuternder Bericht zur Energiestrategie 2050 (Vernehmlassungsvorlage).

Bern: Schweizerische Eidgenossenschaft

swisscleantech, (2012).

Cleantech Energiestrategie. Richtig rechnen und wirtschaftlich profitieren, auf CO₂-Zielkurs.

Zürich: Foundation for Global Sustainability [FFGS]

Swisspower Netzwerk AG [Swisspower], (2012).

Masterplan 2050 der Swisspower Stadtwerke.

Zürich: Swisspower Netzwerk AG

Umweltallianz [UA], (2012).

Strommix 2035. 100 Prozent einheimisch, erneuerbar, effizient.

Bern: Umweltallianz

Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen [VSE], (2012).

Wege in die neue Stromzukunft. Gesamtbericht.

Aarau: Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

⁵⁰ Im Auftrag von swisselectric

Datum

31. Januar 2013

Auftraggeber

swisscleantech, Thunstrasse 82, Postfach 1009, 3000 Bern
www.swisscleantech.ch

Auftragnehmer

Foundation for Global Sustainability, Reitergasse 11, 8004 Zürich
www.ffgs.org

Autoren

Franziska Barmettler
Nick Beglinger
Martina Novak
Christian Zeyer

Kontakt

martina.novak@swisscleantech.ch
Tel: +41 58 580 0818