

Cleantech Energiestrategie

Richtig rechnen und wirtschaftlich profitieren, auf CO₂-Zielkurs

Wirtschaftsverband swisscleantech
Version 3.0
4. Oktober 2012

Impressum

Auftraggeber

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

Auftragnehmer

Foundation for Global Sustainability, Minervastrasse 99, 8032 Zürich
www.ffgs.org

Autoren

Franziska Barmettler
Nick Beglinger
Christian Zeyer

Druck

Druckerei Feldegg AG, Schwerzenbach

Klimaneutral gedruckt 
in der Druckerei Feldegg

swisscleantech
Minervastrasse 99
8032 Zürich
Tel. +41 58 580 0808
sekretariat@swisscleantech.ch
www.swisscleantech.ch

Version 3.0
Oktober 2012

Inhaltsverzeichnis

1.	ENERGIE – BITTE WENDEN!	4
	DANKE!.....	6
	AUF DEN PUNKT GEBRACHT.....	9
2.	AUSGANGSLAGE UND HERAUSFORDERUNGEN	10
3.	GRUNDSÄTZE UND ZIELE	12
4.	STRATEGIE: DIE IV NEUEN SÄULEN	16
5.	DAS CLEANTECH ENERGIEMODELL	18
6.	NACHFRAGEENTWICKLUNG UND ENERGIEEFFIZIENZ	18
7.	ENERGIEANGEBOT IN HOHER QUALITÄT	22
7.1	ERNEUERBARE ENERGIEN.....	22
7.2	UNTERSTÜTZENDE ENERGIEQUELLEN.....	24
7.3	KERNKRAFT.....	29
8.	INTELLIGENTE VERTEILUNG UND SPEICHERUNG	30
8.1	STROMNETZ.....	30
8.2	SPEICHERUNG.....	31
9.	WETTBEWERBSFÄHIGE WIRTSCHAFT	34
9.1	VOLKSWIRTSCHAFTLICHE AUSWIRKUNGEN.....	34
9.2	FINANZIERUNG.....	35
9.3	ENERGIEPREISE UND DEREN AUSWIRKUNGEN.....	37
10.	SCHLUSSFOLGERUNGEN	38
10.1	RESULTIERENDE POSITIONIERUNGEN.....	38
10.2	DAS MASSNAHMENPAKET.....	40

1. Energie – bitte wenden!

Im November 2010 wurde mit dem Ja zu möglichen AKW-Standorten die Diskussion um die Atomenergie neu lanciert. Als Gast in der Sendung ARENA äusserte sich Nick Beglinger **aus wirtschaftlichen Überlegungen** kritisch zu neuen Kernkraftwerken in der Schweiz und löste damit viele Gegenreaktionen aus. *'Neue Atomkraftwerke: Wirtschaft tief gespalten'*; titelte etwa die Sonntagszeitung.

Ende 2010 entschied sich swisscleantech mit Experten, Mitgliederfirmen und Verbandsvertretern aus dem Bereich Energie, die energiepolitische Positionierung des Verbandes zu erarbeiten. Im Februar 2011 wurde ein erster Energieworkshop durchgeführt und daraufhin nach einer internen Mitglieder-Konsultierung am 9. März 2011 eine erste Position zur Energiepolitik veröffentlicht. Bezüglich Kernkraft wurde festgehalten, dass die Technologie hinsichtlich ihrer Wettbewerbsfähigkeit nur **unter Einbezug der Vollkostenrechnung** eingesetzt werden soll. Zwei Tage später, am 11. März 2011, geschieht das Unglück in Fukushima. An der Position des Wirtschaftsverbands hat sich durch die Katastrophe nichts geändert, swisscleantech setzte jedoch sofort den Fokus auf die Ausarbeitung einer **Energiestrategie aus Cleantech Perspektive**.

Dr. Christian Zeyer erarbeitete ein Szenario-Modell, dessen Parameter in 9 weiteren Workshops plausibilisiert wurden. Am 6. Juni stellte swisscleantech die erste Version der **Cleantech Energiestrategie** der Öffentlichkeit vor. Kurz darauf sind der National- und später der Ständerat dem Bundesrat gefolgt und haben den **schrittweisen Ausstieg aus der Kernenergie beschlossen** – hauptsächlich aus wirtschaftlichen Überlegungen. Zu diesem Zeitpunkt konnte swisscleantech als einziger Akteur nebst dem Bund (Prognos) ein eigenes Modell aufweisen,

welches nicht nur die Deckung des Strombedarfs beschreibt, sondern eine umfassende Darstellung von Energiebedarf und -deckung bis 2050 darstellt. Das Modell wurde seither stetig verfeinert und verifiziert und durchlief auch eine Due-Diligence Prüfung durch Ernst&Young mit Erfolg. Ebenfalls wurden die volkswirtschaftlichen Auswirkungen der Cleantech Energiestrategie am CER-ETH berechnet.

Mit der Cleantech Energiestrategie will swisscleantech auch in der bevorstehenden Vernehmlassungsperiode und in der parlamentarischen Debatte einen fundierten und von der Wirtschaft getragenen Diskussionsbeitrag leisten. Ziel ist eine **wirtschaftsfreundliche und konsequente Umsetzung** der Energiewende. Dabei setzen wir auf möglichst marktwirtschaftliche Ansätze wie richtige Preise und eine ökologische Steuerreform. Für swisscleantech geht es um einen geordneten Ausstieg aus der nuklearen und aus der fossilen Energie – sowie einen **geordneten Einstieg in eine Energiestrategie mit Fokus auf Effizienz, Erneuerbare Energien und intelligente Netze**.

In thematischen **Fokusgruppen** werden die relevanten Aspekte der Energiewende regelmässig mit Vertretern aus der Industrie, Wissenschaft und Administration diskutiert und systematisch in das Cleantech Energiemodell eingebracht. Im Zentrum stehen die Bereiche Mobilität, Netze und kurzfristige Speicherung, saisonale Speicherung und WKK/GUD, Erneuerbare Energien, Energie in der Industrie und Stadtplanung & Bau.

Niemand kann die Zukunft punktgenau voraussagen. Die täglich gesammelten Erfahrungen und das vorhandene Know-How der über 100 beteiligten Firmen und Fachpersonen geben

1 www.swisscleantech.ch/images/Pressespiegel/P_SCA_STZ_16012011_WirtschaftGespaltenAtom.pdf

unserem Modell die nötige Glaubwürdigkeit. Energie- und Infrastrukturentscheide sind langfristige Entscheidungen, die jetzt gefällt werden müssen. Wir sind bemüht, den bestehenden Handlungsspielraum als Chance zu sehen und im Sinne einer zukunftsfähigen und wirtschaftlich erfolgreichen Schweiz auszunutzen. **Die Cleantech Energiestrategie ist die Antwort auf die Frage, welche Energieversorgung zu einer sauberen, sicheren und langfristig wettbewerbsfähigen Schweiz passt.**

Unsere Mitglieder aus den unterschiedlichsten Branchen (inkl. Energieversorger wie die Werke Versorgung Wallisellen, Enalpin, EKZ, EWB, IBI, IWB, KWO, Localnet, Romande Energie, SIG, Städtische Werke Schaffhausen) beweisen, dass Lösungen für eine nachhaltige Energiezukunft bereits heute vorhanden sind. Es geht nicht mehr um die Frage, ob wir eine nachhaltige Energieversorgung erreichen können. Es geht um den politischen **Umsetzungswillen** und um die Erarbeitung einer wirtschaftlich attraktiven und mehrheitsfähigen Lösung.



© Solar Impulse/Revillard.

Danke!

Die Cleantech Energiestrategie ist das Resultat eines umfassenden Stakeholder-Dialoges. swisscleantech bedankt sich bei allen **Persönlichkeiten aus Wirtschaft und Wissenschaft** für die wertvollen Beiträge. Die vorliegende Strategie ist die konsolidierte Meinung von swisscleantech und mag von der persönlichen Meinung der aufgeführten Personen abweichen.

Adrian Aebi, S.A.M. Group

Josef Ackermann, Amberg Engineering

Hans Christian Angele, Geschäftsführer Biomasse Schweiz

Peter Arnet, Alpiq Intec

Dr. Rainer Bacher, Geschäftsleiter Bacher Energie AG

Jürgen Baumann, Siemens Schweiz

Prof. Dr. Franz Baumgartner, ZHAW, SoE

Prof. Christophe Ballif, Direktor PV-Lab EPFL

Hauke Basse, BKW FMB Energie

Bruno Bébié, Energiebeauftragter Stadt Zürich

Dr. Marco Berg, Leiter Energiekommission SATW

Dr. Serge Biollaz, Thermal Process Engineering Group PSI

Willy Bischofberger, Geschäftsführer Energiepool

Martin Bolliger, SwissCleanDrive

Prof. Dr. Lucas Bretschger, CER ETH Zürich

Martin Brettenthaler, CEO Pavatex

Christoph Brönnimann, Infranet Partners,

Präsident LonMark Schweiz

Ivo Brügger, EWB

Daniel Büchel, Leiter Abteilung Energieeffizienz
und erneuerbare Energien BFE

Jacques Chevalley, Landis&Gyr

Herbert Christen, Direktor Produktion und Technik Pavatex

Lothar Degenhardt, Siemens Schweiz

Lukas Eichenberger, Eichenberger Beratung & Unterstützung

Dr. Hanspeter Eicher, VR-Präsident Eicher+Pauli AG

Philipp Eisenring, Ampard

Norbert Ender, IBM Switzerland

Claudio Enggist, BLS

Dr. Daniele Ganser, Dozent Uni Basel, Präsident ASPO

Hannes Gautschi, Toyota

Markus Gisler, CEO Megasol

Michael Gruber, Energie Thun

Anton Gunzinger, super computing systems

Markus Halder, SBB

Dr. Patrick Hofstetter, Leiter Klimapolitik WWF Schweiz

Thomas Hügli, swisspower

Dominic Isenschmid, Thömus Veloshop

Dr. Rolf Iten, Geschäftsleiter Infrac

Adriano Jacquiéry, Präsident WKK-Fachverband

Maurice Jutz, Effizienzagentur Schweiz

Dr. Michael Kaufmann, Direktor HSLU Musik

Dr. Tony Kaiser, Geschäftsführer Energie Trialog Schweiz

Jürg Kessler, EKZ

Stefan Knecht, Knecht Engineering

Urs Kopp, Schneider Electric

Markus Koschenz, Reuss-Engineering

Stefan Krebsler, ThinkThank RailValley

Matthias Kummer, SwissRapide

Jürg Liechti, Neosys

Martin Lustenberger, Digi Sens

Peter Malama, Präsident Gewerbeverband Basel-Stadt,
Nationalrat FDP

Daniel Matti, INTERFACE Politikstudien

Patrick Marty, Studien und Wissenschaft AEE
Roberto Maugeri, Alpiq E-Mobility
Peter Maurer, Maurer Elektromaschinen
Urs Meister, Avenir Suisse
Franz Mühlethaler, PTV Swiss
Ernst A. Müller, Geschäftsführer InfraWatt
Stefan Müller, Leclanché
Sandro Mutter, Repower
Dr. Stefan Nowak, Geschäftsführer NET Nowak Energie und Technologie AG, Programmleiter Photovoltaik BFE
Duscha Padrutt, myclimate
Andrea Papina, Alpiq
Stephan Peterhans, Geschäftsführer FWS
Francois Renaud, Alpiq
Esther Rhiner, m-way
Reto Rigassi, Geschäftsführer Suisse Eole
Vincent Rits, EBL
Dr. Christoph Ritz, Geschäftsleiter ProClim
Sonja Roos, Mobility
Etienne Roy, Romande Energie
Stefan Rupprecht, BKW FMB Energie
Simon Ryser, Schneider Electric
Andreas Schläpfer, Präsident Energie-Modell Zürich
Andreas Schelling, Zoomteam
Prof. Dr. Anton Schleiss,
Laboratoire de constructions hydrauliques, EPFL
Carsten Schroeder, EWZ

Jörg Sigrist, Renault Suisse
David Stickelberger, Geschäftsführer Swissolar
Ulrike Strauch, IWB
Martin Strebel, Erdgas Zürich
Pierre Strub, Geschäftsführer Strafin Innovationen AG
Daniel Styger,
Genossenschaft Wasserwirbelkraftwerke Schweiz
Prof. Dr. Philippe Thalmann,
Economics and Environmental Management Laboratory EPFL
Dr. David Thiel, CEO IWB
Sebastian Tomczyk, Raiffeisen
Monika Tschannen, Rundum mobil
Helfried Max Ursin, KWO
Prof. Dr. Rolf Wüstenhagen, Direktor IWÖ-HSG
Robert Völki, VP Strategie SIG
Christoph Von Bergen, CEO SolarMax
Francois Vuille, E4Tech
Aeneas Wanner, Geschäftsleiter Energie Zukunft Schweiz
Daniel Wiener, ecos
Michael Wieser, swisscleantech
Prof. Dr. Alexander Wokaun, Bereichsleiter Allgemeine
Energie PSI
Dr. Roland Wyss, Geschäftsleiter Schweizerische
Vereinigung für Geothermie SVG
Olaf Zanger, m-way
Dr. Marco Ziegler, Principal McKinsey & Company

Auf den Punkt gebracht

Die Cleantech Energiestrategie:

- *Ist eine Gesamtenergiestrategie und zeigt einen technisch machbaren und wirtschaftlich attraktiven Weg für den geordneten Ausstieg aus der Kernenergie und aus den fossilen Energieträgern, sowie den Einstieg in ein neues Energiezeitalter auf.*
- *Orientiert sich an klaren Zielvorgaben bis 2050, inklusive den Klimazielen.*
- *Wendet den Vollkostenansatz auf alle Energieformen an.*
- *Berücksichtigt Preis und Qualität der Energie als Entscheidungskriterien.*
- *Stellt die wirtschaftlichen Chancen für Schweizer Produkte und Dienstleistungen im lokalen Markt sowie bezüglich Exporte ins Zentrum.*
- *Legt den Fokus auf Energieeffizienz, Erneuerbare Energien, intelligente Netze.*
- *Setzt auf einen dezentralen, liberalisierten und internationalen Energiemarkt.*
- *Beruhrt auf dem Cleantech Energiemodell und dem in den swisscleantech Fokusgruppen erarbeiteten Wissen.*
- *Schlägt ein Massnahmenpaket mit kurzfristig umsetzbaren und langfristig wirksamen Implementierungsmöglichkeiten vor.*
- *Sieht vor, dass ab 2021 die notwendigen Förderinstrumente durch eine umfassende ökologische Steuerreform abgelöst werden.*

2. Ausgangslage und Herausforderungen

Gefragt ist eine Gesamtenergiestrategie

Strom-, Energie-, Klima-, Sicherheits- und Wirtschaftsfragen sind eng miteinander verknüpft. Die Schweizer Stromproduktion hängt mit vielen Faktoren wie dem Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum, Konsumentenverhalten, Technologieentwicklung, Auslandsabhängigkeit, Qualität der Netzinfrastruktur und Einbindung der Schweiz in den internationalen Strommarkt zusammen. Gefragt ist eine Gesamtenergiestrategie als sinnvolles Paket von Zielen und Massnahmen. Für swisscleantech stehen dabei die wirtschaftlichen Chancen für die Schweiz sowie die international anerkannten Klimaziele im Vordergrund.

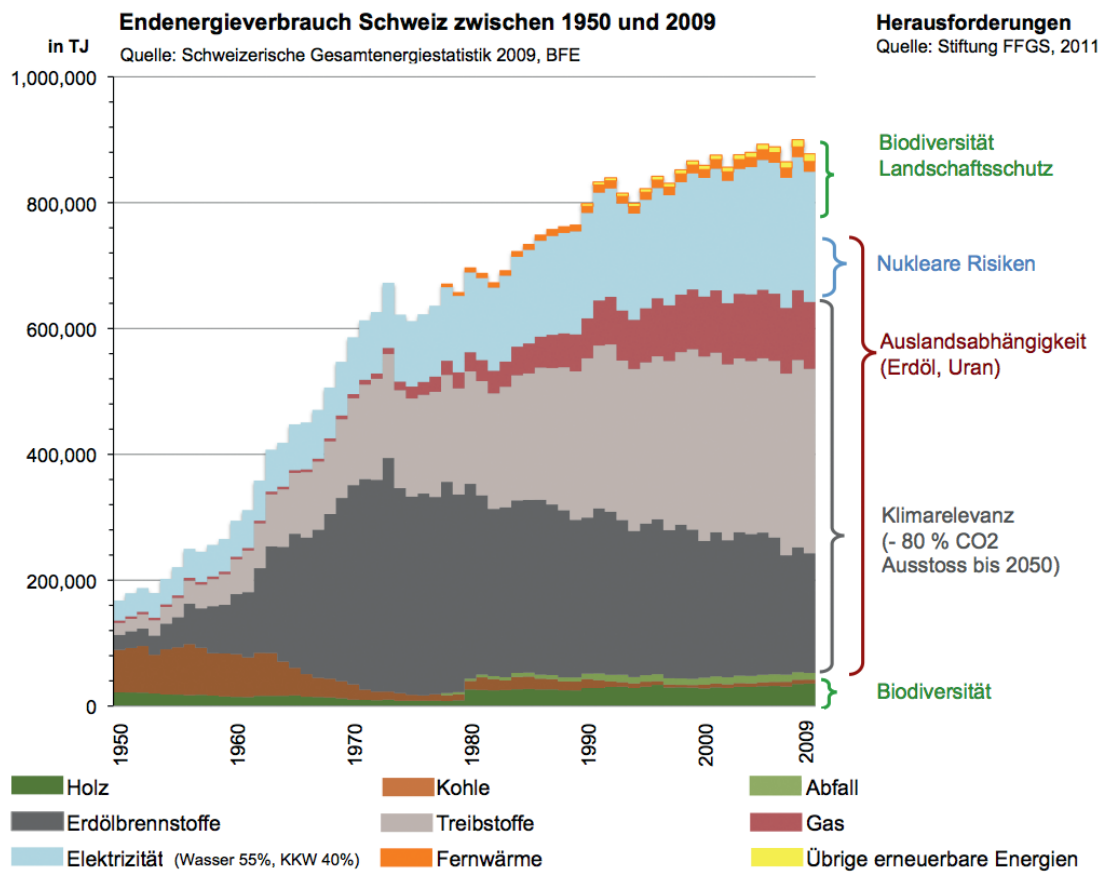
Es besteht eindeutiger Handlungsbedarf

Die Schwächen unserer heutigen Energieproduktion und -versorgung sind vielfältig. Sie zeigen sich etwa durch die bevorstehende Verknappung des leichtverfügbaren Öls, Öl-Katastrophen wie z.B. diejenige im Golf von Mexiko im Jahr 2011 und die hohen Preisschwankungen bei den fossilen Energieträgern. Auch die Exporteinnahmen der Opec im Jahr 2011 von 900 Milliarden Dollar lassen aufhorchen. Die jüngsten Ereignisse in Nordafrika, dem Mittleren Osten und Japan bestätigen den eindeutigen Handlungsbedarf in Energiefragen. Im Interesse einer nachhaltigen, unabhängigen und wettbewerbsfähigen Wirtschaft muss die Schweiz den Weg in Richtung Energieeffizienz, Erneuerbare Energien und intelligente Netze jetzt einschlagen.

Die Herausforderungen sind vielfältig

Eine Gesamtenergiestrategie für die Schweiz ist komplex und hängt von den verschiedensten Annahmen und Massnahmen ab. Die verbreitete Ansicht, es drohe eine Stromlücke, welche zwingend zum Bau von neuen KKW's oder neuen Gaskombikraftwerken führe, greift zu kurz und ist der Schweizer Wirtschaft nicht dienlich. Ausserdem lenkt die Stromlücken-Diskussion den Fokus einseitig auf das Thema Stromversorgung. Dabei wird ignoriert, dass wir derzeit ca. 70% unserer Gesamtenergie in Form von fossiler Energie vom Ausland beziehen und dass in der Schweiz auch Uran als Rohstoff nicht zur Verfügung steht. Die Herausforderungen der heutigen Energieversorgung sind vielfältig (vgl. Abbildung. 1) und verlangen eine Wende – eine zeitgerechte, umfassende Energiestrategie.

Abbildung. 1
Die Herausforderungen der heutigen Energieversorgung





3. Grundsätze und Ziele

Ein klarer Handlungsbedarf in der Energiepolitik ist unbestritten. Die Notwendigkeit und den Nutzen einer Energiewende finden heute eine immer breitere Anerkennung. In den kommenden Jahren und Jahrzehnten sollen und müssen entscheidende Anstrengungen unternommen werden – im Interesse von Wirtschaft und Gesellschaft. Diese Neuorientierung beinhaltet Gestaltungsfreiraum, verlangt aber nach klaren Zielvorgaben. swisscleantech hat daher die Grundsätze und Ziele definiert, wie eine wettbewerbsfähige und nachhaltige Zukunft der Schweizer Energieversorgung aussehen soll und auf welchem Weg diese erreicht werden kann.

Konsequente Berücksichtigung der Kostenwahrheiten und Risiken – bei allen Energieformen

Entscheidend für den Energieversorgungs-Mix der Zukunft sind die wahren Kosten der einzelnen Energiequellen (Vollkostenrechnung). Dazu gehören die Kosten von CO₂-Emissionen, Subventionen, Versicherung, Rückbau, Entsorgung, Stilllegung, Biodiversität, Gesundheit und geopolitische Verfügbarkeits-Risiken. Zum Beispiel muss bei der Frage der Auslandsabhängigkeit unterschieden werden, ob es sich bei 'Importen' um libysches Öl (hohes geopolitisches Risiko) oder deutschen Windstrom (tiefes geopolitisches Risiko) handelt. Sobald Vollkosten im Preis und in den Rahmenbedingungen integriert sind, entsteht Planungssicherheit und eine nachhaltige Umsetzungslösung kann vom Markt gefunden werden. Durch die Lenkung über den Preis hat die Wirtschaft einen permanenten, transparenten und effizienten Anreiz zu Investitionen und kann im Wettbewerb die innovativsten Lösungen erarbeiten.

Versorgungssicherheit, lokale Wertschöpfung, Wettbewerbsfähigkeit

Entscheidend für die Wirtschaft ist eine intelligente, dezentrale und gesicherte Versorgung zu transparenten und planbaren Preisen. Zudem müssen bei der Beurteilung einer neuen Energiestrategie neben den Implementierungskosten immer auch die wirtschaftlichen Chancen einer neuen Energiepolitik betrachtet werden. Anstrengungen im Bereich der Effizienz und der Erneuerbaren Energien führen zu einer Verlagerung der Wertschöpfung vom Ausland ins Inland. Ein starker Heimmarkt dank inländischen Massnahmen erhöht die Wettbewerbsfähigkeit in den schnell wachsenden internationalen Cleantech Exportmärkten.

Gleichzeitig können Sonderregelungen für energieintensive Branchen, die exportieren oder deren Produkte durch Importe konkurrenziert werden, diese entlasten. Energieintensive Branchen stellen jedoch lediglich 2.5% der Arbeitsplätze und 5.2% des Schweizer Energieverbrauchs dar (vgl. Abschnitt 9.3) und dürfen kein Vorwand dazu sein, die Energiewende halbherzig umzusetzen.

Qualität der Energie als wichtiges Entscheidungskriterium für den Standort Schweiz

Es kann nicht Ziel einer Energiestrategie sein, möglichst viel und möglichst billige Energie bereit zu stellen – vor allem nicht für den Qualitätsstandort Schweiz. Vielmehr ist neben dem Preis die Qualität der Energie als Entscheidungskriterium einzubeziehen. Qualitativ hochstehende Energie ist frei von Emissionen, risikoarm und lokal verfügbar. Sie erlaubt Produkt- und Dienstleistungsangebote mit geringem ökologischen Fussabdruck und stellt daher einen immer wichtiger werdender Wettbewerbsfaktor dar.

Glaubwürdigkeit der Schweiz als Cleantech Vorreiterin

Die Schweiz ist eines der weltweit wettbewerbsstärksten, innovativsten und reichsten Länder. Gleichzeitig sind wir aber auch ein Hochpreisland mit einem kleinen Heimmarkt. Um im internationalen Wettbewerb kurz- und langfristig zu bestehen, muss sich die Schweizer Wirtschaft von der globalen Konkurrenz durch Innovation abheben. Wie auch im Cleantech Masterplan des Bundes² dargelegt, stellt der Bereich Ressourceneffizienz einen sehr attraktiven Innovationsbereich dar. Die wirtschaftliche Positionierung der Schweiz als Cleantech Vorreiterin muss daher auch bei der Energiestrategie im Vordergrund stehen. Die Schweiz ist in einer exzellenten Position, eine Cleantech Vorreiterrolle auch bei der Energie wahrzunehmen. Eine Energiepolitik mit Fokus auf Energieeffizienz, Erneuerbare und intelligente Netze unterstützt diese Stossrichtung. Sie passt zu einer modernen, sauberen und sicheren Schweiz.

Ausrichtung an den Klimazielen

Die Energiepolitik hat sich an den Klimazielen auszurichten und nicht umgekehrt. Hier dürfen keine Kompromisse gemacht werden – auch aus Risikoüberlegungen. Das Klimaziel gibt zudem entscheidende Marktpulse für die Steigerung der Energieeffizienz. Der Stern Report (2007) zeigt auf, dass es billiger ist heute zu handeln, als Massnahmen auf morgen zu vertagen. Die jüngsten wissenschaftlichen Erkenntnisse lassen keinen Zweifel mehr offen, dass dringender Handlungsbedarf auf internationaler Ebene besteht. Die Schweiz soll sich aktiv für ein globales Klimaabkommen einsetzen.

² www.cleantech.admin.ch/cleantech/index.html?lang=de

Die 5 Hauptziele der Cleantech Energiestrategie

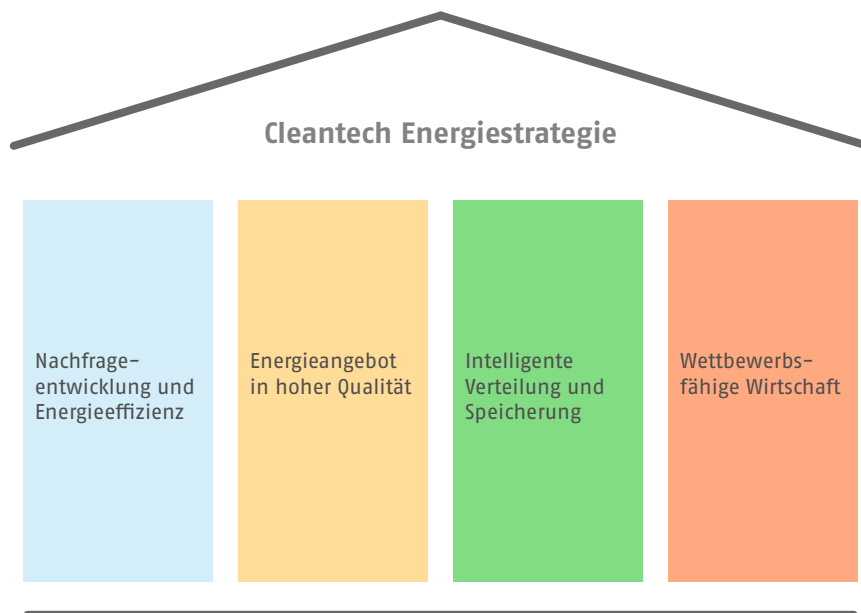
- 1** *Wahre Versorgungssicherheit durch eine Reduktion der nuklearen, geopolitischen und preislichen Risiken und eine Erhöhung des Eigenversorgungsgrades der gesamten Energie auf min. 70% bis 2050.*
- 2** *Systematische Stärkung der Schweizer Wettbewerbsfähigkeit durch Innovationsimpulse und First-Mover Vorteile.*
- 3** *Durchführung aller wirtschaftlich sinnvollen Effizienzmassnahmen zur Verbrauchsreduktion, ohne Einschränkung der Lebensqualität.*
- 4** *100% erneuerbare Stromversorgung bis 2050 (inkl. Importe) ohne Beeinträchtigung der Biodiversität und unter Berücksichtigung des Landschaftsschutzes und sozialen Faktoren.*
- 5** *1 Tonne CO₂eq pro Kopf im Jahr 2050. Dies entspricht einer Senkung der Schweizer Treibhausgase mit Massnahmen im Inland um mindestens 80% gegenüber 1990. Als Zwischenziele sollen die CO₂-Emissionen im Inland bis 2020 um mindestens 20% und bis 2035 um mindestens 50% reduziert werden.³*

³ Zudem soll die Schweiz jeweils weitere 20% durch Massnahmen im Ausland reduzieren.

4. Strategie: Die IV neuen Säulen

Erst durch die Implementierung spezifischer Massnahmen wird die Cleantech Energiestrategie zum Erfolg. Diese betreffen verschiedene Bereiche der Politik. So ist zum Beispiel die Energieversorgung mit Erneuerbaren Energien auf ausreichende Speicherkapazitäten und ein intelligentes Netz angewiesen. Die Montage der Solarzellen braucht das Fachwissen der Handwerker, und für die Entwicklung der Geothermie ist eine intensivierte Forschung notwendig und es müssen Pilotanlagen gebaut werden. Als Grundlage der Massnahmenstrategie schlägt swisscleantech eine Neudefinition der vier Säulen der Schweizer Energiepolitik vor.

Abbildung. 2
Die IV neuen Säulen der Cleantech Energiestrategie
(bisher: Energieeffizienz, Erneuerbare Energien, Grosskraftwerke und Energieaussenpolitik)



I. Nachfrageentwicklung und Energieeffizienz

Die Steigerung der Energieeffizienz ist Voraussetzung für die Entkoppelung von Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch und trägt zur Verminderung der Auslandsabhängigkeit bei. Sämtliche wirtschaftlichen Potenziale zur Energieeffizienz müssen konsequent und proaktiv genutzt werden. Haupttreiber für die Umsetzung ist die Internalisierung der Kosten. In Bereichen, in denen steigende Kosten ungenügend wirken, kommen progressiv verschärfte Grenzwerte und Standards zur Anwendung.

II. Energieangebot in hoher Qualität

Sämtliche Quellen für nutzbare Energien sollen zum Einsatz kommen. Dabei ist entscheidend, dass alle Quellen ihre vollen Kosten tragen. Mit Ausnahme der Tiefen-Geothermie (Einsatzbereitschaft ca. 2030 erwartet) werden nur Potenziale in Betracht gezogen, die heute bereits zur Verfügung stehen. Der Fokus liegt auf der Qualität, auch wenn diese insgesamt zu ca. 30% höheren Stromkosten führt. Die Kosten werden durch Vorteile wie höhere Wertschöpfung im Inland, geringere CO₂-Belastung, geringere Kosten durch Energieeinsparungen, höherer Eigenversorgungsgrad und bessere Cleantech-Positionierung mehr als kompensiert. Da die fossilen Brennstoffe massgeblich für den Treibhauseffekt verantwortlich sind, gilt es den Bedarf durch Massnahmen wie die CO₂-Abgabe zu lenken und schrittweise zu reduzieren.

III. Intelligente Verteilung und Speicherung

Auf Grund der Zunahme von dezentralen Produktionseinheiten aus erneuerbaren Quellen und einer Dynamisierung des Stromimports kommt dem Netzausbau eine grosse Bedeutung zu. Zentrale Elemente sind intelligente Netze und der Bau und Anschluss an Transeuropäische Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungsnetze (HGÜ). Diese Massnahmen unterstützen die verlässliche Bereitstellung von Strom, reduzieren die Kosten erneuerbarer Energiequellen und bieten neue Möglichkeiten hinsichtlich Stromspeicherung und Handel. Insbesondere die Speicherung wird im Tagesgang und saisonal notwendig sein. Die Bewirtschaftung der Speicherseen muss so optimiert werden, dass überschüssiger Strom aus Erneuerbaren Energien effizient gespeichert werden kann. Die Schweiz kann hier auf existierende Stärken und vorhandene Infrastrukturen zurückgreifen, muss diese aber zielgerichtet weiter ausbauen. Für die dafür notwendigen Investitionen braucht es die richtigen Rahmenbedingungen.

IV. Wettbewerbsfähige Wirtschaft

Neben der verbreiteten Fokussierung auf die Energiekosten muss im wirtschaftlichen Kontext ein weiterer Fokus auf die Wettbewerbsfähigkeit der Schweizer Wirtschaft gelegt werden. Energieeffiziente Produkte und Produkte zur Gewinnung von Erneuerbaren Energien stellen einen boomenden internationalen Wachstumsmarkt dar. An diesen Chancen soll die Schweizer Industrie teilhaben und sich als Marktleader etablieren können. Die Schweiz soll im Inland vortreiben, was sie im Ausland verkaufen will und so kontinuierlich in relevanten Bereichen Wissen und Erfahrung generieren.

5. Das Cleantech Energiemodell

Um die Energiediskussion zu versachlichen, und um gleichzeitig die Umsetzung einer zukunftsfähigeren, technisch machbaren und wirtschaftsfreundlichen Energiestrategie einzuleiten, hat swisscleantech über die vergangenen 18 Monate ein Energiemodell erarbeitet. Dieses wurde im Juli 2012 einer Due-Diligence-Prüfung hinsichtlich seiner arithmetischen Funktionalität durch Ernst&Young unterzogen. Das Energiemodell soll alle Akteure in den Festlegungen von Strategie, Zielen und Massnahmen unterstützen.

Das Szenario-Modell ermöglicht die Darstellung der vorgesehenen Entwicklung bis 2050 unter Einhaltung der auf Seite 15 beschriebenen Ziele der Cleantech Energiestrategie. Das Modell basiert auf über 100 Parametern, von denen 50 Hauptparameter dynamisch verändert werden können, um verschiedene Entwicklungen aufzuzeigen und vergleichen zu können. Beispiele für solch veränderbare Grössen sind die Potenziale der Energieeffizienz oder der einzelnen Erneuerbaren Energien. Die Parameter wurden im Dialog mit Mitgliederfirmen und Experten, im Rahmen der Diskussionen in den swisscleantech Fokusgruppen, abgeschätzt und mit bestehenden Studien verglichen.

swisscleantech hat verschiedene Szenarien berechnet und hat jeweils den Fokus stärker auf die Effizienz oder auf die Erneuerbaren Energien gesetzt. Das im Folgenden präsentierte Basisszenario stellt einen ausgewogenen Mix zwischen Effizienzmassnahmen und Kapazitätsausbau bei den Erneuerbaren Energien dar. Es ist aus Sicht von swisscleantech ein wirtschaftlich attraktiver Weg. Bei einer Veränderung der Rahmenbedingungen (z.B. der frühzeitigen Schliessung eines bestimmten Grosskraftwerks) können und müssen die hier dargelegten Szenario-

narioannahmen geändert werden, um wiederum ein in sich kohärentes und finanzierbares Szenario darzustellen. Nebst der Erreichung der Ziele der Cleantech Energiestrategie setzt diese voraus, dass auf europäischer Stufe die notwendige Netzinfrastruktur entsteht und der Anschluss der Schweiz gewährleistet ist (siehe auch Kapitel 8).

Die vorliegende Strategie rechnet alle in der Schweiz anfallenden Emissionen und Emissionen von gekauftem Strom und gekaufter Fernwärme mit ein (Scope 2 gemäss Greenhouse Gas Protokoll). Die sogenannte «Graue Energie» welche in Form von produzierten Gütern und ihrer Transporte in die Schweiz importiert wird, ist nicht berücksichtigt.

6. Nachfrageentwicklung und Energieeffizienz

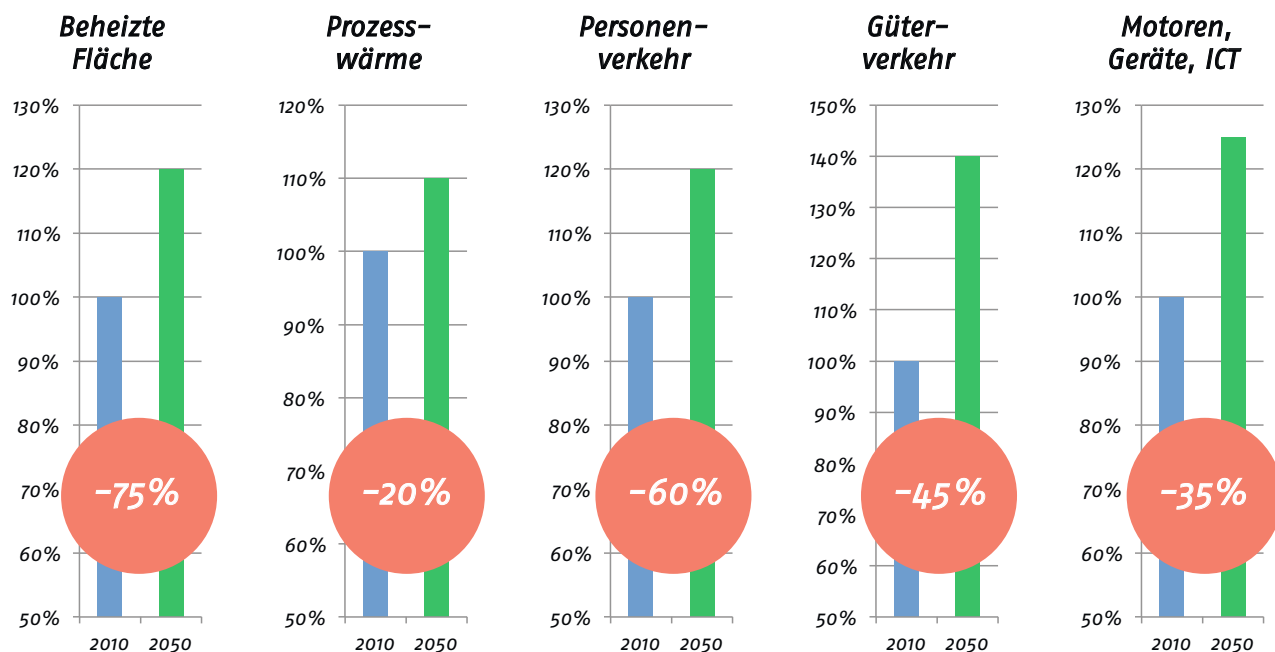
Nicht benötigte Energie ist die billigste Energie. Weniger Energieverbrauch bedeutet auch weniger Abhängigkeit und mehr Wertschöpfung durch die Entwicklung und Anwendung von neuen Technologien. Ein geringerer Energieverbrauch ist jedoch nicht primär durch den Verzicht auf die nachgefragten Dienstleistungen zu erzielen, sondern durch deren qualitative Verbesserung (Effizienz). Entscheidend ist nicht die eingesetzte Menge an **Primärenergie** (z.B. Heizöl, Gas, Benzin oder Strom), sondern das resultierende Angebot an **energieverbrauchenden Dienstleistungen**. Beispiele sind die Kühlung und Beheizung von Wohn- oder Büroflächen, Mobilität oder der Betrieb von Geräten. Es wurde deshalb pro Dienstleistung die antizipierte Bedarfszunahme sowie das wirtschaftliche und technisch mögliche Effizienzpotenzial berechnet (vgl. Abbildung 3 und Tabelle 1).

Die Umsetzung der vorhandenen Effizienzpotenziale führt insgesamt, trotz der ansteigenden Nachfrage nach Dienstleistungen, zu grossen **Einsparungen im Gesamtenergieverbrauch**. Zusätzlich kommt es zu Verlagerungen von ineffizienten Technologien mit schlechten gesamtenergetischen Wirkungsgraden (z.B. Ölheizungen, elektrische Boiler oder elektrische Heizungen) zu effizienteren Systemen (z.B. Wärmepumpen, Solarthermie oder WKK). Dies wiederum resultiert in einer starken Reduktion der fossilen Energien, jedoch auch in einem **Anstieg des Strombedarfs**. Die Höhe des Strombedarfsanstiegs hängt massgeblich von der Umsetzungsgeschwindigkeit im Gebäudebereich

(Gebäudestandards bei Neubauten, Sanierungsraten, Einsatz von Wärmepumpen, etc) und von der Verbreitung der Elektromobilität ab.

Markante Innovationen sind sowohl im Gebäude- wie im Mobilitätsbereich möglich. Da diese Innovationen gewichtige gesamtenergetische wie auch soziale und wirtschaftliche Vorteile bringen, rechnet swisscleantech mit einer raschen Verbreitung dieser Technologien. swisscleantech geht daher von einem **Anstieg des Strombedarfs von heute ca. 60TWh auf ca. 80TWh bis 2050** aus.

Abbildung. 3
Energienachfrage: Dienstleistungen versus Effizienzpotenzial pro Dienstleistungseinheit (gerundete/konsolidierte Werte)



Die Säulen zeigen pro Energiedienstleistung den Anstieg des Energiebedarfs bis 2050 unter Berücksichtigung der geschätzten Effizienzpotenziale (Prozentzahl im Bubble).

Als Basis für die Bedarfsentwicklung wird ein **Bevölkerungswachstum** von heute knapp 8 Mio. auf 9 Mio. Einwohner bis ins Jahr 2050 angenommen. Dies entspricht den Prognosen des BFS (2010). Das **Wirtschaftswachstum** wird analog einem 'Business as usual' Szenario mit

einer durchschnittlichen jährlichen Zuwachsrate von 1.2% bis 2050 (Seco 2011) antizipiert. Die nachfolgende **Tabelle** zeigt die wichtigsten Parameter der Bedarfsentwicklung und der eingerechneten Effizienzpotenzialen auf.

Tabelle. 1
Hauptparameter der Bedarfsentwicklung und Effizienzpotenziale pro Dienstleistung

Bereich	Entwicklung 2010 bis 2050	2050
Beheizung	Flächenwachstum: Die beheizte Fläche wird bis 2050 weiter wachsen, allerdings wird sich das spezifische Wachstum von 5m ² pro Person und Jahrzehnt verlangsamen, sodass eine Zunahme der beheizten Fläche von insgesamt 20% resultiert. Dieses Flächenwachstum soll vor allem in den bereits besiedelten Gebieten durch eine gezielte Verdichtung erreicht werden.	+20%
	Heizenergie pro Gebäudefläche: Neue Gebäude werden ab 2020 grösstenteils Nullenergiehäuser sein, der bestehende Gebäudebestand wird schrittweise modernisiert. Die Rate der energetischen Sanierungen beträgt 2.5%. Eine wichtige Rolle spielen optimale Wärmedämmungen. Der Heizenergieverbrauch ⁴ kann im Durchschnitt aller Gebäude um 60% reduziert werden. Für architektonisch wertvolle und geschützte Gebäude gelten spezielle Regeln (vgl. übernächste Zeile).	-60%
	Wärmeerzeugung: Die meisten Gebäude werden in Zukunft mit Wärmepumpen beheizt. 2050 werden diese im Mittel eine Jahresarbeitszahl von 5 aufweisen. Dies führt zu einer Reduktion der benötigten hochwertigen Energie ⁵ von 80%.	-80%
	Verdichtete Stadtkerne und architektonisch wertvolle Gebäude: Separat behandelt werden müssen unsere verdichteten Stadtzentren, die über eine grosse Besiedlungsdichte verfügen. Diese Areale können kaum durch Wärmepumpen beheizt werden. Die vorherrschende Bausubstanz kann oft nicht umfassend saniert werden, ohne dass der architektonische Ausdruck zerstört wird. Mittels Dämmung kann im Schnitt eine Reduktion des Heizwärmebedarfs von bis zu 35% erreicht werden. Ziel ist es, diese Gebäude über Wärmeverbunde mit Abwärme zu beheizen. Übrig bleibt eine geringe Anzahl von Gebäuden, die nicht an ein Fernwärmenetz angeschlossen werden kann. Diese Gebäude sollen in Zukunft durch die Abwärme von wärmegeführten Blockheizkraftwerken (BHKW) beheizt werden.	-30% bis -35%
	Verbrauchsreduktion Beheizung total: Um dieses Potenzial zu realisieren ist die Raumplanung von entscheidender Bedeutung. Grundsätzlich müssen die bestehenden Siedlungsflächen optimiert werden. Mit raumplanerischen Methoden muss auch dafür gesorgt werden, dass dünnbesiedelte Gebiete verdichtet und wenig taugliche Gebäude durch zukunftsfähige Neubauten ersetzt werden. Eine zielgerichtete Raumplanung beschränkt nicht nur den Landverbrauch, sie ist auch für die Verkehrsentwicklung entscheidend.	-75%
Personenverkehr (MIV)	Allgemeine Mobilitätszunahme: In Personenkilometern nimmt die Mobilität bis 2050 um rund 20% zu. Damit steigt diese leicht überproportional zur Bevölkerungsentwicklung.	+20%

⁴ Der Heizenergieverbrauch ist definiert durch den Verlust an Wärmeenergie eines Gebäudes und macht keine Aussage darüber, wie diese zur Verfügung gestellt wird.

⁵ Z.B. Strom, Öl oder Gas. Werden diese Energieträger verbrannt, wird ihr Energiegehalt vollständig in Wärme umgewandelt. Im Gegensatz dazu ist bei einer Wärmepumpe mit einer Jahresarbeitszahl von 5 nur ein Anteil von 20% Strom für 100% Wärme notwendig.

Bereich	Entwicklung 2010 bis 2050	2050	
	Öffentlicher Verkehr: Dieser wächst überproportional. 20% des heutigen motorisierten Individualverkehrs (MIV) wird in Zukunft zusätzlich über den öffentlichen Verkehr abgewickelt. Dies ergibt im Schnitt gegenüber heute eine MIV-Energieeinsparung von 80%.	-80%	
	Virtueller Verkehr und Langsamverkehr: Durch eine gezielte Förderung können damit 15% des heutigen MIV ersetzt werden. Beide Mobilitätsformen benötigen nur 1–2% des MIV-Energiebedarfs.	-98%	
	Elektrofahrzeuge: Die Elektromobilität spielt in der Mobilität der Zukunft eine grosse Rolle. 40% aller Fahrzeuge werden 2050 elektrisch oder weitgehend elektrisch betrieben werden. Diese haben einen dreimal tieferen Energieverbrauch pro Kilometer im Vergleich zu herkömmlichen Fahrzeugen.	-66%	
	Personenfahrzeuge mit konventionellen Verbrennungsmotoren: Die restlichen 25% des MIV werden durch effizientere Personenfahrzeuge bestritten (leichtere, bessere Verbrennungsmotoren, etc). Auch sie weisen einen deutlich reduzierten Energieverbrauch auf.	-50%	
	Verbrauchsreduktion Personenverkehr (MIV) total	-60%	
	Güterverkehr	Allgemeine Mobilitätszunahme: Der Güterverkehr nimmt in Tonnenkilometern bis 2050 um rund 40% zu.	+40%
	Schienerverkehr: Dieser wächst überproportional. 22% des heutigen Güterverkehrs wird in Zukunft zusätzlich auf die Schiene verlagert. Dies ergibt im Schnitt gegenüber heute eine Energieeinsparung von 80%.	-80%	
	Feinverteilung mit Elektrofahrzeugen: Diese übernimmt 15% des motorisierten Güterverkehrs. Damit ist eine Reduktion des Energieverbrauchs pro Kilometer um einen Faktor 2 möglich.	-50%	
	Güterfahrzeuge (Lastwagen) mit konventionellen Verbrennungsmotoren: Bestreiten die restlichen 63% des Güterverkehrs. Auch sie weisen einen deutlich reduzierten Verbrauch durch Verbesserung der Verbrennungsmotoren und der Konstruktion auf.	-30%	
	Verbrauchsreduktion Güterverkehr total	-45%	
	Prozessindustrie (Wärmeanwendungen in der Industrie)	Zunahme: Nach wie vor soll ein moderates Wachstum der Produktion möglich sein. Es ist allerdings nicht davon auszugehen, dass eine Re-Industrialisierung mit energieintensiven Produktionsprozessen stattfindet.	+10%
	Effizienzsteigerung: Durch eine konsequente Optimierung der Produktionsanlagen ist eine Reduktion um weitere 20% möglich. Abwärmenutzung, bessere Isolation und Prozessumstellungen stehen im Vordergrund.	-20%	
	Stromverbrauch Motoren, Geräte, ICT (Industrie und Private)	Zunahme: Auch bei den stromverbrauchenden Geräten ist ein Wachstum des Output vorgesehen. Die von den Geräten geleisteten Dienstleistungen (z.B. Kraft, Kühlung, Information etc.) werden um einen Viertel zunehmen – leicht überproportional zur Bevölkerungsentwicklung.	+25%
	Effizienzsteigerung: Gleichzeitig werden die Geräte effizienter. Wichtige Stossrichtungen sind die Reduktion des Betriebs ohne Nutzen durch bessere Steuerungen, Motoren mit Frequenzumformer und die fortschreitende Miniaturisierung bei der ICT.	-35%	

- Wachstum der nachgefragten Dienstleistungen
 - Effizienzgewinn beim Bereitstellen der Dienstleistung im Vergleich zu heute.
- Erläuterung: Nimmt zum Beispiel die beheizte Fläche in der Schweiz zu, steigt die nachgefragte Dienstleistung. Werden die Gebäude aber besser gedämmt wird weniger Energie benötigt um diese zu beheizen. Dies ist ein Effizienzgewinn.

7. Energieangebot in hoher Qualität

Eines der Hauptziele der Cleantech Energiestrategie ist es, forciert aus der Nutzung fossiler Brenn- und Treibstoffe auszusteigen. Neben der Steigerung der Effizienz (1. Säule) ist deshalb insbesondere die inländische Stromproduktion aus Erneuerbaren Energien entscheidend. Bei der Verwendung der einzelnen Energieträger ist deren Wertigkeit⁶ ein wesentliches Kriterium. Die entsprechenden Überlegungen sind in Tabelle 2 dargestellt.

7.1 Erneuerbare Energien

Die Cleantech Energiestrategie geht davon aus, dass durch die kostendeckende Einspeisevergütung den Erneuerbaren Energien kurz- und mittelfristig der nötige Anstoss verliehen werden kann. Bei der Ausgestaltung der KEV ist eine vollständige Entdeckung nicht sinnvoll, vielmehr soll ein vernünftiges **organisches Wachstum** der entsprechenden Branchen sichergestellt werden. Mehrjährige Wachstumsphasen von über 50% werden dabei für alle Branchen/Technologien von vornherein ausgeschlossen um Blasenbildung zu vermeiden. Langfristig wird angenommen, dass durch den Einbezug der Vollkostenrechnung die Erneuerbaren Energien im Markt wettbewerbsfähig sind.

Solarenergie

Als Stromerzeugungstechnik mit sehr geringen negativen lokalen Externalitäten liefert die Solarenergie einen wichtigen Beitrag an die Cleantech Energiestrategie. Im vorliegenden Szenario wird angenommen, dass die Photovoltaik (PV) den Benchmark darstellt. Andere Technologien zur Gewinnung von Solarstrom werden nicht ausgeschlossen, müssten aber wirtschaftlicher sein. Die erwartete Stromproduktion aus PV entspricht einer benötigten Fläche von rund

150 km², was weniger als 30% der schweizerischen Gebäudefläche ausmacht.⁷ Weitere interessante Potenziale liegen in den Bergen sowie über Verkehrsinfrastrukturen. Somit steht genügend wenig genutzte Fläche zur Verfügung.

Um der Solarindustrie eine Wachstumsgeschwindigkeit zu ermöglichen, die auch praktisch realisierbar ist und nicht zur Blasenbildung führt, wird das jährliche Wachstum der Industrie auf maximal 30% limitiert. Bis ins Jahr 2025 flacht dieses auf rund 10% pro Jahr ab. Bereits ab 2030 wird die Solarenergiebranche ihr prognostiziertes Produktionsvolumen erreichen. Ein Anstieg der Stromproduktion wird in dem Masse erreicht, dass gerade noch die Produktionsanlagen erneuert werden, welche zur Produktion der anvisierten Energiemengen benötigt werden. Ab 2055 halten sich Erneuerung und Demontage die Waage. Durch den technologischen Fortschritt wird die Solarstromproduktion trotzdem weiter ansteigen. Die Kosten der Produktion von Solarstrom (inkl. Kosten für die Speicherung) werden im Jahr 2050 mit 0.1 Fr / kWh angenommen. In diesem Preis sind Speicherkosten für eine kurzfristige, dezentrale Speicherung von 0,02 Fr/kWh einberechnet.

In der Cleantech Energiestrategie wird weiter angenommen, dass die Sonnenenergie nebst der Stromgewinnung für die Erwärmung von 40% des Warmwassers eingesetzt wird (Solarthermie).

Wasserkraft

Beim Ausbau der Wasserkraft müssen Nutzen und Schutz der Biodiversität in ein Gleichgewicht gebracht werden. Die Cleantech Energiestrategie geht deshalb von einem geringen Ausbau von Kleinwasserkraftwerken aus. Nicht auszuschliessen ist jedoch, dass durch neue

⁶ Hochwertige Energien haben einen hohen Exergiegehalt, sie können möglichst vollständig in Wärme umgewandelt werden. Für eine optimale Nutzung der Primärenergie muss bei jeder Energieumwandlung der Exergieverlust möglichst klein gehalten werden.

⁷ Die Gebäudefläche dient hier als Parameter, weil man davon ausgehen kann, dass bis ins Jahr 2050 auch viele der heute ungeeigneten Dächerformen so optimiert werden, dass Solarenergie gewonnen werden kann.

⁸ Bei der petrothermalen Geothermie wird die Energie dem trockenen Gestein entzogen, im Gegensatz zu hydrothermalen Geothermie, für die eine tiefliegende Wasserschicht vorhanden sein muss. Die petrothermale Geothermie wäre deshalb viel breiter einsetzbar. Allerdings ist dieses Verfahren noch in der Entwicklungsphase.

Kleinkraftwerke Lösungen gefunden werden können, die sogar zu einem netto Gewinn an Biodiversität führen, indem heute hart verbaute Mittellandflüsse renaturiert werden. Die Zunahme der Wasserkraft insgesamt beträgt 5%. Bei der Grosswasserkraft halten sich Verluste aufgrund des Klimawandels und Gewinne durch die Renovation der Anlagen in etwa die Waage.

Biomasse

Eine direkte Verbrennung von trockener Biomasse zur Wärmeerzeugung kommt nur noch in seltensten Fällen zur Anwendung. Trockene Biomasse wird in Zukunft auf zwei Arten verwendet: 33% der Biomasse wird zur Produktion von Prozessenergie verwendet (da dafür hohe Temperaturen gebraucht werden), der Rest wird der Verstromung in Biomassekraftwerken zugeführt.

Feuchte Biomasse wird konsequent vergoren und das entstehende Biogas wird verstromt. In der weiteren Zukunft werden die Methanproduktion und die Verstromung zeitlich und örtlich entkoppelt: Das erzeugte Biogas soll ins Erdgasnetz eingespiessen werden und fossiles Erdgas ersetzen. Zur Berechnung des CO₂-Ausstosses der Schweiz wird Biogas als Gutschrift zur Reduktion der CO₂-Emissionen aus der Stromproduktion mit WKK-Anlagen behandelt.

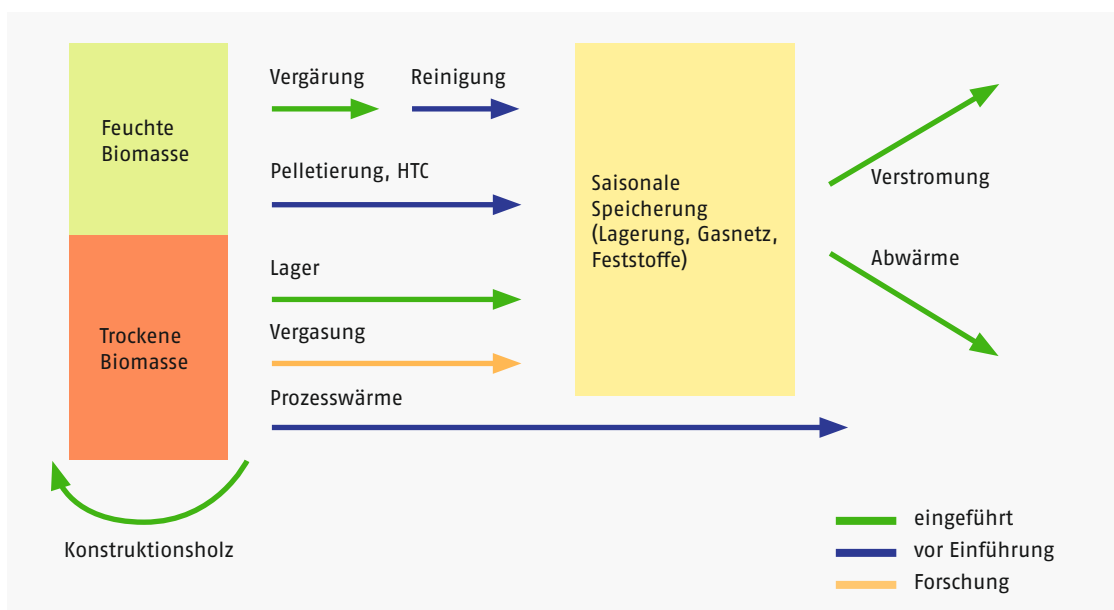
Wind

Aufgrund der Bevölkerungsdichte und den tiefen Windgeschwindigkeiten (d.h. vergleichsweise niedrigen Werten für die Anzahl der erreichbaren Volllaststunden) wird der Windenergie in der Schweiz ein geringeres Potenzial zugeordnet als dies Länder mit Meeresanstoss ausweisen. Trotzdem kann Wind mit 8 Twh elektrisch laut neueren Untersuchungen einen nicht unerheblichen Beitrag leisten. Grosses Potenzial besteht hingegen beim importierten Windstrom. Das finanzielle Engagement von schweizerischen EVU's im Ausland spielt deshalb eine wichtige Rolle.

Geothermie

Die Geothermie, insbesondere die petrothermale⁸ Geothermie kann nahezu unerschöpfliche Energien zur Verfügung stellen. Da das Verfahren heute noch in den Kinderschuhen steckt, bleibt ihr Beitrag in der Cleantech Energiestrategie bis 2040 aber eher klein. Bereits heute kann jedoch für die Entwicklung der Geothermie entscheidende Vorarbeit geleistet werden. Können die grossen Mengen an anfallender Abwärme in Wärmenetzen genutzt werden, reduzieren sich die Kosten der Geothermie beträchtlich. Neben dem ausgewiesenen Bedarf für Wärmenetze ist die Geothermie der zweite Grund, weshalb die Cleantech Energiestrategie Wärmenetze fördern will.

Abbildung. 4
Verwendung der Biomasse in der Cleantech Energiestrategie



7.2 Unterstützende Energiequellen

KVA

Die Energiepotenziale der Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA) gilt es zu nutzen. Einerseits soll die durch die Verbrennung zur Verfügung gestellte Energie über Dampfturbinen zur Stromproduktion verwendet werden. Andererseits steht die Abwärme als Prozessenergie und zum Heizen zur Verfügung. In Zukunft soll der Betrieb der KVA vermehrt saisonal ausgerichtet werden, so dass ein grösserer Beitrag zur Energieversorgung im Winter geleistet werden kann.

WKK

Anlagen zur Wärmekraftkopplung (WKK) produzieren sowohl Strom als auch nutzbare Wärme. Um eine optimale Wertigkeit der Energieträger zu erreichen, ist Wärme für die Beheizung immer aus derjenigen Quelle mit der tiefsten Wertigkeit zu beziehen, welche zur Verfügung steht:

1. Wo Abwärme lokal zur Verfügung steht, müssen die Rahmenbedingungen geschaffen werden, damit diese genutzt werden kann.
2. Falls die Nutzung von Umweltwärme (via Wärmepumpe) möglich ist, gilt es diese einzusetzen.
3. Falls beide Massnahmen aus technischen Gründen nicht möglich oder nicht effizient sind, stellen WKK-Anlagen die richtige Alternative dar.

Der Einsatz von WKK-Anlagen ist vor allem bei dicht überbauten Gebieten sinnvoll. Die Grösse dieser Gebiete definiert den Anwendungsfall für Wärmekraftkopplung. Die Cleantech Energiestrategie geht in Anlehnung an eine Studie von Eicher und Pauli⁹ davon aus, dass 15% der Energiebezugsflächen in solchen Wärmebedarfs-Clustern liegen. In einer Übergangsphase kommen dabei Blockheizkraftwerke (BHKW) zur Anwendung, langfristig soll die Geothermie die Energie für die Wärmekraftkopplung zur Verfügung stellen.¹⁰

Weitere Abwärmequellen

Die in Infrastrukturanlagen zur Verfügung stehende Abwärme soll wo immer möglich genutzt werden. Hochwertige Abwärmequellen verbessern die Wirkungsgrade von Wärmepumpen deutlich, so dass der Strombedarf im Winter reduziert werden kann. Die vorliegende Strategie trägt diesem Potenzial durch die erwartete Jahresarbeitszahl von 5 im Jahr 2050 Rechnung.

Stromimporte

Stromimporte sollen konsequent aus nachhaltigen Quellen stammen. Der Ersatz von fossilen Energien durch Strom aus Kohle- oder Gaskraftwerken ist aus Klimaschutzgründen nicht sinnvoll. Beim Stromimport ist die saisonale und zeitliche Verfügbarkeit entscheidend (vgl. Kapitel 8 und Box zur Stromversorgung im Winter).

Fossile Energien (exkl. WKK)

Auch in Zukunft werden fossile Energieträger eine Rolle spielen. Die Cleantech Energiestrategie beschränkt deren Verbrauch auf einen Wert, der es erlaubt, 2050 das Ziel von 1 Tonne CO₂eq pro Kopf und Jahr zu erreichen. Da auch andere Klimagase berücksichtigt werden müssen, steht pro Person ein Budget von 0.8 Tonnen CO₂ aus dem Energieverbrauch zur Verfügung. Dies bedeutet gleichzeitig, dass das Energieangebot aus fossilen Quellen vergrössert werden kann, wenn mehr Gas und weniger Öl eingesetzt wird. Auf Grund der unbestrittenen Vorteile von Öl in der Handhabung wird trotzdem davon ausgegangen, dass Öl weiterhin eine Rolle spielt. Das Verhältnis von Öl zu Gas wird deshalb auf 1:1 gesetzt. Heute beträgt der Gasanteil nur 20%. Im Grundsatz gilt: fossile Energien wenn immer möglich vermeiden.

⁹ Dr. Eicher+Pauli AG (Markus Erb, Stephan Gutzwiller & Urs Kaufmann): Fossile BHKW – Potenzial und Standortevaluation im Rahmen der Entwicklung der BFE WKK-Strategie, 2012

¹⁰ WKK Anlagen werden mit unterschiedlichen Energieträgern betrieben (Holz, Biogas, Abfälle, in Zukunft Erdwärme und fossile Energieträger). Fossil betriebene BHKW stellen im Winter eine Ergänzung zum vorhandenen erneuerbaren Stromangebot dar. Sollte sich abzeichnen, dass erneuerbarer Strom in grossen Mengen auch im Winter importiert werden kann, könnte diese Strategie modifiziert werden. Dann könnte der Anteil der fossil betriebenen BHKW zugunsten von Verbrennungsheizungen reduziert werden.

Tabelle 2
Verwendung der Energieträger aufgrund ihrer Wertigkeit

	Energieträger									
	Holz	Feuchte Biomasse	Sonnenenergie	Wind	Wasserkraft	Umweltwärme	Kehricht	Fossile Energieträger		
Speicherung (saisonal)		Erdgasnetz			Speicherseen					
Speicherung (Wochen)				Speicherseen	Speicherseen					
Speicherung (Stunden)			Batterien Druckluftspeicher							
Strom	Mit Abwärmenutzung	Mit Abwärmenutzung						Mit Abwärmenutzung		
Mechanische Energie			Mobilität					Mobilität Maschinen		
Hochtemperatur Prozesswärme								Mit Abwärmenutzung		
Mitteltemperatur Prozesswärme	Thermoöl/ Dampf						Dampf	Als Abwärme von WWK		
Heizenergie	Abwärme	Abwärme	Warmwasser			Mit WP	Wärme und Abwärme	Abwärme		

Wertigkeit der Energie in Schattierungen
(dunkel = hochwertig) (hell = niedrig)

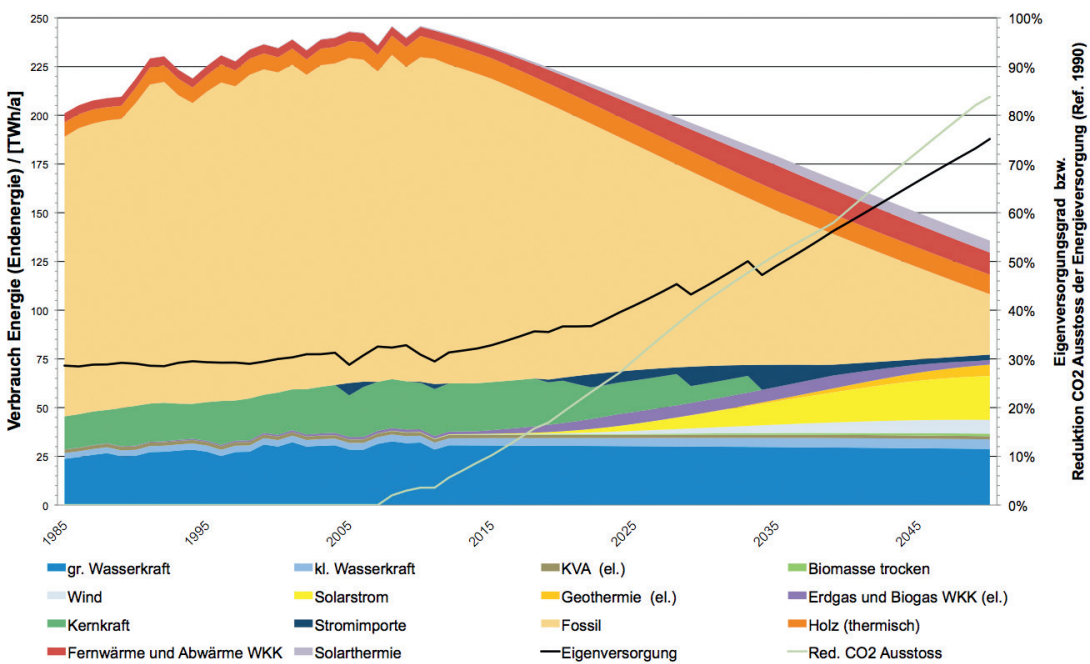
Primärer Einsatz Sekundärer Einsatz Überschuss-Speicherung

Wertigkeit

Tabelle 3.
Wichtigste Merkmale und Resultate des Basisszenarios

Eckwerte	2010	2020	2030	2035	2040	2050
Bevölkerung [Mio]	7.8	8.4	8.7	8.8	8.9	9.0
Endenergieverbrauch [TWh]: Realistische Effizienzsteigerung	245.8	221.8	193.3	179.1	164.3	135.7
Stromverbrauch [TWh]: leichter Anstieg	60	65	71	72	72	77
Verbrauch pro Person [KWh]: 3500 W Gesellschaft im J 2050	31000	27000	22000	20000	18000	15000
Eigenversorgung: Abnahme Auslandsabhängigkeit	31%	37%	45%	49%	58%	75%
CO ₂ -Emissionen (Basis 1990): Inlandreduktion von 20% bis 2020	3.6%	19.1%	41.7%	51.4%	60.4%	83.8%
Zusammensetzung Endenergieverbrauch:						
Fossil: Decarbonisierung	166.5	137.1	96.6	79.1	63.7	31.0
Kernenergie: Kontrollierter Ausstieg	23.8	21.7	8.6	-	-	-
Erneuerbare Inland: Anstieg auf fast 75%	53.8	58.3	75.3	84.6	91.9	102.0
Erdgas WKK: Brückentechnologie	1.1	3.1	3.8	4.0	3.7	0.0
Stromimporte: Qualitativ hochstehend	0.5	1.6	9.0	11.4	5.0	2.7
Total	245.8	221.8	193.3	179.1	164.3	135.7
			100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Erneuerbare:						
Grosswasserkraft: konst., ohne neue Pumpspeicherung	32.06	30.39	29.98	29.73	29.46	28.80
Sonne: Potenzial nutzen - vorwiegend Dachflächen	0.08	1.03	7.54	11.90	16.30	22.50
Wärmeverbundnetze: Abwärme einsetzen	4.61	7.48	11.54	13.21	12.51	11.36
Holz thermisch: Prozesswärme (heute Heizung)	10.91	10.41	10.27	10.20	10.14	10.00
Kleinwasserkraft: Selektiv (Biodiversität)	3.50	3.97	4.46	4.70	4.85	4.91
Geothermie: Entwicklungen, verfügbar ab 2030	0.00	0.00	0.19	0.92	2.40	5.88
Wind: Selektiv (Landschaftsschutz)	0.03	0.50	2.92	4.35	5.71	7.10
Biogas WKK: Selektiv (Biodiversität)	0.28	1.13	2.47	2.45	2.43	2.38
KVA: Konstant (50% erneuerbar)	1.73	1.71	1.69	1.67	1.66	1.62
Biomasse verstromt: Selektiv (Biodiversität)	0.13	0.26	0.60	0.81	0.95	1.29
Solarthermie: Warmwasser	0.51	1.42	3.60	4.64	5.55	6.14
Total	53.84	58.30	75.26	84.60	91.94	101.97
			26.3%	47.2%	55.9%	75.1%

Abbildung. 5
Cleantech Endenergieversorgung 1985 - 2050



Entwicklung des Energieverbrauchs der Schweiz bei Implementierung der empfohlenen Massnahmen und Einhaltung der CO₂-Ziele. Unter Einrechnung realistischer Wachstums- und Effizienzpotenzialen. Kernkraft wird als Eigenversorgung gerechnet, mit Ausstieg bis 2034.*

* Die oben dargestellte Grafik wie auch Tabelle 3. stellen die Endenergie beim Konsumenten dar. Die effektive Produktion ist beim Strom um die Netzverluste reduziert (Annahme: Anstieg von heute 4% auf 10% im Jahr 2050).

7.3 Kernkraft

Der geordnete Ausstieg aus der Kernkraft ist im Rahmen einer Gesamtenergiestrategie zu beantworten. Die Vollkostenrechnung der berechenbaren Kosten (Versicherung eines Unfalls mit hoher Freisetzung von Radioaktivität,¹¹ Stilllegung, Rückbau, Endlagerung) führt zu einer markanten Preiserhöhung des KKW-Stroms. Werden zudem die steigenden Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke berücksichtigt, sind diese in Zukunft kaum wettbewerbsfähig. Zudem zeigen externe Analysen der Geschäftsberichte der Schweizer Kernkraftwerke, dass nebst dem volks- auch die betriebswirtschaftliche Rechnung nicht aufzugehen scheint.¹²

Die Kosten der Kernkraft steigen, ganz im Gegensatz zu den Erneuerbaren Energien, welche durch Skaleneffekte schnell günstiger werden. Zudem ist das Restrisiko eines Kernkraftunfalls in der dicht besiedelten Schweiz im Herzen Europas untragbar (eine Studie des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz schätzt den Schadenshöchstfall auf 4'000 Milliarden Franken). Die Cleantech Energiestrategie propagiert daher einen geordneten aber dezidierten Ausstieg aus der Kernkraft, orientiert an deren Sicherheitsanforderungen (vgl. Tabelle 4). Gemäss ihrem Zustand und Ausbaustandard sollten die alten Reaktoren möglichst früh ausgeschaltet werden.



Tabelle. 4
KKW-Ausstiegplan
 (gemäss Vorschlag Bundesrat, basiert auf 50 Jahre Maximallaufzeit)

	Beznau 1	Beznau 2	Mühleberg	Gösgen	Leibstadt
Inbetriebnahme	1969	1971	1972	1979	1984
Laufzeit	50	50	50	50	50
Abschaltung	2019	2021	2022	2029	2034

¹¹ Die Versicherungssumme wurde im Jahr 2008 vom Parlament auf CHF 1.8 Mrd festgelegt.

¹² Müller Kaspar (2012): Analyse externalisierter Kosten sowie der finanziellen Risiken der Energieversorgung. Referat an der Pusch-Tagung vom 4. September 2012.

8. Intelligente Verteilung und Speicherung

8.1 Stromnetz

Für die Umsetzung der Cleantech Energiestrategie kommt dem Netz eine entscheidende Rolle zu. Durch den teilweisen Wegfall der Bandenergie und das Hinzukommen von 'nervöser' (zeitlich unterschiedlich anfallender) Energie aus dem In- und Ausland muss das Schweizer Stromnetz zusätzliche Funktionen wahrnehmen können. Damit diese ab 2025 in Anspruch genommen werden können, sind die dafür notwendigen Infrastrukturinvestitionen rasch zu realisieren.

Freier Verkehr zwischen den Netzebenen in beide Richtungen

Während der Strom bisher im Wesentlichen in einer Richtung – von der Hochspannung zur Niederspannung – floss, muss im neuen, dezentralen Umfeld mit vielen kleinen Produzenten der Strom ungehindert und in beiden Richtungen zwischen den verschiedenen Netzebenen fließen können.

Optimale internationale Anbindung

Mittelfristig werden in Europa verschiedenste erneuerbare Energieerzeugungskapazitäten zur Verfügung stehen. Diese fallen z.T. unregelmässig an. Dies eröffnet für die Betreiber der Schweizerischen Pumpspeicher- und Speicherwerke langfristig interessante wirtschaftliche Chancen. Schon heute kann Windstrom auf der Strombörse zu Spitzenzeiten annähernd zum Nulltarif beschafft werden. Wer diese Energie zeitverschoben zur Verfügung stellen kann, profitiert von hohen Preisen. Die Schweizerische Stromindustrie kann ihre Stärken (grosse Flexibilität dank der Pump- und Pumpspeicherka-

pazität) voll ausschöpfen, wenn die internationale Einbindung eine ausreichend grosse Leistung aufnehmen kann. Dabei muss die Regel- und Speicherinfrastruktur optimal ans Netz angebunden sein. Die Schweiz muss sich deshalb proaktiv in internationale Projekte zur Realisierung von Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungs-Netzen (HGÜ, Englisch HVDC) einbringen. Auf Grund der geographischen Lage der Stromerzeugungskapazitäten und der erneuerbaren Potenziale ist insbesondere eine Nord-Süd Verbindung von Deutschland (Nordsee) nach Italien für die Schweiz von grosser Bedeutung.

Lokaler Netzausgleich durch Smart Grid und lokale Speicher

Ungleichmässige Einspeisung erfordert mehr Regelkapazität. Wird diese zumindest teilweise dezentral bei den Produzenten zur Verfügung gestellt, kann der Netzausbau auf den höheren Netzebenen reduziert werden. Dies vermindert die Ausbaukosten und ermöglicht es, die Batteriefunktion auf europäischer Ebene möglichst auszunützen. Diese Pufferung durch dezentrale Speicheranlagen muss zusätzlich unterstützt werden durch flexibel ansteuerbare Verbraucher und Produktionsanlagen, die bei einer Überschussproduktion abgeschaltet werden können. Es gilt den kosteneffizienten Mix aus Netzausbau, lokalen Zwischenspeichern, abschaltbaren Produzenten und Verbrauchern zu bestimmen.¹³

Offener Markt, flexible Verrechnung

Unterstützt wird dieser Umbau durch eine maximale Flexibilisierung der Verrechnung. Dabei muss nicht nur die Netznutzungsgebühr gemäss den Engpässen flexibilisiert werden (andere Tageszeiten, andere Tarife), es muss auch der Produktionspreis an die momentane Versorgungssituation angepasst werden. Abrechnungstarife sind deshalb in bedeutend kürzeren Intervallen zu bestimmen und zu verrechnen.

¹³ Dieses Potenzial kann allerdings erst voll zur Geltung gebracht werden, wenn die heute vorhandenen Kohlekraftwerke aus Klimaschutzgründen nach und nach als Bandlastproduzenten ausfallen werden.

Die dazu notwendigen technischen und regulatorischen Rahmenbedingungen sind zu schaffen. Weiter ist ein freier Markt für Strom aufzubauen, der Wahlfreiheit und einen freien Zugang für alle Kundengruppen ermöglicht.

8.2 Speicherung

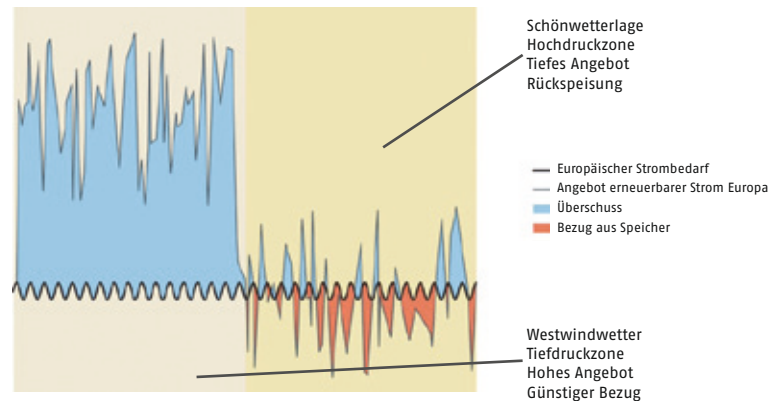
Dezentrale kurzzeitige Speicherung einbinden (Stunden)

Die kurzzeitige Speicherung verlagert Erzeugung und Produktion um Stunden bis maximal einen oder zwei Tage. Da Kurzzeitspeicher vor allem für dezentrale Solaranlagen nutzbringend sind, ist es sinnvoll diese Speicher auch dezentral anzusiedeln. Im Moment steht dazu die Batteriespeicherung im Vordergrund, andere Technologien können ergänzend wirken. Dezentrale Speicherung ergänzt durch die gezielte Zuschaltung von zeitlich flexiblen Verbrauchern kann das Netz auf der untersten Netzebene stark entlasten, die Ausbaukosten senken und den Bedarf an Regulierenergie auf den oberen Spannungsebenen reduzieren. Durch zeitlich differenzierte Vergütungsmodelle kann kurzfristige Speicherung finanziert werden.

Pumpspeicherung strategisch einsetzen (Tage – Wochen)

Für die Speicherung über die Zeit von Tagen bis einigen Wochen ist die Pumpspeicherung prädestiniert. swisscleantech geht davon aus, dass auf Grund der Wetterentwicklung im späten Herbst, Winter und Frühling ein Überangebot an Windenergie im europäischen Netz zur Verfügung stehen wird. Kürzere Phasen mit Überangebot werden sogar im Hochwinter entstehen. Diese gilt es aufzunehmen und zeitverschoben wieder zur Verfügung zu stellen. Auf Grund der schnellen Reaktionszeit kann die Pumpspeicherung auch weiterhin eine wichtige Rolle in der Netzstabilisierung übernehmen.

Abbildung. 6
Zwischenspeicherung Windenergie in Speicherseen

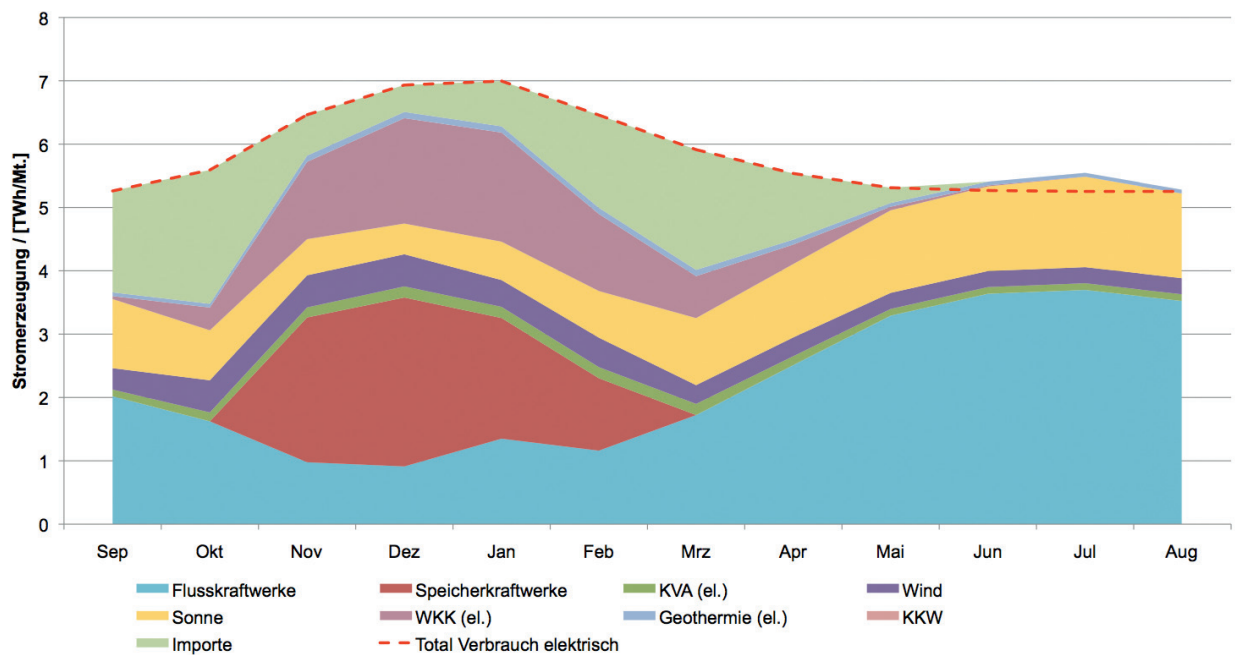


Insbesondere die Windenergie ist stark abhängig von den Wetterbedingungen. Phasen mit hoher Windenergieproduktion werden sich mit Phasen geringerer Produktion im 1-2 Wochenrhythmus abwechseln. Diese Situation eignet sich ideal für eine Zwischenspeicherung in Speicherseen. Voraussetzung ist ein fortlaufender Ausbau der Windenergie im Ausland.

Langfristige Speicherung (Monate)

Für die saisonale Speicherung fehlen im Moment noch befriedigende Lösungen. Beschränkte Mengen können in Speicherseen saisonal verlagert werden, sofern diese weiter ausgebaut werden. Es ist deshalb entscheidend, den Bedarf an saisonaler Speicherung möglichst gering zu halten und das zur Verfügung stehende Budget an fossilen Energieträgern eher im Winter zu verwenden (vgl. Box zur Stromversorgung im Winter). Langfristig besteht die Möglichkeit sommerlichen Überschussstrom dazu zu nutzen, synthetisches Erdgas oder Methanol herzustellen (Power-to-Gas). Über das Erdgasnetz kann so eine gewisse saisonale Verlagerung erreicht werden. In diesem Fall könnten auch GUD-Kraftwerke eine grössere Bedeutung erhalten, sofern sie mit Ergas gespeist werden, welches aus Erneuerbaren erzeugt wird.

Abbildung. 7
Jahresverlauf 2035



Die Stromversorgung im Winter

Für die Schweizer Wirtschaft ist eine sichere Versorgung mit Energie entscheidend. Die Cleantech Energiestrategie setzt sich deshalb intensiv mit der Jahresverteilung des Stromverbrauchs und der Stromproduktion auseinander. Das Angebot, insbesondere an Solarstrom, ist in der Schweiz im Sommer grösser, der Bedarf hat seinen Peak jedoch im Winter. Mit den folgenden Massnahmen kann sichergestellt werden, dass auch im Winter genügend Strom zur Verfügung steht:

- **Ausbau der wärmegeführten Wärmekraftkopplung:** Areale mit hoher Anschlussdichte sollen konsequent durch Fernwärme erschlossen werden. Die Bereitstellung der dafür notwendigen Wärme erfolgt über Anlagen mit Wärmekraftkopplungen (WKK). Diese werden konsequent wärmegeführt betrieben. Längerfristig sollen diese Anlagen mit geothermischen Kraftwerken betrieben werden.
- **Gezielter Einsatz der Speicherseen:** Die Speicherseen werden bevorzugt dann geleert, wenn der Strom eher knapp ist (Dezember bis März). Importe werden deshalb schwererwichtig im Herbst und im Frühling getätigt.
- **Höhere Ausbeute an Solarstrom im Winter:** durch hochalpine PV und PV Anlagen mit Wandmontage.

Für die Darstellung in Abbildung 7 wurde zudem berücksichtigt, dass sich auf Grund des Klimawandels die Produktionsverhältnisse bei den Laufkraftwerken verändern werden: die Winter werden feuchter, die Sommer trockener. Eine gewisse, noch nicht berücksichtigte Entlastung des winterlichen Stromverbrauchs können Plugin Hybrid Fahrzeuge mit Range Extender

bieten. Diese können im Winter vermehrt mit dem Range Extender betrieben werden, während im Sommer vorwiegend mit Solarstrom gefahren wird.

Der verbleibende Bedarf kann durch Importe gedeckt werden, was insbesondere in den Monaten September/Oktober und Februar/März/April der Fall sein wird. Insgesamt muss 2035 (im Jahr nach Abschaltung des letzten Kernkraftwerks) ca. 11 TWh importiert werden.

Sollte es sich abzeichnen, dass entgegen den hier getroffenen Annahmen ein Import von Strom aus erneuerbaren Quellen nicht möglich sein wird, wäre ein Gaskombikraftwerk (GUD) als Absicherung denkbar (innerhalb des durch das CO₂-Gesetz vorgegebenen Rahmens). Dieses sollte über absehbare Zeit blockweise bei optimalem Wirkungsgrad in Dauerlast betrieben werden. Gegen einen GUD Einsatz zur Netzstabilisierung sprechen die Unterhaltskosten, der geringe Wirkungsgrad im Teillastfall und die fehlende Fähigkeit, Angebotsspitzen zu speichern.

Diese Überlegungstellen sicher, dass insbesondere in der Übergangsphase 2035 – 2050 ein ausreichendes Angebot an Strom im Winter zur Verfügung steht. Langfristig geht swisscleantech davon aus, dass erneuerbarer Strom auch im Winter in grossem Mass zur Verfügung stehen wird, sind doch die europäischen Potenziale an Windstrom erheblich. Sollten diese Potenziale schneller zur Verfügung stehen als hier angenommen, könnte auf den Einsatz der WKK verzichtet werden, allerdings nicht auf den Einsatz der Geothermie.

9. Wettbewerbsfähige Wirtschaft

9.1 Volkswirtschaftliche Auswirkungen

Die Auswirkungen eines etappenweisen Ausstiegs aus der Kernenergie unter Beibehaltung einer ambitionierten Klimapolitik wurden von Prof. Lucas Bretschger (ETH Zürich) und zwei Koautoren untersucht. Die Resultate der **Studie¹⁴** zeigen, dass sich in allen untersuchten Szenarien, darunter auch in der hier vorliegenden Cleantech Energiestrategie, keine nennenswerten negativen Auswirkungen auf Wohlstand und Wachstum ergeben. Der Ausstieg kann unter den getroffenen Annahmen zu letztlich geringen Kosten realisiert werden. Die **Wohlstandverluste** gegenüber dem „Business as Usual“ betragen gemäss der Studie **maximal 0.4%**. Das jährliche Wachstum fällt von 1.28% pro Jahr im Schnitt auf 1.257% – ein Effekt der im Vergleich zu den realen Schwankungen vernachlässigt werden kann.

Es gilt zu bemerken, dass bei dieser Analyse die bisher nicht berücksichtigten oder unterschätzten Kosten der Kernenergie und die positiven Effekte einer Reduktion des Klimawandels noch nicht eingerechnet wurden. Bei einer umfassenderen Betrachtung könnte somit sogar eine **positive volkswirtschaftliche Bilanz** gezogen werden.

Die Studie zeigt weiter, dass der Ausstieg zu interessanten **Strukturveränderungen** führt, weil innovative Industrien wie etwa die Maschinenindustrie oder die chemische Industrie gefördert werden. Die Studie findet keine Indizien dafür, dass energieintensive Industrien verdrängt würden. Zwar ist ihr Wachstum weniger schnell als das Wachstum in anderen Wirtschaftsbereichen, es ist jedoch nicht negativ. Dies entspricht einem Trend, der schon heute festgestellt werden kann. Geeignete Politikmassnahmen

wie z.B. die Entlastung dieser Branchen von Energieabgaben unter Verpflichtung zu Effizienzmassnahmen können in diesen Industrien die Auswirkungen hoher Energiepreise reduzieren und zu mehr Wettbewerbsfähigkeit beitragen.

Der **Innovation** kommt gemäss Studie eine zentrale Rolle zu. Der vielfach befürchtete Konflikt zwischen Atomausstieg und der Bekämpfung des Klimawandels kann laut den Autoren nicht bestätigt werden. Der konzentrierte Ausbau der Erneuerbaren Energien führt zu positiven Effekten in allen Bereichen der Innovation. Wird zudem eine hohe Flexibilität in der Verwendung der verschiedenen Energieträger erreicht (hohe Substituierbarkeit), können sogar positive Wohlstandseffekte resultieren. So setzt die Cleantech Energiestrategie etwa auf die Förderung der Elektromobilität, um genau eine solche flexible Verwendung zu ermöglichen.

Die Resultate der Studie sind für swisscleantech nicht weiter erstaunlich. swisscleantech geht davon aus, dass die Stromeinsparungen im Bereich Geräte und Maschinen genauso wie die Gebäudesanierungen bereits bei heutigen Energiepreisen betriebswirtschaftlich positive Erträge erbringen. Voraussetzung ist eine korrekte Berechnung über die Lebensdauer. In diesem Fall beschränken sich die Kosten der Energiewende auf die Netzausbaukosten (die zu einem substantiellen Teil auch ohne Wende anfallen würden) und auf die nicht amortisierbaren Mehrkosten der erneuerbaren Stromerzeugung. Dank der zu erwartenden Lernkurven sind diese Kosten schnell sinkend und belaufen sich bis ins Jahr 2050 auf 80 Milliarden Franken oder im Schnitt auf 2 Mia pro Jahr. Vergleicht man dies etwa mit dem Wiederbeschaffungswert der technischen Infrastruktur der Schweiz von CHF 830 Mrd¹⁵ oder dem jährlichen Brutto-sozialprodukt von CHF 586 Mrd¹⁶ zeigt sich, dass dies eine **bezahlbare Aufgabe** ist.

¹⁴ Bretschger Lucas, Roger Ramer, and Lin Zhang: Economic effects of a nuclear phase-out policy: A CGE analysis, Economics Working Paper Series 12/167, ETH Zurich.

Andererseits ist zu berücksichtigen, dass die Cleantech Energiestrategie **Investitionen** in der Grössenordnung von 210 Mia Fr. in der Energieerzeugung auslösen wird. Diese Investitionen sind zu mindestens 50% in der Schweiz wirksam und schaffen hier Arbeitsplätze. Durch eine Vorreiter-Rolle im Energiebereich kann die Schweiz zudem von Konkurrenz-Vorteilen im internationalen Markt profitieren und ihre Positionierung als Cleantech Standort stärken.

Es gibt also aus volkswirtschaftlicher Sicht keinen Grund, den kombinierten Ausstieg aus fossilen Brennstoffen und der Kernenergie auf morgen zu verschieben. Vielmehr wird ein Ausstieg später wesentlich schwieriger sein, wenn heute mit einem „Business as Usual“ Szenario weitergefahren würde. Eine wichtige Voraussetzung ist, dass die **politischen Rahmenbedingungen** frühzeitig und langfristig festgelegt werden.

9.2 Finanzierung

Zur Finanzierung sollen grundsätzlich Instrumente angewendet werden, welche die **Vollkosten der Energieerzeugung** möglichst gut abbilden. Die Vollkosten müssen für jede Energieform gemäss ihren externen Kosten individuell bestimmt werden (vgl. Tabelle 5). Kosten, die nicht vollständig eingerechnet sind, tragen bis anhin die Gesellschaft, die Umwelt, resp. nachfolgende Generationen. Sie sollen neu in den Energiepreis eingerechnet werden.

Für die **kurzfristige Finanzierung** und den notwendigen engagierten Anschlag der Energiewende kann der bereits etablierte **KEV-Mechanismus** verwendet werden. Durch eine schrittweise Anhebung des Zuschlags für die KEV (Gesamtdeckel) auf maximal 3 Rp und eine Optimierung der Förderung wird der erforderliche Zubau ermöglicht. Bei der Gestaltung der Vergütungssätze sind die technischen Verbesserungen zu berücksichtigen, so kann bei gleichen Finanzmitteln kontinuierlich mehr Kapazität

erstellt werden. Der Zubau an neuen Kapazitäten ist stetig und voraussehbar zu gestalten. Die KEV Beiträge bleiben aber gedeckelt und verhindern damit einen übermässigen Zubau und zu hohe langfristige Finanzverpflichtungen. Am dringlichsten ist dabei eine Anhebung des Deckels bei der Photovoltaik. Mit der gleichzeitigen Beibehaltung der einzelnen Teildeckel wird ein effizienter Einsatz der Mittel angestrebt. Gleichzeitig soll über eine verursachergerechte Tarifierung der Netzkosten erreicht werden, dass die Erneuerbaren Energien schneller wettbewerbsfähig werden.

Nebst dem Zubau an Erneuerbaren Energien wird es notwendig sein, rasch und unbürokratisch in den **Aus- und Umbau der Netzinfrastruktur** zu investieren. Erste eigene Berechnungen zeigen, dass hier Kosten von rund 1 Rp pro kWh über die nächsten 15 Jahre anfallen werden. Der Ausbau kann automatisch über die **Netzkosten** finanziert werden. swisscleantech fordert dafür in erster Linie mehr Transparenz über die Netznutzungstarife.

Gleichzeitig soll sobald möglich eine grundsätzliche **Lenkung über den Preis** eingeführt werden. Dabei gilt es zu beachten, dass sich die Energienachfrage insbesondere in der langen Frist beeinflussen lässt.¹⁷ Der Lenkungsmechanismus soll soweit möglich unterschiedliche Umweltauswirkungen der verschiedenen Energieträger berücksichtigen, um sich kontinuierlich der Vollkostenrechnung zu nähern. Im Gegensatz zum Quotenmodell wird bei der Lenkung nebst der Technologie auch die nachgefragte Menge vom Markt bestimmt.

¹⁵ Schalcher et al. (2011). Was kostet das Bauwerk Schweiz in Zukunft. Fokusstudie des NFP 54

¹⁶ BFS, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung der Schweiz

¹⁷ Die Preiselastizität der Energie ist kurzfristig sehr gering, langfristig jedoch zwischen 0.6 und 1 für die Wirtschaftsnachfrage. Vgl. ETHZ (2011): www.kof.ethz.ch/de/publikationen/p/kof-studien/2115/

Die Weiterführung des bestehenden Fördersystems kombiniert durch ein Lenkungssystem stellt eine optimale kurz- und mittelfristige Finanzierungslösung dar. Es kann schnell und unbürokratisch auf Bewährtem aufgebaut werden.

Ab 2021 soll die Umsetzung der Cleantech Energiestrategie über eine **ökologische Steuerreform** gewährleistet werden. Diese setzt Anreize über den Preis und schafft einen umfassenden Rahmen für eine nachhaltige Energiewirtschaft. Im Rahmen der ökologischen Steuerreform gilt es auch, ökologisch falsche Anreize, sowie übermässige Bürokratie abzuschaffen.

Tabelle 5
Vollkostenrechnung pro Energieform

Energiequelle	Externe Kosten
Kernkraft	Versicherung Unfallrisiko (langfristige Schäden), Lagerung, Transport, Verpflichtungen aus Lieferverträgen für Brennstäbe, Stilllegung (zzt. allesamt unzureichend finanziert)
Wasserkraft	Staudamm-Risiken sind unzureichend gedeckt. Schäden entstehen jedoch im Gegensatz zur Kernkraft nur in lokaler und regionaler Grössenordnung mit kurzfristiger Wirkung. Zudem mögliche Auswirkungen auf die Biodiversität.
Erneuerbare	Bei Sonne, Wind und Biomasse gilt es den Einfluss auf die Biodiversität, den Landschaftsschutz, der grauen Energie sowie den Umgang mit Chemikalien bei der Produktion der Anlagen zu berücksichtigen.
Fossile	Bei den Fossilen werden die negativen externen Kosten via CO ₂ -Abgabe/Kompensation im CO ₂ -Gesetz bis 2020 zumindest teilweise internalisiert. Danach sollen die fossilen Externalitäten im Rahmen der ökologischen Steuerreform eingerechnet werden.

9.3 Energiepreise und deren Auswirkungen

Im Vergleich zu anderen europäischen Ländern hat die Schweiz **heute günstige Energiepreise**. Strom ist real in den letzten 25 Jahren um durchschnittlich über 25% günstiger geworden (spezielle Industrietarife müssen gesondert betrachtet werden). Entscheidend bei jeder Energiepreiserhöhung sind die Auswirkungen auf die Haushalte und die Gesamtwirtschaft.

Die notwendigen Aufschläge für die KEV führen bis 2035 zu einem durchschnittlichen **Anstieg des Strompreises** für Haushalte von ca. 25% und für Firmen von ca. 30%, je nach Stromtarif. **Für fossile Energieträger** wird ein ähnlicher Preisanstieg erwartet. Gleichzeitig werden die Energiepreise ab 2020 durch eine Lenkungsabgabe bestimmt. Hohe Preise setzen wichtige mittel- und langfristige Lenkungsimpulse hin zu einem sparsameren Verhalten. Kombiniert mit anderen Massnahmen wie z.B. Mindeststandards wirken sie flächendeckend und führen zu signifikanten **Effizienzgewinnen**.

Für **energieintensive Branchen** können und müssen Ausnahmeregeln vereinbart werden, damit diese Firmen in einer Übergangszeit und speziell bezüglich Konkurrenz durch Importe sowie bei Exporten nicht benachteiligt werden. Zu den energieintensiven Branchen werden üblicherweise jene gezählt, bei welchen die Elektrizitätskosten mehr als 10 Prozent der Bruttowertschöpfung betragen. Dazu gehören das Textilgewerbe, die Papier- und Kartonindustrie, die Glas- und Zementindustrie, die Metallindustrie sowie die Recyclingbranche. Im Jahr 2009 verbrauchten diese Branchen insgesamt 12.7 TWh Energie, davon 4 TWh Elektrizität, und

stellten 6760 Arbeitsstätten mit 85'250 Arbeitsplätzen (Vollzeitbeschäftigte). Dies entspricht ca. 2.3% der rund 300'000 Unternehmen in der Schweiz und ca. 2.5% der total 3.4 Mio. Arbeitsplätze. Sie benötigten zusammen 5.2% der schweizerischen Gesamtenergie und 6.7% des Stroms.¹⁸ Ein Blick auf die Firmenebene zeigt, dass es in der Schweiz ca. 50 Unternehmen gibt mit einem Energiekostenanteil an der Bruttowertschöpfung von mehr als 10 Prozent. Diese Firmen sind durch hohe Energiekosten stark tangiert und müssen gesondert behandelt werden.

Für die Mehrheit der Unternehmen machen die Energiekosten jedoch einen kleinen Teil der Gesamtaufwendungen aus. Gemäss einer Umfrage des SwissECS (2012) bei 50 Schweizer Unternehmen spielen bei über zwei Drittel der Unternehmen die Energiekosten eine untergeordnete Rolle. In 20 der befragten Unternehmen werden diese gar nicht erst erhoben.¹⁹

Die Cleantech Energiestrategie rechnet deshalb mit einer Zunahme der Prozessindustrie um 10% bis 2050 bei einer gleichzeitigen Steigerung der Effizienz um 20%. Es findet also keine Abwanderung der energieintensiven Branchen ins Ausland und somit eine indirekte Erhöhung der Schweizer Schadstoffe durch eine weniger effiziente Produktion im Ausland statt (Carbon Leakage Effekt).

Der jährliche Haushalt-Stromverbrauch (2 Personen) in einem Mehrfamilienhaus ohne Elektroboiler beträgt in der Schweiz durchschnittlich 4'000 kWh. Ein Aufpreis von ca. 3 Rappen pro kWh (25%) verursacht monatliche Mehrkosten von ca. 11 Franken pro Haushalt.

¹⁸ Aufgrund der Datenlage wurden diese Werte anhand der Branchengruppen berechnet, diese stimmen nicht 100% mit den jeweiligen Branchen überein. swisscleantech plädiert dafür, dass der Bund die entsprechende Datenbasis sobald möglich verfügbar macht.

¹⁹ Beilage NZZ vom 11.09.2012, p.7

10. Schlussfolgerungen

10.1 Resultierende Positionierungen

- **Eine sichere, wirtschaftlich attraktive und nachhaltige Energieversorgung ist möglich**
- **Der Strombedarf wird steigen**
- **Energie wird teurer**
- **Grünstrom und nicht Gas importieren**
- **Es ist wichtig, die zentrale Rolle der Speicherung zu anerkennen**
- **Ein geordneter Atomausstieg verlangt fixe KKW Laufzeiten und weiterhin Forschung**
- **Ab 2021 braucht es eine ökologische Steuerreform**
- **Die Energiewende lohnt sich auch im Alleingang**

Eine sichere, wirtschaftlich attraktive und nachhaltige Energieversorgung ist möglich

Die Resultate zeigen, dass die gesetzten Ziele der Cleantech Energiestrategie technisch machbar und wirtschaftlich tragbar sind. Nun braucht es koordinierte Massnahmen und ein gemeinsames Engagement aller Akteure, um die Energiewende konsequent und wirtschaftsfreundlich umzusetzen.

Der Strombedarf wird steigen

Anders als andere Studien enthält die Cleantech Energiestrategie einen kontinuierlich steigenden Strombedarf von heute ca. 60 TWh bis auf ca. 80 TWh im Jahr 2050. Die Differenz liegt vor allem in der Elektromobilität und den Potenzialen der Erneuerbaren Energien – und nicht in kon-

servativeren Annahmen bezüglich den Effizienzpotenzialen. Durch den geringeren Anteil fossiler Energien werden in der Cleantech Energiestrategie trotz höherem Stromverbrauch die CO₂-Ziele erreicht. Im Gegensatz dazu verfolgt das Konzept der 2000-Watt Gesellschaft eine Beschränkung des Energieverbrauchs – unabhängig von den CO₂-Emissionen und dem Anteil Erneuerbarer Energien. Für swisscleantech ist das 2000-Watt Ziel eine symbolische Zielgrösse. Real wird 2050 von einem pro Kopf Verbrauch von ca. 3500 Watt ausgegangen.

Energie wird teurer

In Zukunft steht nebst dem Preis die Qualität der Energie im Vordergrund. Anstrengungen bei der Energieeffizienz führen zudem dazu, dass die Energiekosten trotz höheren Energiepreisen kaum steigen werden. Letztlich führen höhere Energiepreise dazu, dass Investitionen schneller getätigt werden und sich somit die Wertschöpfung schneller ins Inland verlagert. Davon profitiert der Werkplatz Schweiz, während der Kapitalabfluss in Erdölexportierende Länder reduziert wird. Gesamtwirtschaftlich sinnvolle Energiepreise dürfen nicht durch die Minderheit der energieintensiven Branchen verhindert werden. Für diese sind in einer Übergangsphase Ausnahmeregelungen möglich.

Grünstrom und nicht Gas importieren

Die Cleantech Energiestrategie rechnet nicht ohne Gas, aber ohne neue grosse/zentrale Gaskraftwerke (GUDs). In Monaten mit knappem Energieangebot soll in erster Linie Grünstrom anstelle von Gas für GUDs importiert werden. Der in Zukunft importierte Strom stammt aus Ländern mit tiefen politischen Risiken – ganz anders als fossile Energieträger, die aus Ländern mit hohem politischem Risiko stammen. Die vorhandenen europäischen Windstrompotenziale sind gross genug, um auch im Winter genügend Strom zur Verfügung zu stellen. Strom kann national wie international zertifiziert werden und dadurch nachweislich aus erneuerbaren Quellen bezogen werden. Wichtig sind ein engagierter Ausbau und die Sicherstellung

der internationalen Netzinfrastruktur. Eine Vielzahl unserer Mitglieder investiert bereits heute im Ausland in erneuerbare Energien. Sollte sich dennoch eine Verknappung abzeichnen, ist der Bau eines GUD als Absicherung denkbar. Deren Bau und Planungszeit ist kurz. Allerdings muss der CO₂-Ausstoss gemäss CO₂-Gesetz kompensiert werden. Keinesfalls darf sich eine neue Energiepolitik auf GUDs ausrichten.

Es ist wichtig, die zentrale Rolle der Speicherung zu anerkennen

Die Pumpspeicherung und der gezielte Einsatz der Speicherseen werden zur entscheidenden Schaltstelle für die Versorgungssicherheit der Schweiz. Sie tragen damit auch zur Netzstabilisierung in Europa und zum Preisniveau bei. Das Erstellen und der Ausbau der entsprechenden Werke bedeuten kostspielige Vorinvestitionen. Durch geeignete Massnahmen, wie zum Beispiel Risikogarantien, muss sichergestellt werden, dass diese Kapazitäten auch realisiert und im Sinne der Gesamtstrategie eingesetzt werden.

Ein geordneter Ausstieg verlangt fixe KKW Laufzeiten und weiterhin Forschung

Die Cleantech Energiestrategie zeigt, dass ein geordneter Ausstieg aus der Kernenergie machbar ist. Um Planbarkeit für die Wirtschaft und die Umsetzung der Energiewende zu gewährleisten, sollen die Laufzeiten fix festgelegt werden. Es muss klar sein, wie lange mit wie viel Kernkraft gerechnet werden kann und soll. Nur so können Investitionen in Effizienz, erneuerbare Energien und intelligente Netze, mit Nachrüstungen von KKW's gegeneinander abgewogen und Effizienzmassnahmen und Lenkungsinstrumente sinnvoll festgelegt werden. Gleichzeitig soll die Forschung in den Bereichen der nuklearen Sicherheit, Entsorgung, Lagerung und neuen Reaktortechnologien weitergeführt werden. Die der Energieforschung gesamthaft zur Verfügung stehenden Fördermittel werden jedoch erhöht und verstärkt für Effizienz, erneuerbarer Energien und Netze alloziert.

Ab 2021 braucht es eine ökologische Steuerreform

Die ökologische Steuerreform ist ein wichtiges Instrument, um die Energiewende auf einem möglichst marktwirtschaftlichen Weg umzusetzen. Sie lenkt den Energieverbrauch über einen höheren Energiepreis und belohnt so jene, die Energie sparen. Gleichzeitig muss eine ökologische Steuerreform auch ökologisch falsche Anreize abschaffen (z.B. Pendlerabzüge) und andere Umweltgüter wie Boden, Wasser, etc. einbeziehen. Sie geht also über eine Lenkungsabgabe hinaus. Eine ökologische Steuerreform ist im Gegensatz zu anderen Förderinstrumenten eine liberale und kostengünstige Lösung. Da die Preiselastizität bei der Energie kurzfristig gering aber in der langen Frist hoch ist, muss frühzeitig auf diesen Weg eingespurt werden.

Die Energiewende lohnt sich auch im Alleingang

Die Resultate des CER-ETH zeigen, dass die Energiewende, wenn überhaupt, nur minimale Wohlstandsverluste mit sich bringt. Die befürchteten Kosten werden durch Innovationen und Investitionen wett gemacht. Die Wertschöpfung fällt im Inland und nicht mehr in den ölexportierenden Ländern an. Rechnet man zusätzlich die bisher unberücksichtigten Kosten der Kernenergie, die vermiedenen Umweltkosten sowie die Positionierungsvorteile der Wirtschaft im internationalen Markt mit ein, resultieren aus der Energiewende sogar positive volkswirtschaftliche Auswirkungen für die Schweiz. Es ist richtig, dass in einer Anfangsphase gewisse Standort-Nachteile gegenüber dem Ausland entstehen können. Diese sind jedoch temporär und werden, wie bereits beschrieben, durch Innovation und Investition mittelfristig behoben. Zudem ist es wichtig zu verstehen, dass internationale Abkommen in Bereichen wie Klima oder nukleare Sicherheit nur zustande kommen, wenn ausgewählte Akteure bereit sind, eine Vorreiterrolle zu übernehmen und somit den Weg für andere, weniger Privilegierte, ebnen. Wer soll eine Energiewende unter Einhaltung der Klimaziele umsetzen, wenn nicht die Schweiz?

10.2 Das Massnahmenpaket

Verschiedenste Massnahmen sind in jeder der vier Säulen der Cleantech Energiestrategie gefordert. Priorität haben **marktorientierte** Massnahmen, die durch die richtige Preissetzung Anreize setzen. Weitere Kriterien sind Transparenz und Planbarkeit für Unternehmen, hohe Kosteneffizienz, wenig Bürokratie sowie Haushaltsneutralität.

Tabelle. 6
Übersicht über das Massnahmenpaket der Cleantech Energiestrategie.

Säule	Massnahme	K / M / L
Nachfrage- ent- wicklung und Energie- effizienz	Verbot und Ersatz von Elektroheizungen und -Boilern	K
	Verschärfte Gebäudeenergievorschriften und Erhöhung der Sanierungsrate von Gebäuden nach SIA-380/l	K / M / L
	Progressive Verschärfung der Effizienzvorschriften für Lampen und Geräte, sowie Labels (in der bekannten A-F Klassifizierung) in jenen Bereichen, in denen diese noch nicht existieren (z.B. IT)	K / M
	Einbindung der EVUs, insbesondere der Stromverteiler in Effizienzmassnahmen	K / M
	Zielvereinbarungen und Abgabebefreiung ausbauen und vereinheitlichen (CO2 und Stromeffizienz)	K
	Förderung Energieeffizienz beim Verkehr (Motoreffizienz/ Mindeststandards, Modalsplit, Mobility Pricing, etc.)	M
	Nationale Elektromobilitäts-Strategie	M
	Lenkungsabgabe auf Strom und fossile Energieträger	M
Energie- angebot in hoher Qualität	Energieplanung (Kombinierte Energie-, Raum- und Verkehrsplanung)	M / L
	Finanzierung zum Einstieg in das Cleantech Energiezeitalter: Abgabe via KEV-Mechanismus	K
	KEV: Anhebung und Optimierung der Förderung	K
	Verbesserung der Rahmenbedingungen für Geothermie und WKK	K
Intelligente Verteilung und Speicherung	Wasserkraft-Charta/runder Tisch: Ausarbeitung einer schweizweiten ökologischen und ökonomischen Gesamtoptimierung der Wasserkraft	K
	Internationale Anbindung: Abschluss Stromversorgungsabkommen mit der EU, Strategie Schweiz als Drehscheibe und eine der Batterien Europas, Schweiz als Zentrum und Investor in Hochspannungsnetz-Verbindungen	K
	Verursachergerechte Tarifierung	K
	Nationales Programm zur Etablierung eines Smartgrid	K / M
Wettbe- werbsfähige Wirtschaft	Nationales Koordinationsprogramm „Stromspeicherung“, Definition von Finanzierungsmechanismen nach volkswirtschaftlichen Gesichtspunkten	M / L
	Dezentraler Netzausbau: Kapazitätserhöhung, Unterbodenlegung aller neuen Leitungen (inkl. Ersatz/ Erneuerung)	M / L
	Einfachere und schnellere Bewilligungsverfahren für Erneuerbare Energien (insbesondere bei Solar und Wind)	K
	Forschungsförderung für Effizienz, Erneuerbare, Distribution und Speicherung	K
	Umschulung zur Rekrutierung zusätzlicher Fachkräfte	K
	Verstärkung Programme Energie Schweiz und Energiestadt	K
	Förderung von PPP-Projekten	K
	Qualitätszertifizierung/ Quellennachweis bei allen Energieformen	M
	Schaffung eines liberalisierten Energiemarktes (Anbieterwahl)	M
Einbindung Kapitalmarkt (verschiedene Massnahmen, Beispiel Pensionskassen als Investor von nachhaltigen Infrastrukturen und Gebäuden)	M / L	
Ökologische Steuerreform	L	

Es werden drei Massnahmetypen unterschieden

K = Kurzfristig (bis 2015 wirksam), M = Mittelfristig (bis 2020), L = Langfristig (ab 2021).

**Bei vorliegender Broschüre handelt es sich um eine Zusammenfassung.
Für detailliertere Informationen können sich swisscleantech Mitglieder und Beiräte
bei Christian Zeyer – christian.zeyer@swisscleantech.ch melden.**

**Haben Sie Interesse an einer Mitgliedschaft bei swisscleantech?
Melden Sie sich bei Christina Berger – christina.berger@swisscleantech.ch**

www.swisscleantech.ch