



Rudolf Rechsteiner (1958), Ökonom, hat sich als Mitglied des Schweizer Parlaments (1995–2010) erfolgreich für die Einführung von Einspeisevergütungen und für fairen Wettbewerb im Stromsektor eingesetzt. Er ist heute freiberuflich als Berater tätig und bestreitet Lehraufträge in Energie- und Umweltthemen an den Universitäten Bern und Basel sowie an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) in Zürich.

Während über 20 Jahren war Rudolf Rechsteiner am Aufbau der ADEV-Gruppe (Liestal/Schweiz) beteiligt, die dezentrale Wind-, Wasser-, Solar- und Blockheizkraftwerke erstellt und betreibt, davon 12 Jahre als deren Präsident. Rudolf Rechsteiner ist heute Verwaltungsrat der Industriellen Werke Basel (IWB), die den Kanton Basel-Stadt zu 100 Prozent erneuerbar – aus eigenen Kraftwerken – mit sauberem Strom versorgen.

Von Rudolf Rechsteiner sind erfolgreich erschienen: *Grün gewinnt – Die letzte Ölkrise und danach* (2003), *Wind Power in Context* (2008), *Umweltschutz per Portemonnaie* (1990).

Umschlaggestaltung und Motiv:
HAUPTMANN & KOMPANIE Werbeagentur, Zürich



www.ofv.ch

ISBN 978-3-280-05465-9



9 783280 054659

orell füssli

der AUSWEG NACH FUKUSHIMA

Seit «Fukushima» will die Schweiz auf neue Atomkraftwerke verzichten. Das ist eine historische Wende, die bis vor Kurzem nur wenige für möglich hielten. Wie aber lassen sich die alten Atomkraftwerke sauber ersetzen? Wie erreichen wir Versorgungssicherheit? Wie senken wir die CO₂-Emissionen, und all dies ohne zu hohe Kosten?

Die Schweiz verfügt über Standortvorteile wie kein anderes Land Europas: einen hohen Anteil an Wasserkraft, gute Stromnetze, Speicherseen zur Regulierung und eine alpine Sonneneinstrahlung so stark wie in Spanien. Noch ist das Vertrauen in die neuen Technologien fragil. Doch die sauberen Energien werden sich durchsetzen – in der Schweiz und weltweit.

Dieses Buch zeigt, auf welchen Wegen der Umstieg möglich ist und wie die Schweizer Wirtschaft profitieren kann. Über hundert Illustrationen geben Antworten auf die brennendsten Fragen. Geeignet für alle, die an einer Zukunft ohne Atomunfälle, Energie- und Klimakrisen interessiert sind.

RUDOLF RECHSTEINER 100 PROZENT ERNEUERBAR

orell füssli

RUDOLF RECHSTEINER

100 PROZENT ERNEUERBAR



So gelingt der Umstieg auf
saubere, erschwingliche Energien

orell füssli

Seit Jahren verhindern die grossen Stromkonzerne in der Schweiz die Nutzung von erneuerbaren Energien. Sie wollen die Laufzeiten der Atomkraftwerke verlängern und dazu noch neue Gaskraftwerke bauen. Dabei ist die Zeit schon lange reif für den Ausstieg aus der Atomenergie und auch für den Abschied von den fossilen Energieträgern.

Erneuerbare Energien haben weltweit bereits die Hälfte des Kraftwerkmarktes erobert, gemessen an den Neuinstallationen. Nur in der Schweiz ist noch vieles gesetzlich blockiert. Deshalb sollte sich niemand von der Angstmache der Atomfirmen beeindrucken lassen. Erneuerbare Energien gibt es mehr als genug. Der Umstieg bis 2030 wird zum grossen Erfolg, wenn von nun an die Weichen richtig gestellt werden.

Rudolf Rechsteiner, einer der erfolgreichsten Energiepolitiker der Schweiz, zeigt auf, wie die Blockaden beendet werden können, wie sinkende Kosten den erneuerbaren Energien Türen öffnen und welche vielfältigen Möglichkeiten bestehen, innerhalb von einer Generation ganz auf Atomrisiken und CO₂-Träger zu verzichten. Eine Zukunft ohne neue Energiekrisen, aus unerschöpflichen Quellen in der Schweiz und Europa, und das Ganze zu erschwinglichen Kosten – das ist das Thema dieses Buches.

Rudolf Rechsteiner

100 Prozent erneuerbar:

**So gelingt der Umstieg auf
saubere, erschwingliche
Energien**

orell füssli

Dieses Buch ist den Opfern von Fukushima gewidmet.

© 2012 Orell Füssli Verlag AG, Zürich
www.ofv.ch
Rechte vorbehalten

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Dadurch begründete Rechte, insbesondere der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf andern Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Vervielfältigungen des Werkes oder von Teilen des Werkes sind auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie sind grundsätzlich vergütungspflichtig.

Gestaltung und Grafiken Innenteil: Xeiro AG, 8730 Uznach
Umschlaggestaltung und -Motiv: Hauptmann & Kompanie Werbeagentur, Zürich
Druck: fgb • freiburger graphische betriebe, Freiburg

ISBN 978-3-280-05465-9

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Inhalt

Vorwort	9
Teil 1	
Einführung: Fukushima verändert die Welt	12
Teil 2	
Die unbezahlbaren Kosten der nichterneuerbaren Energien	60
Teil 3	
Die Potenziale	100
Teil 4	
Drei Strategien für den Umstieg	126
Teil 5	
Die Rahmenbedingungen für den Umstieg	146
Teil 6	
Agenda 2020	174
Quellenverzeichnis	205

Dank

Dieses Buch ist aus einer Reihe von Vorlesungen und Veranstaltungen hervorgegangen, die ich an den Universitäten von Basel und Bern und im Rahmen der Greenpeace Energy Academy halten durfte. Ich danke allen Studierenden für die inspirierenden Diskussionen.

Ebenso danke ich der Sozialdemokratischen Fraktion im schweizerischen Parlament sowie meinen damaligen Kollegen in Deutschland, namentlich den Bundestagsabgeordneten Hermann Scheer (SPD, Präsident Eurosolar, † 2010), Hans Josef Fell (Die Grünen) sowie Herrn Werner Zittel (Ludwig Bölkow Stiftung) für gemeinsame Vorarbeiten und Diskussionen.

Die Firma Xeiro AG (Uznach) hat die Grafiken dieses Buchs aus Originalen von zum Teil sehr mässiger Qualität hergestellt. Dies war mit viel Aufwand verbunden. Frau Carmen Sopi (Grafikerin) und Herrn Werner Jud (Inhaber Xeiro AG) sei für diese teilweise gesponserte Leistung herzlich gedankt.

Ein besonderer Dank geht an die Umweltorganisation Greenpeace (Schweiz). Sie beauftragte mich lange vor «Fukushima», ein Konzept für die Vollversorgung mit erneuerbaren Energien zu präsentieren, das auch von Laien verstanden werden kann. Die Greenpeace Energy Academy wird seit 2011 unter meiner Leitung dreimal jährlich angeboten. Last but not least hat Greenpeace die Kosten für die graphische Bearbeitung dieses Werks gedeckt.

Basel, im Januar 2012
Rudolf Rechsteiner

Vorwort

Fukushima: Stromlücke mit Kettenreaktion

Am 11. März 2011 verursacht ein Erdbeben, gefolgt von einem Tsunami, einen Stromausfall im Atomkraftwerk Fukushima-Daiichi. Kernschmelzen in drei Atomreaktoren und die Explosion eines Zwischenlagers für Brennelemente verseuchen über 30'000 km² Boden im Nordosten Japans.

Am 25. Mai 2011 beschliesst der Schweizerische Bundesrat, auf den Bau neuer Atomkraftwerke zu verzichten. Fukushima bewirkt eine entscheidende Wende der Energiepolitik, nach Jahrzehnten der Agonie.

Diese Kurskorrektur erfordert Mut. Sie erfolgt auch aus der Einsicht, dass eine Volksabstimmung für neue Atomkraftwerke nicht zu gewinnen ist. Die Landesregierung hat konsequent gehandelt und dafür Zustimmung im Parlament und bei den Wahlen im Herbst 2011 erhalten.

Die Schweiz verfügt über besonders gute Standortvorteile für einen Umstieg auf 100 Prozent erneuerbare Energien: Ein bereits hoher Anteil von 55 Prozent Wasserkraft, gut ausgebaute Stromnetze und regelbare Speicherkraftwerke, die neue Gaskraftwerke überflüssig machen. Der Strom aus Wind und Sonne lässt sich in keinem anderen Land so einfach integrieren. Ob es aber zum Umstieg auf erneuerbare Energien kommt, bleibt unsicher.

Politische Kräfte, die die erneuerbaren Energien seit Jahrzehnten diffamieren, kämpfen weiter für die Verlängerung der Atom-Laufzeiten. Sie wollen dazu noch neue Grosskraftwerke mit Erdgas. Den Aufbau einer dezentralen Stromversorgung mit erneuerbaren Energien scheuen sie. Und sie hoffen, den Wiedereinstieg in die Kernenergie zu gegebener Zeit neu zu lancieren, denn Kostenwahrheit ist im Energiesektor ein Fremdwort.

Heute geht es nicht bloss um den verlässlichen Ausstieg aus der Kernenergie. Wir sollten uns auch von den fossilen Energieträgern rasch verabschieden. Die Atomenergie verliert schon seit «Tschernobyl» Marktanteile und ihre weitere Existenz ist seit «Fukushima»

angezählt. Erneuerbare Energien haben inzwischen die Hälfte des Marktes für neue Kraftwerke weltweit erobert. Niemand sollte sich deshalb von der Angstmache und von den korrupten Praktiken der Atomlobby zu sehr beeindrucken lassen.

In der Schweiz kann eine grundlegend neue Energiewirtschaft entstehen. Sie muss die einheimischen Potenziale möglichst intelligent kombinieren. Echte Versorgungssicherheit schützt uns nicht bloss vor Stromausfällen, sondern auch vor Unfällen und Preisrisiken, und dies in allen Sektoren: Strom, Wärme, Verkehr.

Wer behauptet, dies alles sei zum Nulltarif möglich, der irrt. Es braucht neue wirtschaftliche Anreize, neue Nutzungszonen an geeigneten Standorten, bessere Bewilligungsverfahren und klare Fristen für die Ausserbetriebnahme der alten Risikotechnologien. Dies erfordert viele kleine und grosse Korrekturen, und zwar ähnlich radikal wie beim Wechsel vom alten PTT-Telefon mit Wählscheibe zur überall verfügbaren Mobilkommunikation.

Im Ergebnis werden wir eine intelligentere und kostengünstigere Energieversorgung erhalten: mit den neuen, unerschöpflichen und kostenlosen Primärenergien Sonne, Wind usw., mit neuen Regelsystemen, neuen Kraftwerken, moderneren Netzen und Speichern, und mit neuen Wettbewerbern.

Nicht nur im Atomsektor haben viele Verantwortungsträger die Risiken herunter gespielt. Auch bei den Treibhausgasen geben Leichtsinns, Skrupellosigkeit und Gewinnsucht den Ton an. Mit entschlossenem Handeln können wir uns und unsere Kinder vielleicht noch vor grossem Ungemach schützen. Doch sicher ist das nicht.

Der neue Weg bringt nicht nur Anstrengung oder zusätzliche Lasten. Erneuerbare Energien und Effizienz sind die grösste Geschäftsgelegenheit seit Erfindung der Dampfmaschine. Sie sind ohne Alternative, und für die Schweiz sind sie eine riesige Chance. Wer meint, wir sollten uns diesem Mega-Trend noch länger entziehen, tut weder der Wirtschaft noch der Bevölkerung einen Gefallen.

Wie man dieses Buch lesen kann

Dieses Buch richtet sich an alle, die sich über die Möglichkeiten einer Vollversorgung mit erneuerbaren Energien informieren möchten. Man kann dieses Buch von vorne nach hinten lesen. Oder man kann es als Nachschlagewerk benutzen und ausgehend vom Inhaltsverzeichnis und den Grafiken die gesuchten Informationen finden.

Teil 1 beschreibt die weltweiten Erfolge der erneuerbaren Energien und die Bedeutung der Schweizer Stromdrehseife für die erneuerbaren Energien in Europa. **Teil 2** befasst sich mit den Auswirkungen von Fukushima und den Folgekosten fossiler Energien. **Teil 3** skizziert die einheimischen Potentiale und **Teil 4** zeigt die Strategien einer zielgerichteten Kombination. In **Teil 5** werden die politischen Erfolgsrezepte im In- und Ausland analysiert. **Teil 6** beschreibt die konkreten Gesetzesänderungen bis 2020, damit eine Umstellung auf sauberen Strom und weniger CO₂-Emissionen bis 2030 Realität werden kann.

Teil 1

Einführung: Fukushima verändert die Welt

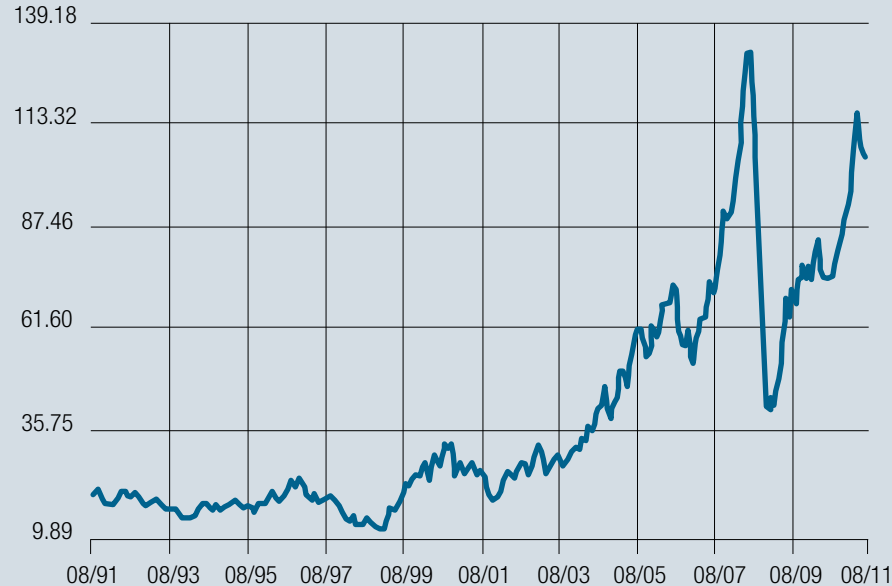
Der lange Marsch	15
Erneuerbare auf der Überholspur	17
Der Aufstieg der Sonnenenergie	19
Windkraft übertrifft alle Erwartungen	21
Erosion des Vertrauens, Explosion der Kosten	23
Lernkurve dank Wachstum	25
Nicht-ökonomische Erfolgsfaktoren	27
Wasserkraft und Stauseen – Stärke der Schweiz	29
Stromdrehzscheibe – Trumpf in Europa	31
Vom Exporteur zum Importeur	33
Neue Spielregeln für sauberen Strom	35
Europa setzt auf erneuerbare Energien	37
Importe in der Nacht – Exporte am Tag	39
Der Deckel muss weg!	41
Umschwung in Regierung und Parlament	43
Die neue Nachfrage – wie hoch ist sie?	45
Die Potenziale	47
Solarstrom vom Dach und von den Alpen	49
Ausgleich saisonaler Schwankungen	51
Diversifikation bringt Versorgungssicherheit	53
«Desertec» hilft der Schweiz eher wenig	55
Die verfügbare Leistung nimmt zu	57
Neue Energien verändern die Leistungszyklen	59

Teil 1 erläutert die aktuellen Veränderungen auf den Energiemärkten. Dazu gehören der Vormarsch der erneuerbaren Energien, ihre stetige Verbilligung und deren Ursachen (Seiten 14 bis 27). Die Stellung der Schweiz im Europäischen Strommarkt und der Inhalt eines Energievertrags zwischen der Schweiz und der EU werden auf den Seiten 28–39 vorgestellt. Da die EU von der Schweiz punkto Ökologie dasselbe verlangt wie von den eigenen Mitgliedsstaaten, muss die Schweiz den Anteil der erneuerbaren Energien stark ausbauen. Ab Seite 38 werden die Möglichkeiten beschrieben, wie dies geschieht und welche neuen politischen Mehrheiten eine solche Politik tragen könnten. Besonderes Augenmerk wird dem saisonalen Strombedarf und der saisonalen Verfügbarkeit der erneuerbaren Energiere Ressourcen in der Schweiz geschenkt. Die verschiedenen technischen Lösungen zur Deckung des Winterbedarfs werden illustriert (Seiten 45–59).

Fukushima verändert die Welt

Erdölpreis 1991–2011

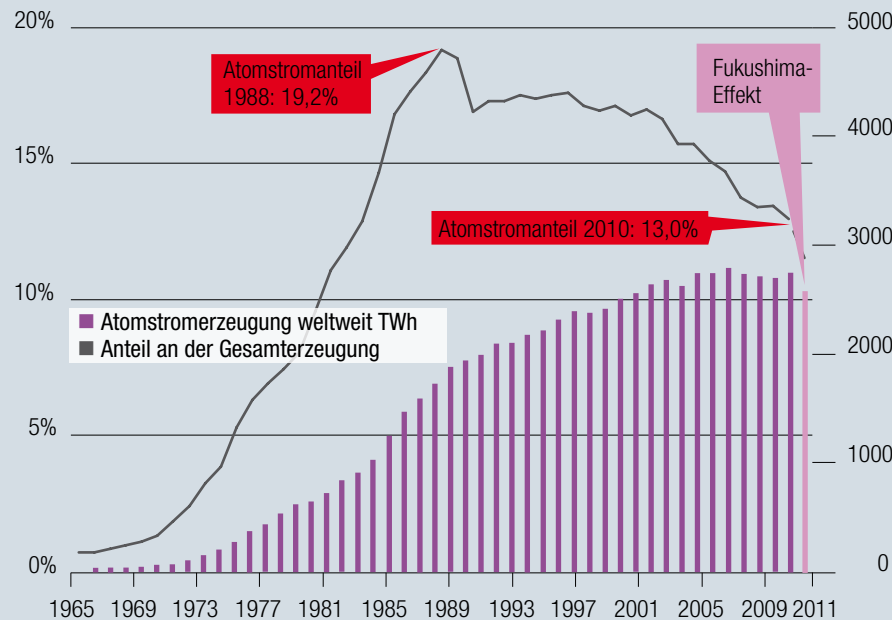
US Dollars per Barrel



Grafik 1, Quelle: Indexmundi

Die Erdölpreise sind volatiler geworden und haben sich vervielfacht.

Atomstromerzeugung weltweit in TWh und in Prozent



Grafik 2, Quelle: BP Statistical Review of World Energy

Der Marktanteil des Atomstroms ist seit 1988 rückläufig.

Der lange Marsch

Manche Investoren und Zeitungskommentatoren betrachten erneuerbare Energien noch immer als bescheidenen und teuren Nischenmarkt, nicht zu vergleichen mit den herkömmlichen Energieträgern. Die «seriösen» Investitionen fließen demgemäss in konventionelle Techniken wie Erdöl oder Erdgas, Kohle und Atomenergie. Diese gelten als «billiger». Die reale Marktentwicklung weist indessen in eine andere Richtung.

Die konventionellen Energien verlieren Marktanteile. Ihre Kosten steigen. Sie verfügen zwar noch immer über mächtige Lobbys in Parlamenten und Regierungen und erhalten Subventionen, ganz zu schweigen von der Unterstützung durch internationale Organisationen wie die IEA (Internationale Energieagentur) und die IAEA (Internationale Atomenergieagentur). Diesen Widrigkeiten zum Trotz sind drei neue Trends klar zu erkennen, die von keiner Regierung ignoriert werden können:

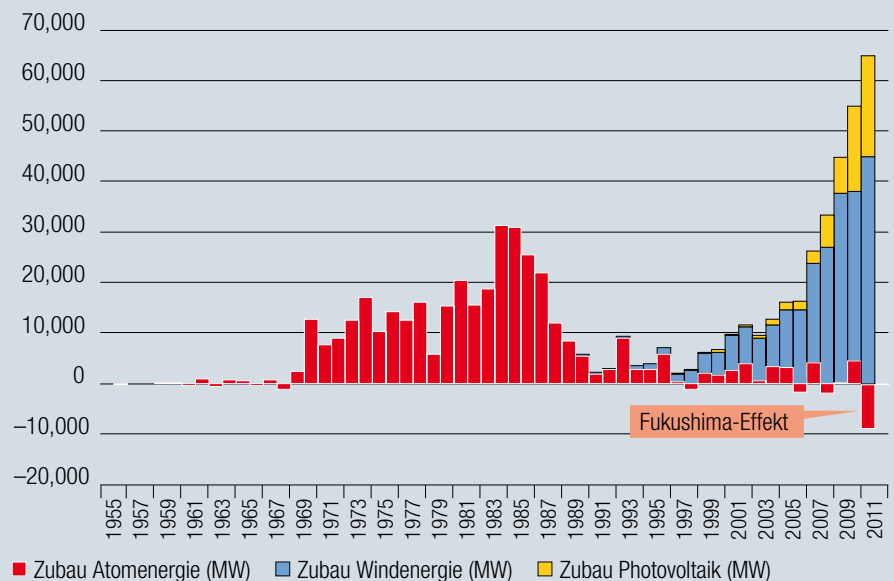
1. Der Preis für Erdöl – die Leitwährung im Energiemarkt – ist stark gestiegen und hat sich in den meisten Währungen mehr als verdreifacht. Er wird hoch bleiben. Die konventionelle Ölförderung stagniert seit 2005 trotz steigender Nachfrage bei 82 Millionen Fass pro Tag. In den meisten bestehenden Ölfeldern sinkt die Produktion um 3 bis 5 Prozent pro Jahr oder mehr. Diese Einbussen können trotz den höheren Preisen nur noch knapp durch neue, teurere Ölproduktionen ausgeglichen werden.

2. Die Atomenergie verzeichnet nach der Katastrophe von Fukushima erstmals einen fühlbaren Einbruch der laufenden Kapazitäten. Sie hat damit viel Vertrauen verspielt. Ihr Marktanteil sinkt schon seit Jahrzehnten, von 19,2 Prozent (1988) auf noch 13 Prozent (2010). Eine Reihe von Akteuren hat beschlossen, aus der Atomenergie auszusteigen, darunter auch Weltkonzerne wie ABB und Siemens. Die Atomstromproduktion in absoluten Zahlen (kWh) sinkt seit 2006. Wegen des hohen Alters vieler Atomkraftwerke ist eine Reduktion in den nächsten Jahrzehnten zu erwarten, auch wenn in China und Indien neue Werke noch immer gebaut werden – meist gegen den erklärten Willen der ansässigen Bevölkerung.

3. Windenergie und Solarenergie befinden sich auf einem soliden Wachstumspfad. Der jährliche Zuwachs hat im Jahr 2010 erstmals 50 Gigawatt (GW) überschritten (1 GW = 1000 Megawatt, MW).

Wind- und Solarenergie laufen selten auf voller Nennleistung. Sie haben niedrigere Kapazitätsfaktoren als Kohle- und Atomkraftwerke, weil Sonnenlicht und Wind nach Tageszeit oder Wetterlage fluktuieren. 50 GW neue Nennleistung von Wind- und Sonnenenergie entsprechen ungefähr 15 GW Atomkraft. Zusammen haben die beiden Techniken damit nun jene Zubau-Menge überschritten, die die Atomenergie in ihren besten Jahren, also in der Zeit vor «Tschernobyl», vorlegte. Der lange Marsch der erneuerbaren Energien kommt nun auf die Zielgerade. Sie setzen sich durch und werden billiger als alles andere. Damit wird der Weg frei, auch die fossile Energie zu ersetzen.

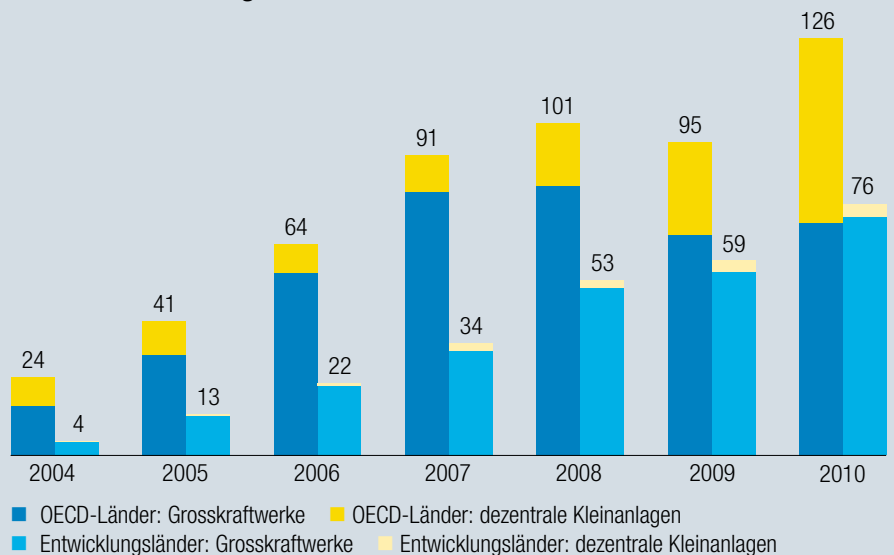
Jährlicher Zubau Atom-, Wind- und Solarkapazität (netto)



Grafik 3, Quelle: windpower monthly, EU Commission Joint research: PV Status Report 2011, IAEA, Power Reactor Information System PRIS

Entwicklung der Neuinstallationen von Atom-, Wind- und Solarkraftwerken weltweit
(Nettozunahmen / -abnahmen)

Schwellenländer überholen die alten Industrieländer bei den Investitionen in erneuerbare Energien



Grafik 4, Quelle: UNEP 2011

Die Investitionen in erneuerbare Energien haben sich seit 2004 vervielfacht, Schwellenländer haben die OECD-Länder beim Bau von Grosskraftwerken überholt.

Erneuerbare auf der Überholspur

Die Unstetigkeit der Stromerzeugung leistet dem Erfolg von Sonnen- und Windenergie keinen Abbruch. Denn Fluktuationen von Last und Leistung gehören zum täglichen Brot der Strombranche. Entscheidend für die Attraktivität der erneuerbaren Energien sind nicht die jährlichen Laufzeiten, sondern die Gesteungskosten und die Produktionspotenziale, die in praktisch jedem Land der Erde reichlich vorhanden sind.

Der entscheidende Unterschied im Vergleich mit nichterneuerbaren Energien liegt in der kostenlosen Primärenergie. Wind, Sonne, Wasserkraft, Erdwärme und Biomasse stellt uns die Natur gratis zur Verfügung. Die Nutzungstechniken dieser natürlichen Kräfte erfordern zwar Kapitalauslagen. Solarstrom, Windkraft oder Sonnenwärme sind deshalb nicht ganz kostenlos verfügbar. Doch der massenhafte Einsatz dieser Techniken senkt die Kosten, und das Fehlen von Brennstoffkosten sorgt für tiefe Betriebskosten. Windenergie zu Land (onshore) liefert heute über die volle Lebensdauer der Anlagen betrachtet wahrscheinlich den billigsten Strom unter allen erneuerbaren Energien, aber auch im Vergleich mit neuen Kohle- oder Gaskraftwerken. Strom aus Sonnenenergie (Photovoltaik) wird dank Preissenkungen in immer mehr Anwendungen wirtschaftlich.

Zu beachten ist bei solchen Vergleichen, dass neue Kraftwerke immer teurer sind als alte, abgeschriebene Anlagen. Es gilt deshalb, die Gesteungskosten unter neuen Kraftwerken zu vergleichen, also neue Windfarmen mit neuen Kohlekraftwerken, nicht mit alten, abgeschriebenen.

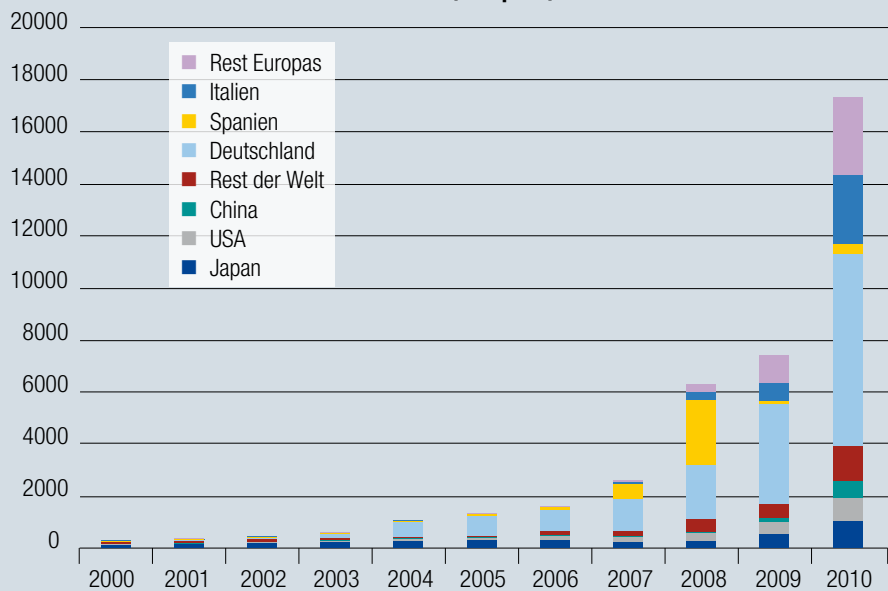
Wind- und Solar-Kraftwerke verursachen keine Grossunfälle. Sie müssen deshalb nie aus Sicherheitsgründen aus dem Verkehr gezogen werden. Das Risiko der Verteuerung von Brennstoffen – Uran, Erdgas, Kohle, Schweröl – entfällt vollständig.

Die Zulieferer von Windturbinen und Photovoltaik arbeiten hoch kompetitiv. Eine Vielzahl von Herstellern bietet in kurzen technischen Zyklen Jahr für Jahr günstigere und technisch verbesserte Anlagen an. Diese grosse Auswahl ist für Investoren sehr attraktiv. Eine Abhängigkeit von wenigen Herstellern, wie sie im Atomsektor besteht, gibt es hier nicht.

Seit Beginn der Finanzkrise ist es kein einfaches Unterfangen, neue Kraftwerke zu finanzieren. Trotz der kritischen Verfassung der Kapitalmärkte sind die Investitionen in erneuerbare Energien weiter gestiegen – im Jahr 2010 auf 233 Milliarden Dollar, während die Bruttoinvestitionen in fossile Kraftwerke auf total 219 Milliarden Dollar beziffert werden. Das Jahr 2010 war das erste Jahr im Stromsektor, in welchem die erneuerbaren Investitionen die Neuinvestitionen in fossile Kraftwerke überholt haben, schreibt ein Report der UNO-Umweltorganisation UNEP.¹

Die Mehrzahl der neuen Grosskraftwerke mit erneuerbaren Energien entstanden in der Dritten Welt. Nur wenn wir die kleinen dezentralen (Solar-)Anlagen einbeziehen, steht die Erste Welt (OECD-Länder) noch vorne. Aber dies dürfte sich ebenso rasch ändern, wie sich die Gewichte bei den Grosskraftwerken verschoben haben.

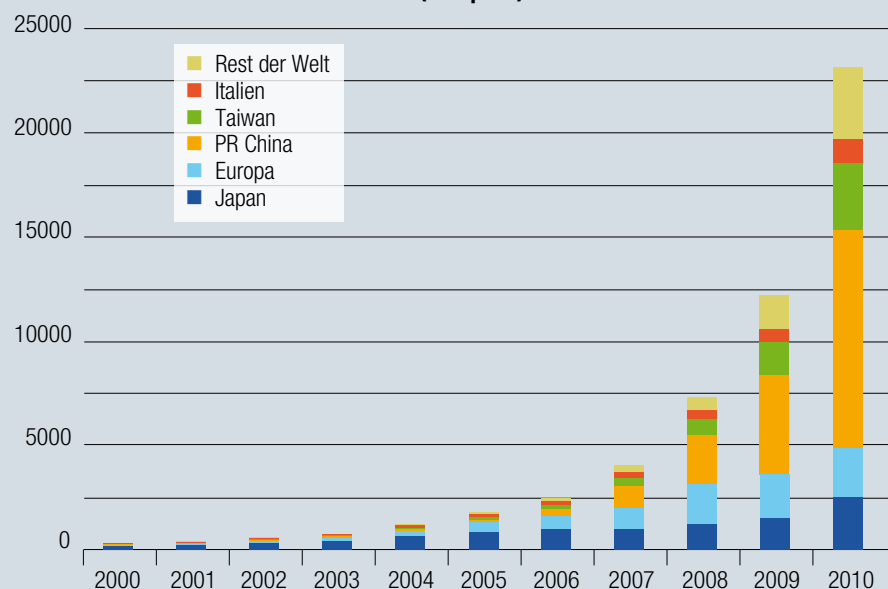
Jährliche Photovoltaik-Installationen (MW_{peak})



Grafik 5, Quelle: PV Status Report 2011

Mit mehr als 29 GW Leistung war Europa bei den PV-Installationen führend. Weltweit waren Ende 2010 39 GW installiert.

Jährliche Photovoltaik-Produktion (MW_{peak})



Grafik 6, Quelle: PV Status Report 2011

Seit dem Jahr 2000 hat sich die Produktion von Solarzellen fast verundertfacht; 60 % der Zellproduktion sind in China und Taiwan angesiedelt (Ende 2010).

Der Aufstieg der Sonnenenergie

Erneuerbare Technologien werden immer vielseitiger in der Anwendung. Die Solarenergie startete auf dem Nischenmarkt der netzfernen Stromerzeugung für den Eigenverbrauch. Inzwischen sind die Einspeisungen von Solarstrom ins Stromnetz der grösste Wachstumsmotor.

Dank sinkenden Preisen für Solarmodule und Wechselrichter werden die Anwendungen immer vielseitiger. Es begann mit Dächern von südlicher Ausrichtung. Günstigere Zellen erobern nun auch Dächer, die nach Westen und Osten ausgerichtet sind, dazu kommen Anlagen auf Freiflächen und solche mit Nachführsystemen. Neue Ressourcen werden so erschlossen, dass sie das Erzeugungsprofil am Morgen, am späten Nachmittag oder im Winter erhöhen können.

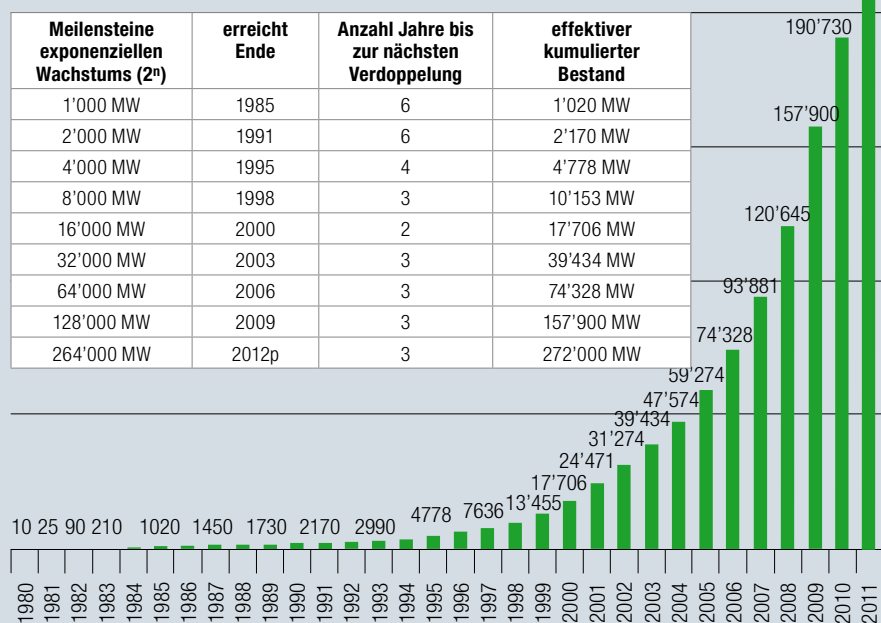
Neben der mechanischen Nachführung erhöhen bessere Wirkungsgrade der Solarzellen den spezifischen Flächenenergieertrag. Dies fällt in dicht bevölkerten Regionen ins Gewicht. Bezogen auf die Nutzenergie pro m² kann die Sonnen- und Windenergie zehn bis zwanzig Mal höhere Erträge liefern als die Gewinnung von Biomasse (Holz, Raps usw.). Photovoltaik-Anlagen und Windturbinen lassen sich auf weniger sensiblen Flächen platzieren als Wasserkraftwerke und sie benötigen weder Ackerland noch Fluss- und Feuchtgebiete.

Die Photovoltaik weist die grössten Zuwachsraten unter allen erneuerbaren Energien auf. Seit 2000 hat sich die weltweite Produktion fast um zwei Dimensionen erhöht, also verundertfacht, mit jährlichen Zuwachsraten von 40 bis 90 %. Allein im Jahr 2010 wurden die Produktionskapazitäten verdoppelt, was zu Überkapazitäten und einem rapiden Preiszerfall führte. China und Taiwan vereinigen fast 60 % der weltweiten Produktion. Die grossen Abnehmerländer befinden sich noch in Europa, es sind Deutschland und Italien. Doch dies ändert sich in hohem Tempo. Denn die sinkenden Preise verbessern die Akzeptanz dieser Technik im Schnellzugtempo.

Die Systempreise für Photovoltaik-Anlagen haben sich in den letzten drei Jahren mehr als halbiert. Der Preisunterschied zwischen Solarstrom vom Hausdach und den Haushalt- und Gewerbestromtarifen (Tagestarif) schmilzt nun gegen null.

Der entscheidende Unterschied dabei: Die Rentabilität des Stroms vom Hausdach misst sich nicht an den Grosshandelspreisen (rund 7 Rp./kWh bzw. 5 €/kWh), sondern am Endverbraucherpreis. Befindet sich die Anlage auf dem eigenen Hausdach, werden nicht nur die Energie-, sondern auch die Verteiltarife und staatlichen Gebühren (Grosshandelspreis + Hoch-, Mittel- und Niederspannungs-Netzgebühren + Abgaben) gespart. Diese liegen am Tag deutlich höher als in der Nacht. Die Nutzungszeit von PV-Anlagen deckt sich mit der Zeit der teuren Tarife, weil dann auch der Verbrauch hoch liegt. Deshalb ist der Solarstrom vom Hausdach rentabel, lange bevor die Kosten auf Grosshandelsniveau abgesunken sind. Schon bei Gestehungskosten zwischen 15 und 25 Rp./kWh (13 bis 20 €/kWh) werden Millionen von Dachanlagen wirtschaftlich.

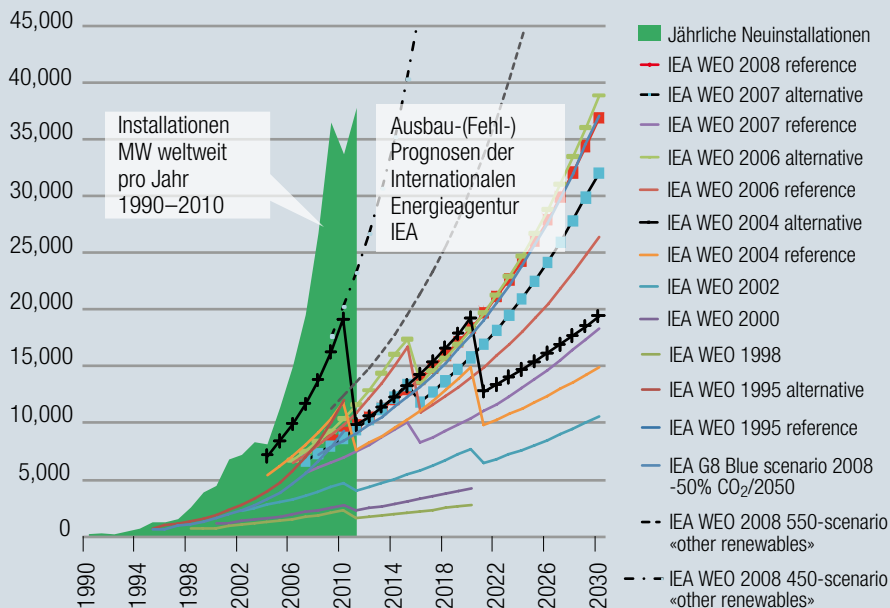
Weltweiter Bestand an Windkraftwerken (Megawatt)



Grafik 7, Quelle: windpower monthly

Weltweiter Bestand an Windkraftwerken (Megawatt)

Prognosen und Realität: Windkraft wächst viel schneller als offiziell erwartet



Grafik 8, Quelle: windpower monthly, IEA World Energy Outlook, div. Jahrgänge, Rechsteiner: Windpower in Context

Jährliche Installationen an Windkraft und die (Fehl-)Prognosen der Internationalen Energieagentur.

Windkraft übertrifft alle Erwartungen

Die Kapazitäten der weltweit installierten Windkraftwerke haben sich seit 1995 alle drei Jahre verdoppelt. Die Gesamtleistung wird bis im Jahr 2020 voraussichtlich auf 1100 GW anwachsen, dies sagt der führende Marktanalytiker BTM Consult, dessen Prognosen in der Vergangenheit stets etwas zu konservativ waren.

Das bisherige Wachstum der Windenergie hat alle Vorhersagen der offiziellen Denkfabriken übertroffen. Die Grafik unten zeigt die Prognosen des «World Energy Outlook» der Internationalen Energieagentur (IEA) in Paris. Die Neuinstallationen von Windenergie waren im Durchschnitt 400 Prozent höher als von der IEA prognostiziert.¹ Es scheint, dass die IEA nicht nur unfähig, sondern unwillig ist, den kommerziellen Erfolg der Windenergie anzuerkennen: ihre Lernkurven, ihre Potenziale, ihre ökologischen Vorteile und das Goldene Ende der Anlagen nach vollzogener Amortisation.

Dies ist von Bedeutung, weil die IEA viel öffentliches Vertrauen genießt und von den Mainstream-Medien stark beachtet wird. Finanziert wird sie von den OECD-Ländern aus Steuermitteln. Sie hätte zur Aufgabe, die Versorgungssicherheit zu verbessern, was sie bisher sträflich vernachlässigt hat. Ihr Engagement richtete sich fast ausschliesslich auf die beschleunigte Förderung von nichterneuerbaren Energien, während die unerschöpflichen erneuerbaren Energien in den IEA-Berichten kaum vorkommen.

Es gibt zwar auch in der IEA kleinere Abteilungen, die sich mit Wind- und Sonnenenergie beschäftigen. Diese haben jedoch eher die Funktion eines Feigenblatts. IEA und IAEA engagieren sich stark für die Erhaltung und Ausweitung der konventionellen Energien und tragen damit eine erhebliche Mitschuld an Klimakatastrophen und Atomunfällen. Sie sind der verlängerte Arm der Atom-, Kohle- Gas- und Öl-Lobby. Deswegen wurde auf Initiative des deutschen SPD-Politikers Hermann Scheer (†2010) die IRENA gegründet, die Erneuerbare-Energien-Agentur, die es sich zur Aufgabe macht, die erneuerbaren Energien politisch und technisch zu deblockieren.

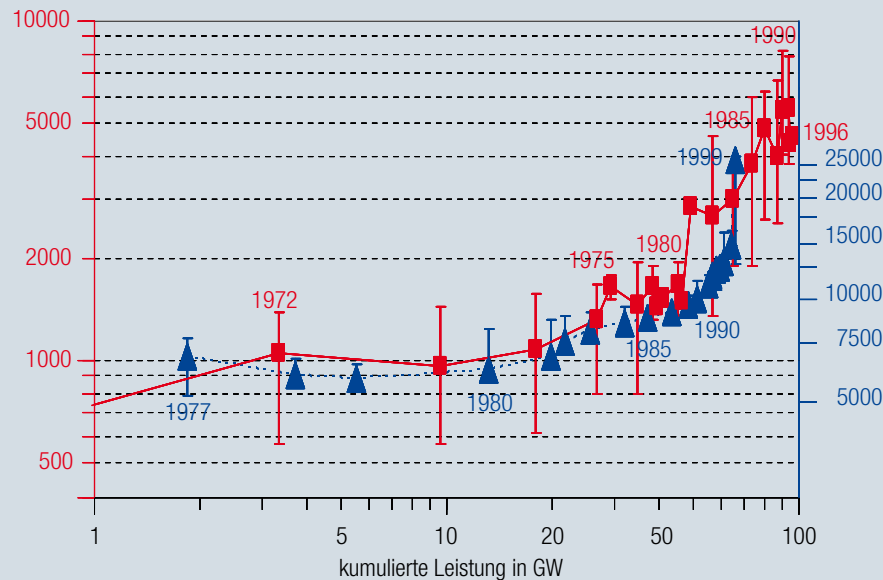
Vor diesem Hintergrund ist es nicht weiter erstaunlich, dass nur wenige Menschen von der technischen Revolution Kenntnis haben, die auch bei der Windenergie im Gang ist. Die Verbesserung der Produktion ergibt sich durch längere Laufzeiten pro Jahr, die dank grösserer Nabenhöhe, längeren Rotorblättern und neuen Materialien möglich wurden. Die Turbinen ermöglichen so auch den wirtschaftlichen Betrieb in Schwachwindregionen und offshore auf dem Meer. So kommen gigantische neue Ressourcen ins Spiel, die zuvor als nicht rentabel galten.

Das Fachmagazin «Windpower Monthly» berichtet, dass neue Windfarmen in den USA Strom ab 5 bis 6 US-Cents pro kWh liefern.² In Mitteleuropa liegen die reinen Gesteungskosten je nach Windhöflichkeit zwischen 7 und 20 Rp./kWh (5 bis 16 €/kWh). Windturbinen führen zu einer Senkung der Strompreise, wenn die Anlagen nach Ablauf der kalkulierten Laufzeit von ca. 20 Jahren weiterbetrieben werden können. Weil dann keine Abschreibungen und Zinsen mehr anfallen, liegen die Gesteungskosten bei nur noch 1 bis 2 Cents/kWh.

Kostensteigerung neuer Atomreaktoren in Frankreich und USA

Durchschnittliche Investitionskosten und Minima/Maxima in US\$ von 2004

Französische Francs von 1998

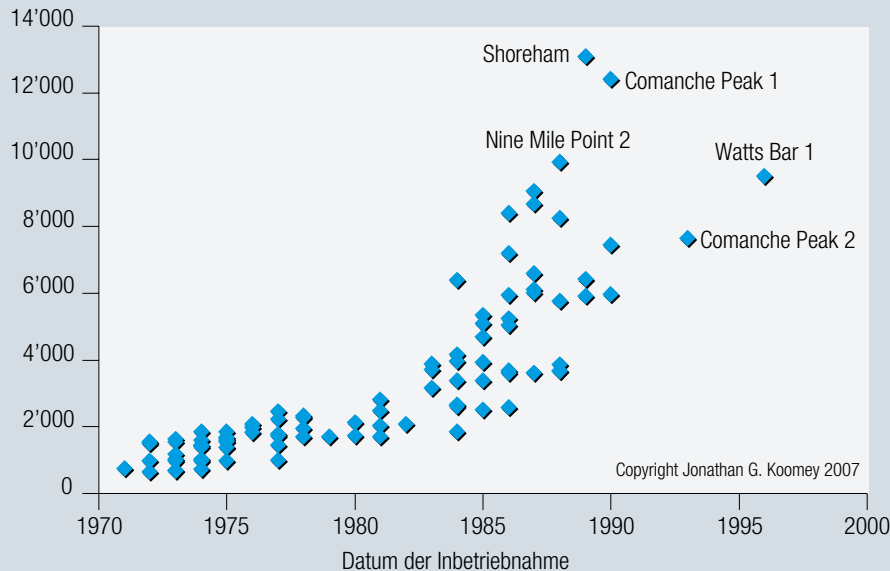


Grafik 9, Quelle: A. Grubler, Energy Policy, September 2010

Negative Lernkurve bei der Atomenergie: Die neuen Reaktoren werden immer teurer.

Wie sich die Atomreaktoren in den USA verteuerten

Kapitalkosten in US-Dollar von 2004 pro kW



Copyright Jonathan G. Koomey 2007

Grafik 10, Quelle: Keystone-Report: US Nuclear Power Joint Fact-Finding, June 2007

Kapitalkosten neuer Atomreaktoren in den USA.

Erosion des Vertrauens, Explosion der Kosten

Die Nachteile der fossilen und nuklearen Energien zeigen sich heute nicht bloss in ökologischer Hinsicht. Weltweit hat ein Wettrennen um die kostengünstigsten Öl-, Gas- und Kohlereserven eingesetzt. Die Konsumenten bezahlen einen steigenden Preis. Ob es aber überhaupt noch zulässig ist, diese Reserven bis zum bitteren Ende zu nutzen, dieser Frage weicht die Branche aus.

Die Verknappung sorgt für eine Verteuerung der Explorations- und Förderkosten. Die Öl- und Gasfunde werden kleiner, der Energieertrag pro investierte Energie (Energy Return On Energy Investment) nimmt ab. Deshalb ist die Angst vor Versorgungslücken und Knappheiten gestiegen und es werden Kriege gegen Menschen und gegen die Natur angezettelt, um neue Reserven in Besitz zu nehmen. Auch beim Bau neuer Atomkraftwerke kommt es 50 Jahre nach Beginn der industriellen Entwicklung noch immer zu Bauverzögerungen und Baukosten-Überschreitungen von 100% und mehr, etwa beim neuen Euroreaktor EPR von Areva. Dazu kommen Altlasten wie die radioaktiven Abfälle und die Kosten des Rückbaus von Altreaktoren.

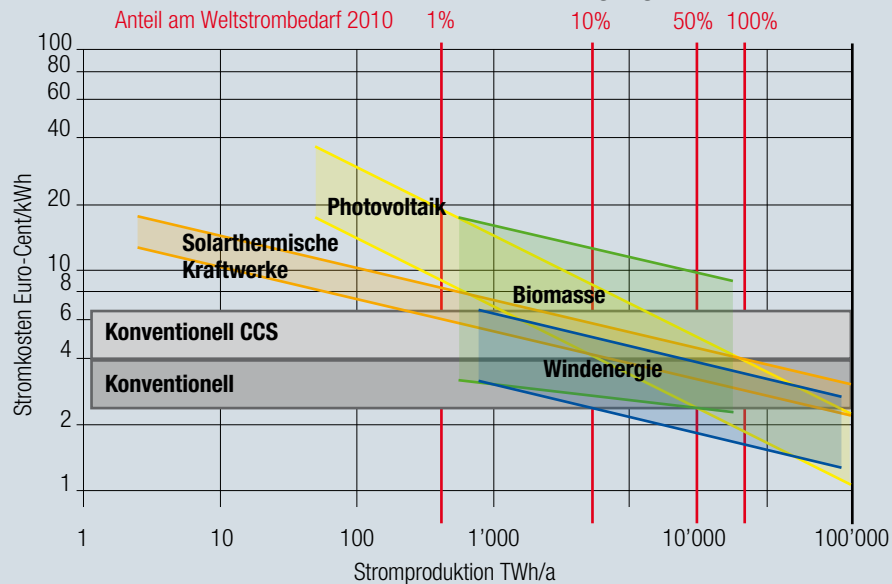
Bei neuen Atomreaktoren haben Ökonomen eine negative Lernkurve beobachtet. Neue Reaktoren werden – bemerkenswert – nicht billiger, sondern teurer als ältere. Beim EPR von Olkiluoto (Finnland) betragen die Baukosten – Stand Oktober 2011 – 6,6 Mrd. € statt der ursprünglich budgetierten 3 Mrd. €³; und die Probleme wiederholen sich auf anderen Baustellen in Flamanville (Frankreich) und Taishan (China).⁴

Zu Beginn der Entwicklung der Atomenergie verbreiteten viele Regierungen einen naiven Machbarkeits-Optimismus. Erst nachträglich wurden die Sicherheitsvorkehrungen verschärft. Die Anlagen wurden komplizierter, aber nicht wirklich sicher. Fukushima zeigt, dass die Unfallgefahren noch immer dramatisch unterschätzt werden. Das Ungenügen der Anlage bei grossen Tsunamis war den Aufsichtsbehörden bekannt, doch sie handelten nicht, weil sie sich mit den wirtschaftlichen Interessen der Betreiber identifizierten. Überall, wo im Stromsektor der Wettbewerb spielt, wird die Sicherheit vernachlässigt. Auch die Schweizer Aufsichtsbehörde ENSI schliesst unsichere Werke niemals, sondern begnügt sich mit blossen Absichtserklärungen der Betreiber, Unsicherheiten später einmal zu beheben.

Eine angemessene Entschädigung von Strahlen-Opfern gab es weder in Harrisburg (1979), Tschernobyl (1986) noch in Fukushima (2011). Weil man annahm, solche Unfälle könnten nach menschlichem Ermessen nie geschehen, wurden die Betreiber von einer echten Haftpflicht befreit. Und statt – wie im Finanzsektor – die Haftungs- und Reserve-Bestimmungen zu verschärfen, begnügen sich die Regierungen mit unverbindlichen «Stresstests», die von den gleichen Leute durchgeführt werden, die zuvor schon stets höchste Sicherheit vorgaukelten.

Die Lernkurve der erneuerbaren Energien verhält sich gerade umgekehrt zu jener der fossilen und nuklearen Energien. Sie ist für Konsumenten und Produzenten ein Segen, weil die Gestehungskosten stetig sinken. Photovoltaik, Windkraft und andere Erneuerbare sind die einzigen Energien, die Preissenkungen bringen statt Preiserhöhungen.⁵

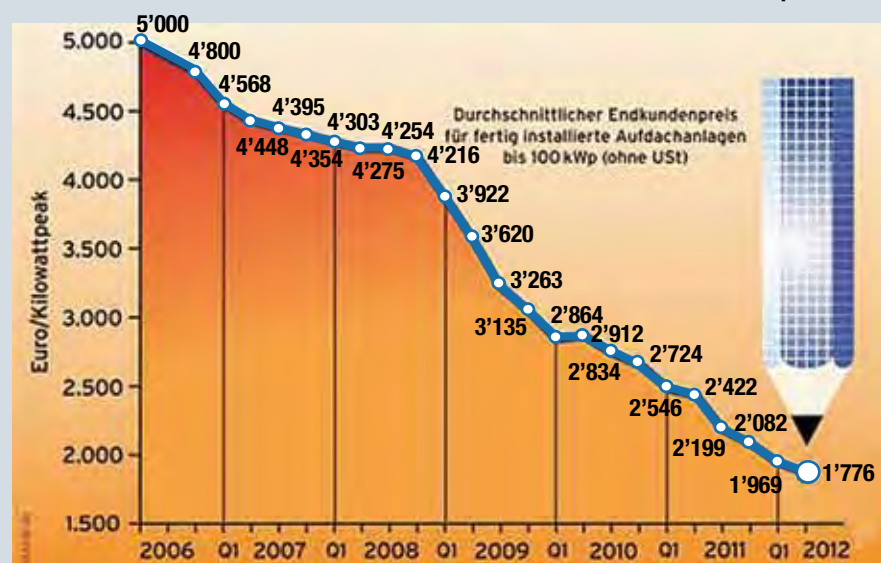
Lernkurven neuer und konventioneller Stromerzeugung



Grafik 11, Quelle: Forschungsverbund Erneuerbare Energien FVEE 2010

Kostensenkungspotenziale von Stromerzeugungstechniken und möglicher Anteil am Weltstromverbrauch (CCS: Carbon Capture and Storage).

Solarstromanlagen werden rasant billiger (Preise in Euro/Kilowatt_{peak})



Grafik 12, Quelle: BSW Solar 8/2011

Auf dem deutschen Solarmarkt sind die Preise für fertig installierte Aufdachanlagen von 2006 bis 2011 um 56 Prozent gesunken.

Lernkurve dank Wachstum

Je jünger eine Technik ist, desto grösser sind die möglichen Kostensenkungen. Mit jeder Verdoppelung der weltweit installierten Kapazität lassen sich Preissenkungen für Solarstrom von 15 bis 22 Prozent⁶ und für Windstrom von 9 bis 17 Prozent beobachten.⁷ Die Preissenkungen sind direkt abhängig von der Geschwindigkeit, mit der diese Technologien expandieren. Je stärker die Anwendung beschleunigt wird, desto grösser wird der wirtschaftliche Erfolg. Deshalb ist das exponentielle Wachstum dieser Energietechniken seit circa 15 Jahren von technisch-revolutionärem Charakter.

Die Lernkurve basiert auf der langen Sicht. Kurzfristig können die Preise ansteigen. Zwischen 2005 und 2009 sind die Preise für neue Wind- und PV-Kraftwerke eher leicht gestiegen als gefallen. Schuld daran hatten steigende Kosten für Metalle, eine Verknappung des kristallinen Siliziums und die starke Zunahme der Nachfrage nach neuen Windturbinen und Solarzellen. Inzwischen hat sich die Nachfrage als Folge der Finanzkrise abgeschwächt und manche Rohstoffpreise bildeten sich zurück.

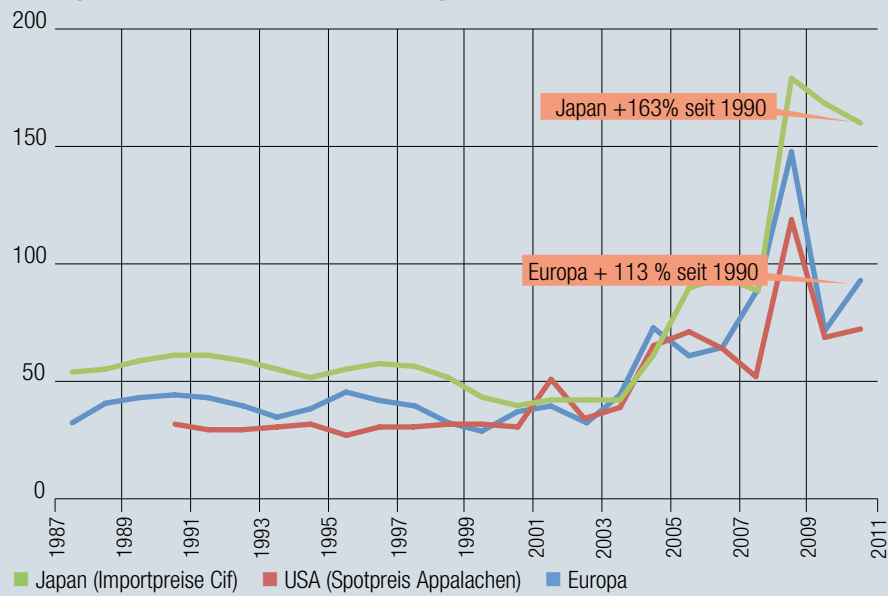
Bei den Systempreisen für Solarzellen und Wechselrichter begann der dramatische Preiserfall im Jahr 2009. Bei den Windturbinen wird seit 2011 von Preissenkungen in der Grössenordnung von 20 Prozent oder mehr berichtet. Dadurch gelangen Windenergie und Solarenergie in immer mehr Regionen in die Rolle der kostenminimalen Option, wobei die Gestehungskosten natürlich von der Qualität der Ressource (Sonne und Wind) abhängig sind. Die Gestehungskosten der Windenergie werden nur noch von effizientesten Gaskraftwerken unterboten, und auch dies nur dort, wo billige und grosse Gasreserven verfügbar sind. Auch Kohlekraftwerke liefern der Windenergie einen harten Konkurrenzkampf, weil ein internationales Klimaabkommen mit einem berechenbaren «Preis für CO₂» gescheitert ist.

Ob sich neue fossile Kraftwerke überhaupt noch lohnen, hängt entscheidend von den CO₂-Regulierungen und von den Annahmen bezüglich der Rohstoffpreise während der ganzen Betriebszeit ab. Die Preise für Gas und Kohle haben sich in den letzten zehn Jahren deutlich erhöht, bleiben aber volatil. Wind- und Solarenergie verhalten sich hingegen völlig kostenstabil, weil keine Brennstoffe im Spiel sind.

Dank der Lernkurve ist es bloss eine Frage der Zeit bis alle fossilen Energien ökonomisch «zu teuer» werden. Dann wird sich auch das politische Klima für radikale Verbrauchsreduktionen verbessern: Weshalb sollte man etwas Schädliches noch kaufen, wenn das Unschädliche billiger ist?

In vielen Entwicklungsländern fehlen ausgebaute Energie- und Telekommunikationsnetze. Die mobile Telefonie mit Milliarden von Handys wurde dort zur Erfolgsgeschichte. Das selbe könnte sich bei der Stromerzeugung wiederholen, denn die verbreiteten Schweröl-Aggregate sind teuer. Zugleich ist die Sonneneinstrahlung im Süden höher als in den alten Industrieländern. Die Preissenkungen für Solarmodule auf unter 50 €-Cents pro Watt könnten bewirken, dass sich Solarfarmen in Windeseile verbreiten. Schon im Jahr 2010 nahmen die Bestellungen aus Ländern wie Mexiko, Thailand, China oder Mali stark zu. Das ist erst der Anfang.

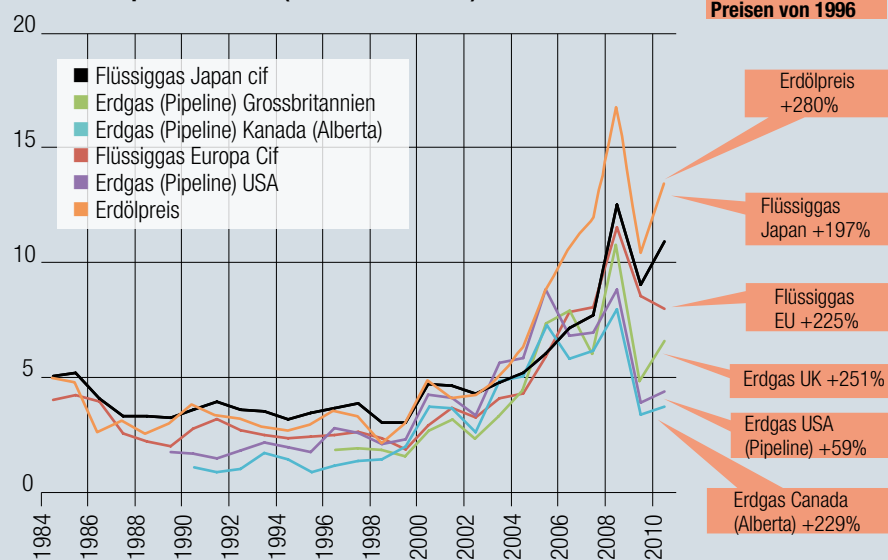
Kohlepreise 1987–2010 in US-Dollar pro Tonne



Grafik 13, Quelle: BP Statistical Review of World Energy June 2011

Durch die starke Nachfrage aus China hat sich der Kohlepreis weltweit erhöht. Ins Gewicht fallen auch die abnehmende Kohlequalität und die Verteuerung der Transporte durch den gestiegenen Ölpreis.

Erdgaspreise 1984–2010 in US-Dollar pro Million BTU (1 MBTU = 293 kWh)



Grafik 14, Quelle: BP Statistical Review of World Energy June 2011

Die Gaspreise bewegen sich volatil und liegen regional unterschiedlich hoch. In den USA hat die Förderung von Schiefergas die Preise einbrechen lassen.

Nicht-ökonomische Erfolgsfaktoren

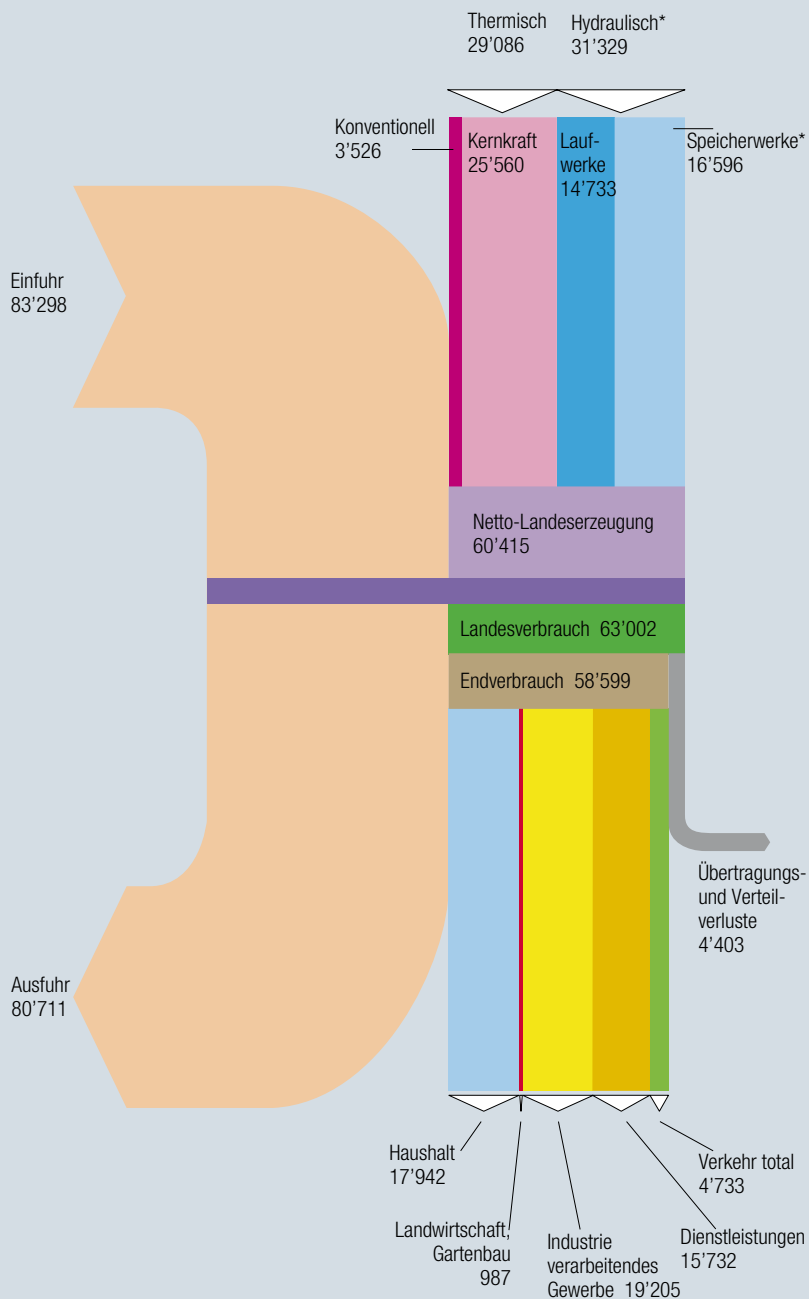
Es wäre falsch, den Erfolg der erneuerbaren Energien einzig auf ihre sinkenden Kosten zurückzuführen. Hinter dem weltweiten Erfolg steckt viel mehr. Es ist der Wunsch nach Versorgungssicherheit, Unabhängigkeit, neuen Arbeitsplätzen, verbrauchernaher Stromerzeugung, kurzen Bauzeiten, lokaler Wertschöpfung, technischer Innovation und – ganz besonders – der Wunsch, vor volatilen und steigenden Brennstoffkosten auf Dauer geschützt zu sein. Für die Windenergie können mindestens 16 verschiedene Erfolgsfaktoren identifiziert werden.⁸

Viele gelten auch für die Solarenergie. Ein zusätzlicher Vorteil der Photovoltaik ist die Entlastung von Versorgungsnetzen dank dezentraler Stromerzeugung beim Verbraucher.

Vorteile der Windenergie

1. Die Primärenergie (Wind) ist kostenlos.
2. Die Primärenergie ist unerschöpflich, sie geht nie aus;
3. Es gibt genügend Ressourcen, um Energieunabhängigkeit in allen Weltregionen herbeizuführen.
4. Die Technik ist reif; es können stabile Lebenszykluskosten garantiert werden.
5. Windkraft ist heute wettbewerbsfähig, betrachtet über die Kosten über den ganzen Lebenszyklus einer Turbine.
6. Windkraft verursacht keine CO₂-Emissionen, keine Luftemissionen und keine radioaktiven oder sonstigen problematischen Abfälle.
7. Windkraft benötigt kein Kühlwasser;
8. Windturbinen haben eine Energierücklaufzeit (Energy Pay-back) von weniger als einem Jahr;
9. Es gibt einen globalen, leicht erreichbaren Marktzutritt für neue Hersteller. Der Markteintritt ist niederschwellig, verglichen mit anderen Kraftwerkstechniken wie Atomenergie.
10. Die Zeit von der Produktentwicklung bis zur Platzierung des Produkts am Markt (time to market) ist kurz.
11. Es dominieren kurze Herstellungszyklen; selbst grosse Windfarmen können innert Jahresfrist erstellt werden.
12. Windenergie ist eine junge Technik, was weitere Fortschritte auf der Lernkurve und entsprechende Kostenreduktionen erwarten lässt.
13. Windenergie ist eine dezentrale Energie; sie ermöglicht es auch kleinen und mittleren Unternehmen, in die Stromerzeugung einzusteigen und Teil eines profitablen Versorgungssystems zu werden – im Unterschied zum Öl- und Gasgeschäft, das von wenigen exklusiven Anbietern beherrscht wird.
14. Die Distanz vom Ort der Stromerzeugung bis zum Ort des Stromverbrauchs ist mit 1–1500 km moderat, verglichen mit den Lieferdistanzen anderer Energieträger (Öl, Gas, Uran, Kohle).
15. Windenergie hat viele positive Nebenwirkungen für die Hersteller und für die Nutzer, namentlich Steuereinnahmen, Einkommen für Bauern und Landbesitzer (relevant besonders in abgelegenen Gebieten) sowie Lerneffekte bei den Herstellern.
16. Windenergie führt zur Schaffung von Know-how und Arbeitsplätzen, immer öfter im Nutzerland selber.

Flussdiagramm der Elektrizität in der Schweiz (in GWh)



Grafik 15, Quelle: Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2010

Die Schweiz importiert und exportiert mehr Strom, als sie selber verbraucht (2010).

Wasserkraft und Stauseen – Stärke der Schweiz

Es gibt eine grosse Vielfalt von erneuerbaren Energien: Flüsse und Wind treiben Turbinen an und liefern Strom, Sonnenlicht liefert Wärme, Kälte oder Strom; Erdwärme kann heizen oder kühlen helfen und aus grosser Tiefe auch Strom liefern. Biomasse und Abfälle lassen sich thermisch nutzen, mit Biogas kann man auch Auto fahren. Zusammen mit den Stauseen dienen sie auch als Speicher.

Erneuerbare Energien haben ein regionales «Gesicht». Sie nutzen stets lokale Ressourcen und benötigen Standorte. Diese sind von unterschiedlicher Ergiebigkeit. Soll die Energiegewinnung auf einheimischen Ressourcen beruhen, gilt es, auch zweit- und drittklassige Standorte zu erschliessen und Techniken von unterschiedlichem Reifegrad miteinander zu kombinieren.

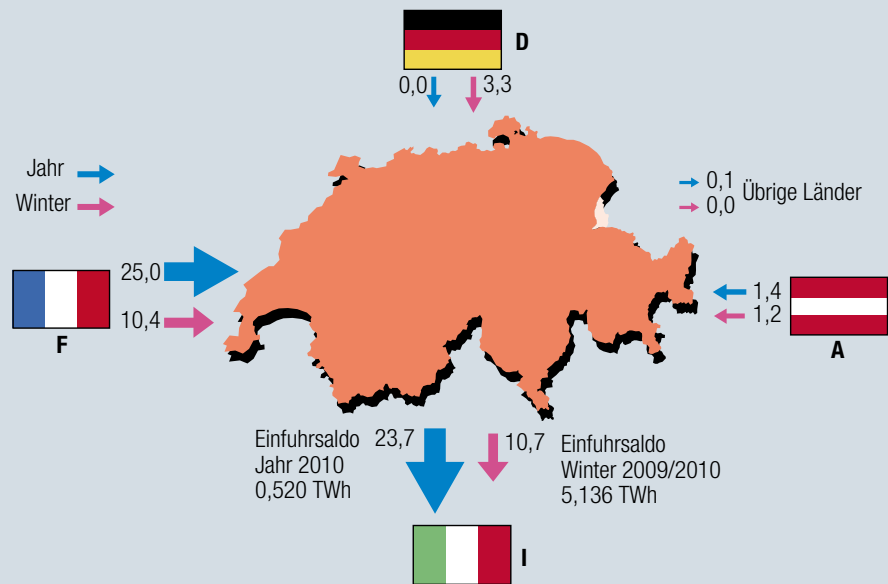
Nichtererneuerbare Energien beruhen stets auf Extraktion von chemischen Energieträgern. Hier ist die Primärenergie (Öl, Uran, Gas usw.) auch der Energiespeicher. Öltanks, Kohlehalde und Gaslagerstätten vermitteln den Eindruck von Versorgungssicherheit, doch diese Energien sind endlich, und um die knappen Ressourcen tobt ein intensiver Wettbewerb.

Anders die Erneuerbaren. Sie treten zyklisch als wiederkehrende Energieströme in Erscheinung. Im Idealfall werden sie «just in time» einer Nutzung zugeführt. Der Handel und Transport der erneuerbaren Energien ist zwar möglich, aber mit Kosten und Energieverlusten verbunden. Sie funktionieren häufiger im regionalen Verbund als auf dem Weltmarkt. Für die Schweiz bedeutet dies, eine vernünftige Arbeitsteilung mit den EU-Ländern zu organisieren, wobei beide Seiten ihre jeweiligen Standortvorteile nutzen.

Ihre Speicherung erfordert Investitionen, zum Beispiel in Staumauern, und ist mit Energieverlusten (=Kosten) verbunden. Wollen wir diese Verluste niedrig halten, sollten wir die Nutzungswege optimieren und die lokalen Energieflüsse so kombinieren, dass sie sich zeitlich und örtlich möglichst gut mit der Nachfrage decken, denn so können die Kosten des «Überbaus» aus Netzen und Speichern gering gehalten werden. Bei Sonne und Wind ist dies grob gesehen der Fall: Der Verlauf der Sonneneinstrahlung deckt sich recht gut mit der Verbrauchsspitze zur Tageszeit. Die Windenergie fällt zu zwei Dritteln in der kalten Jahreszeit an und trägt zeitgerecht zur Deckung der erhöhten Winternachfrage bei. Dann gilt es, mittels «Fine-Tuning» die sonnen- und windschwachen Zeiten zu überbrücken: mittels Diversifikation der Energiequellen und, soweit notwendig, mit grossräumiger Vernetzung und mit neuen Speichern.

Die Schweiz verfügt dank Stauseen, Biomasse (Holz), Erdwärme, Abfällen und Batterien bereits über beträchtliche Flexibilität. Die Stromerzeugung stammt zu 56% aus Wasserkraft, davon mehr als die Hälfte aus Stauseen, wo sich die Entnahme steuern lässt. Dies macht die Schweiz zur Stromdrehscheibe Europas. Der Stromtransit – Kauf und Verkauf von Strom an Drittländer – übersteigt sogar den einheimischen Verbrauch! Die starken Netze und die grossen Leistungs- und Energiereserven der Stauseen erleichtern den Übergang auf eine Vollversorgung mit erneuerbaren Energien. Die Mehrkosten für neue Speicher, Netze und Reserveleistung bleiben tief.

Stromflüsse durch die Schweiz

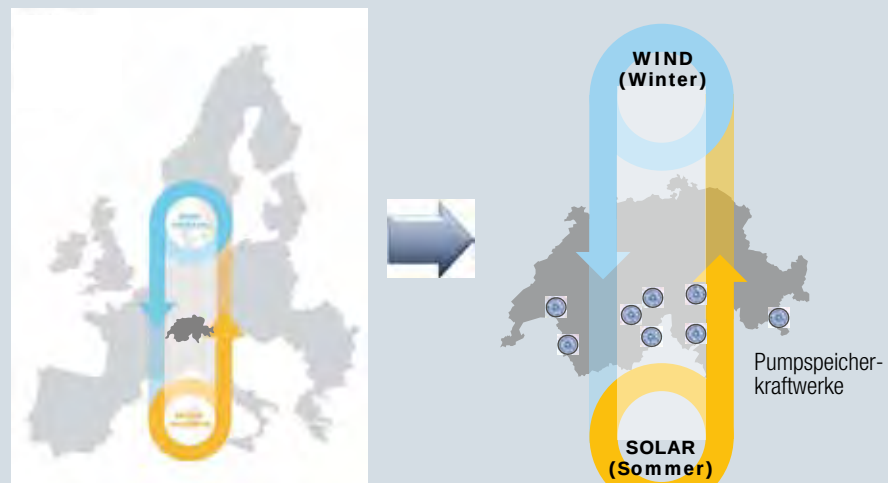


Grafik 16, Quelle: CH Elstat

Die meisten Stromimporte stammen aus Frankreich: Überschüssige Bandenergie aus Atomkraftwerken wird in den Stauseen veredelt und nach Italien verkauft.

Wind- und Solarimporte ersetzen Atom und Kohle

2050 Ausbau der Stromdrehscheibe Schweiz zur Batterie Europas



Erneuerbare Energien bewegen und speichern!

Grafik 17, Quelle: Swissgrid 2010

So stellt sich Swissgrid die Stromdrehscheibe im Jahr 2050 vor: Wind- und Solarüberschüsse werden günstig eingekauft, in den Speicherkraftwerken zwischengelagert und als Spitzenstrom wieder veräußert.

Stromdrehscheibe – Trumpf in Europa

Um den Übergang auf erneuerbare Energien zu bewerkstelligen, braucht es klare Vorstellungen über die zukünftige Rolle der Schweiz in Europa. Dazu kommt die Frage, welche Techniken genutzt werden sollen. Zur wirtschaftlich optimierten Versorgungssicherheit braucht es eine neue Standort- und Bewilligungspolitik für erneuerbare Energien, Spielregeln für eine rasche Netzanbindung von Neuanlagen und Vergütungsmodelle, die der unterschiedlichen Qualität der einzelnen Standorte und Techniken Rechnung tragen. Da die erneuerbaren Energien die tiefsten variablen Kosten aufweisen und ökologisch überlegen sind, muss ihnen bei den Vergütungs-, Durchleitungs- und Reservehaltungs-Bestimmungen Vorrang eingeräumt werden.

Heute begünstigen viele Regulierungen den Atom- und Kohlestrom:

- Der Strom für Pumpspeicher wird in der Schweiz gebührenfrei transportiert, um die Verwertung von Nachtstrom aus Atom- und Kohlekraftwerken zu verbilligen.
- Bei der Kalkulation der Photovoltaik-Mehrkosten innerhalb der kostendeckenden Vergütung wird dem Solarstrom die volle Netznutzung über alle Spannungsebenen belastet, die in Realität gar nicht stattfindet.
- Dass die Photovoltaik stets zur Zeit hoher Nachfrage einspeist, ohne den verlustreichen Umweg über Pumpspeicher überhaupt zu beanspruchen, hat der Gesetzgeber nicht honoriert.
- Auf Druck der Atomlobby wurden auch die Netze nach Frankreich für die Atomkraftwerke reserviert – erneuerbare Energien haben keinen Zugang.

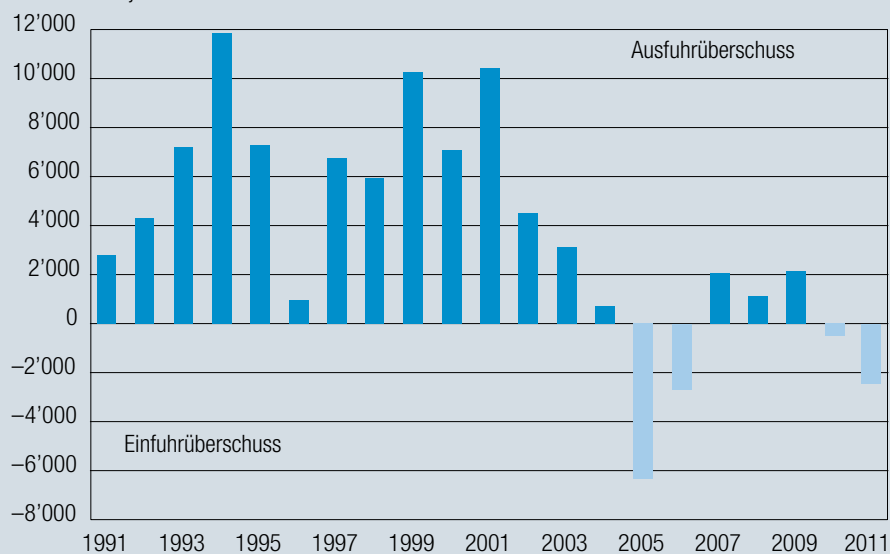
Hier besteht dringlicher Revisionsbedarf. Doch auch der Ersatz der Atomkraftwerke muss konkret geplant und terminiert werden, inklusive Restlaufzeiten. Dazu gehört auch eine Vorstellung über den Standort und die Beschaffenheit der Ersatzkraftwerke. Sie sollten – schon aus Gründen der Energieaussenpolitik – vorwiegend auf erneuerbaren Energien beruhen.

Während Jahrzehnten wies die Schweiz Überkapazitäten an Elektrizität auf (Leistung und Energie). Stromüberschüsse aus französischen Atomkraftwerken wurden importiert und als Spitzenenergie zu höheren Preisen nach Italien weiterverkauft. Dieses lukrative Geschäft brachte der Schweiz Jahr für Jahr Nettogewinne in der Grössenordnung von 1 bis 2 Milliarden Franken, doch die Öffnung der Netze ebnet die Preisdifferenzen ein und reduziert die Monopolgewinne der ehemaligen Netzbesitzer. Gewinne macht nun nur noch, wer eine echte Leistung erbringt.

Swissgrid – die neue Netzgesellschaft, die das Hochspannungsnetz betreibt – beurteilt die kommenden Umstellungen positiv: Wenn in Europa bis 2030 rund 400 Gigawatt Windkraft aufgebaut werden (entsprechend der Nennleistung von 400 AKW «Gösgen») und wenn ebenso viele Solar-Kraftwerke entstehen, dann reduziert sich die Nachfrage nach Bandenergie und der Bedarf nach Reserve- und Spitzenleistung steigt an. Der Ausbau der Pumpspeicherwerke ist in diesem Kontext folgerichtig. Die Schweiz wird zur Batterie Europas und speichert die kostengünstigen Überschüsse aus den Nachbarländern, um sie anschliessend als Spitzenstrom zu vermarkten. Doch das wichtigste Bindeglied – ein Vertrag mit der Europäischen Union – fehlt noch.

Die Schweiz ist Stromimporteur geworden

GWh Kalenderjahr

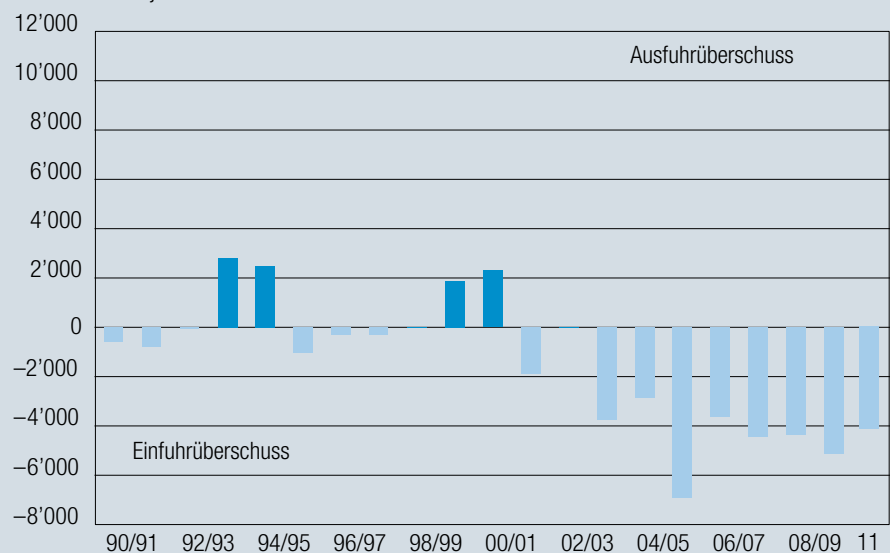


Grafik 18, Quelle: Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2010

Die Jahreserzeugung deckt den Jahresverbrauch nicht mehr.

Jeden Winter importiert die Schweiz mehr Strom

GWh Winterhalbjahr



Grafik 19, Quelle: Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2010

Mit Billig-Tarifen und Subventionen wurde ein gigantischer Winterverbrauch herangezuchtet. Elektro-Widerstandsheizungen verschwenden einen Grossteil des Stroms und verteuern die Bezüge der übrigen Konsumenten, auch von Industrie und Gewerbe.

Vom Exporteur zum Importeur

Während Jahrzehnten produzierte die Schweiz Stromüberschüsse: Überkapazitäten an Energie (kWh) und an Leistungsreserven (kW), die im Ausland vermarktet wurden. Sehr früh wurde die Atomenergie ausgebaut (1969 bis 1984), was damals noch als Pioniertat galt. Im Jahr 2005 musste die Schweiz erstmals grössere Mengen Strom für den Eigenverbrauch importieren. Die Ursache war damals der monatelange Ausfall des grössten Atomkraftwerks (Leibstadt).

Weitere Nettoimporte wurden in den Jahren 2006 und 2010 nötig und werden in naher Zukunft zum Normalfall werden. Jahrelang hat die Stromlobby nur auf eine Karte gesetzt: auf neue Atomkraftwerke. Zu diesem Zweck wurde der Ausbau der erneuerbaren Energien blockiert, zum Beispiel mit der Deckelung der Einspeisevergütungen, und die Verbesserung der Energieeffizienz systematisch hintertrieben.

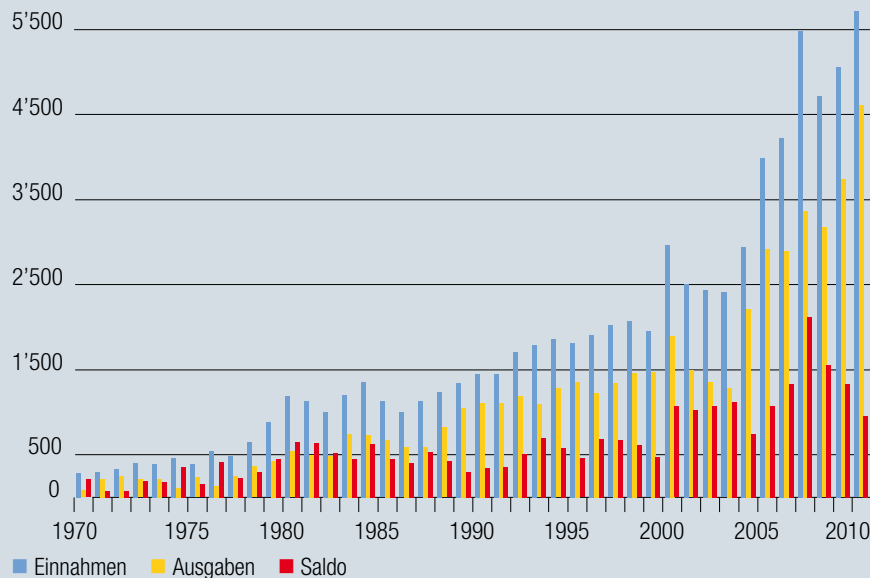
Käufliche Parteien wurden von der Atomlobby à discrétion mit Geld versorgt. Mit Subventionen und Lockvogeltarifen wurde der Stromverbrauch von Elektroheizungen und Boilern künstlich in die Höhe getrieben. Die Einführung von Verbrauchsvorschriften für Geräte, Anlagen und Fahrzeuge liess jahrzehntelang auf sich warten – der freie Markt und neue Atomkraftwerke sollten alles regeln und angeblich jeden Bedarf decken.

Das blinde Vertrauen in die Verheissungen der Atomlobby blieb nicht folgenlos. Die Schweiz verzeichnet ein anhaltend hohes Verbrauchswachstum von 1,43 Prozent pro Jahr über die letzten 10 Jahre. Dieses Wachstum führte nicht wie in anderen Ländern zum Bau von neuen Kraftwerken, denn bis zum Unfall von Fukushima konnten die erneuerbaren Energien kaum zulegen. Stehen in Deutschland 21'607 und in Österreich 625 Windturbinen, waren es in der Schweiz Ende 2010 gerade einmal 32 Anlagen. Ähnliches beim Solarstrom: Die Schweiz installierte mit 39 Megawatt übers ganze Jahr 2010 gleich viel Leistung, wie in Deutschland an einem einzigen Werktag ans Netz geht (Zubau 2010: 7'400 MW).

Der lahrende Ausbau der erneuerbaren Energien hat die Versorgungssicherheit noch nicht in Gefahr gebracht, weil das Land ausserordentlich gut vernetzt ist mit den europäischen Nachbarn. Durch das Abzweigen eines Teils der Transitlieferungen konnte der einheimische Bedarf gedeckt werden. Doch nun sind die Reserven auf null gesunken und die Frage stellt sich, aus welchen Quellen der Eigenbedarf und der Ersatz der Atomkraftwerke verlässlich und kostensicher erbracht werden können.

Je nach Wirksamkeit der Effizienzpolitik ergibt sich in den nächsten zwei Jahrzehnten grosser Zusatzbedarf. Schweizer Stromkonzerne haben in den vergangenen Jahren besonders stark in Atom-, Kohle- und Gaskraftwerke im Ausland investiert. Allein die Axpo besitzt neue Gaskraftwerke mit einer Leistung von 1,8 Gigawatt (entsprechend 1,8-mal die Leistung des Atomkraftwerks Gösgen). Doch bereits beraten die grossen Atomkonzerne, ob sie neue Atomkraftwerke in Frankreich bauen sollen.

Rentabler Strom-Aussenhandel der Schweiz (in Millionen Franken)



Grafik 20, Quelle: Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2010

Von 2006 bis 2010 lagen die Nettoerträge aus dem Stromaussehandel der Schweiz zwischen 1,1 und 2,1 Milliarden Franken.

Schweizer Kraftwerksbeteiligungen im Ausland: fossile Kraftwerke

- Kraftwerktyp fossil, in Betrieb
- Kraftwerktyp fossil, noch nicht in Betrieb (projektiert/in Bau)
- Kraftwerktyp nicht fossil, in Betrieb
- Kraftwerktyp nicht fossil, noch nicht in Betrieb (projektiert/in Bau)
- ▲ Bezugsrechte aus französischen AKW

Die Schweizer Stromunternehmen, deren Auslandkraftwerke (oder Beteiligungen) illustriert werden, sind ATEL, BKW, EGL, Groupe E, EOS, HS und AET, und Rätia Energie.

Stand Oktober 2008
© Allianz Stopp Atom



Grafik 21, Quelle: Schweizerische Energiestiftung, Schweizer Auslandkraftwerke,

Die Schweiz besitzt im Ausland mehr Kraftwerke als im Inland. Als Financier von Atom-, Kohle- und Gaskraftwerken spielt sie eine eher unrühmliche Rolle. Einzig die Stadtwerke der rot-grün regierten Gemeinden haben namhaft in erneuerbare Energien im Ausland investiert.

Neue Spielregeln für sauberen Strom

Aus drei Gründen sollte die Schweiz den Strombedarf der Zukunft aus erneuerbaren Energien decken:

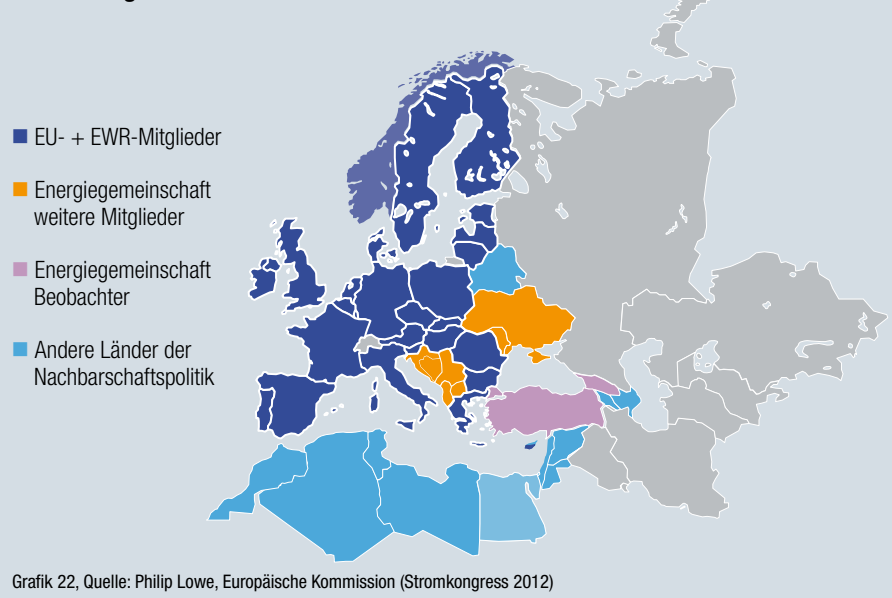
- erneuerbare Energien sind kostensicher und gefährden die Bevölkerung nicht durch unerträgliche Risiken (Atomunfälle und CO₂)
- die Auslandabhängigkeit sollte nicht zu gross werden – die Schweiz verfügt über grosse Potenziale an erneuerbaren Energien
- die Schweiz muss den Regulierungen der EU Rechnung tragen. Das kann sie nur mit einem starken Ausbau der erneuerbaren Energien.

Der Umbau der Energieversorgung braucht neue Rahmenbedingungen.

Die wichtigsten Aufgaben sind folgende:

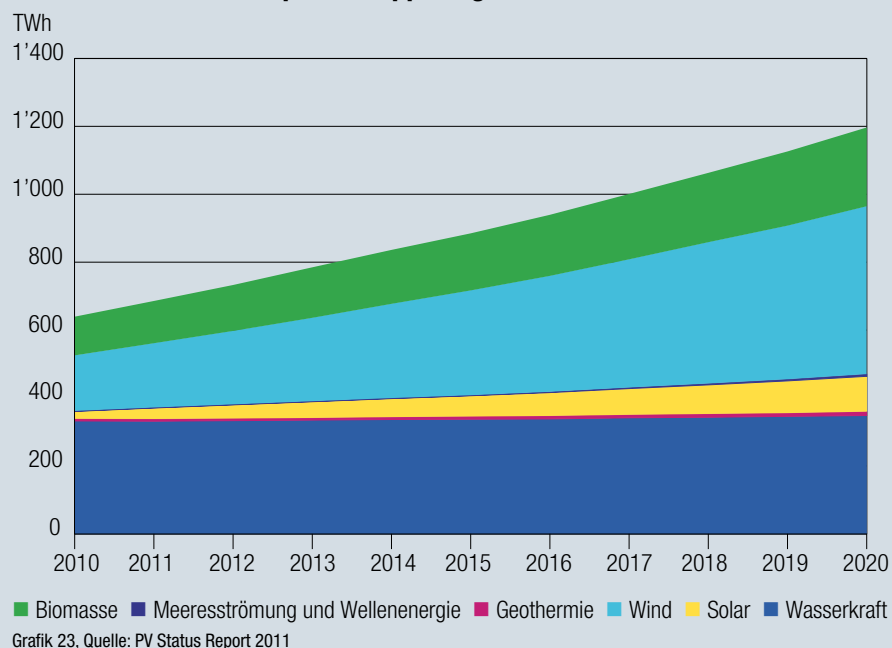
Faire Entschädigung für «grünen Strom»	Instrument
• Deckung der Investitionskosten, der Risiken und der Betriebskosten über die Laufzeit eines Kraftwerks	«Deckel weg» bei den Einspeisevergütungen
• Berücksichtigung von hohen, mittleren und schwachen Standortqualitäten ohne «Mitnahmeeffekte»	Differenzierung nach Leistung und Jahreslaufzeit (bestehend)
• Stabilität der regulatorischen Rahmenbedingungen zwecks Kostenreduktion der herstellenden Industrie	Ausbau der Einspeisevergütungen, Verzicht auf neue Instrumente (Quoten, Investitionsbeiträge)
Zugang zu Netzen und Netzerweiterungen	Instrument
• Vorrang für erneuerbare Energien; nicht diskriminieren der Zugang zu allen Stromnetzen	Abschaffung des gesetzlichen Vorrangs für Atomstrom (Art 17 Stromversorgungsgesetz, erster Teil)
• Verknüpfung verschiedener Technologien und Wetterzonen	Ausbau der Stromnetze zum überregionalen Verbund
Netz- und Reservemanagement	Instrument
• Schaffung neuer Transportlinien für Strom und Wärme	Ausbau der Stromnetze Anbindung der Speicherseen an Europas Transportnetze Abwärmenutzung von Industrieanlagen
• Prognosesysteme für Nachfrage und Angebot	Ausbau und Teilnahme an Wetterbeobachtungsnetzen
• Speicher für kurze, mittlere und lange Laufzeiten (z.B. Pumpspeicher, Biomassekraftwerke, Batterien usw.)	Abgeltung von kleiner und grosser Reserveleistung durch Swissgrid (Stauseen, dezentrale Speicher und Leistungsreserven)
• Ausgleich unvorhergesehener Schwankungen von Wind- und Solar-Kraftwerken	Schaffung von Tages-, Stunden- und Intra-Stundenmärkten im Stromhandel
• Erhöhung der Versorgungssicherheit durch intelligente Kundenbeziehungen	Flexible Tarife, Rundsteuerung, smart grids, smart metering, angemessene Anreize für dezentrale Lastbewirtschaftung
Umweltschutz und demokratische Partizipation	Instrument
• Minimierung der Umwelteinwirkungen	Schutz von gefährdeten oder seltenen Arten, natürlichen Flussläufen und aussergewöhnlichen Landschaften
• Mobilisierung natürlicher Ressourcen	Anreize (Einspeisevergütungen) und regionale Planung (Sachplan erneuerbare Energien)
• Regionale Verankerung	Beteiligung der Betroffenen mittels demokratischer Verfahren und Teilhabe an neuen Investitionen (Gewinnbeteiligungen, Nutzungsabgeltung ähnlich Wasserzins)
• Internalisierung externer Kosten	Volle Haftpflichtversicherung für Atomanlagen, auch für Beteiligungen im Ausland. Erhöhung der CO ₂ -Abgabe, Verzicht auf fragwürdige Auslandkompensationen ohne echte CO ₂ -Reduktionen

Ausweitung des EU-Binnenmarktes auf die Nachbarländer



Neben den 27 EU-Länder sind Norwegen, Ex-Jugoslawien, Ukraine und Moldavien Mitglieder der EU-Energiegemeinschaft. Der Alleingang der Schweiz gefährdet ihre Stellung als Stromdrehscheibe. Auch die Erträge aus dem Stromaussehandel stehen auf dem Spiel.

Sauberer Strom in Europa: Verdoppelung bis 2020



Geplante europäische Stromerzeugung gemäss nationalen Aktionsplänen.

Europa setzt auf erneuerbare Energien

Die Energiepolitik der Schweiz wird stark von der Energiepolitik der Nachbarländer beeinflusst. Die gravierenden Blackouts in der Schweiz, in Italien und in Nordeuropa zeigen: Versorgungssicherheit definiert sich längst nicht mehr im nationalen Kontext, sondern bemisst sich an der Netzstabilität im internationalen Verbund. Für die grenzüberschreitenden Energieströme ist inzwischen Brüssel der massgebliche Gesprächspartner, zuständig für die Koordination der grenzüberschreitenden Transportwege, die Reservehaltung, den Marktzutritt und die minimalen Umwelt-Bestimmungen. Der Europäische Rat hat am 8. März 2007 das verbindliche Ziel festgelegt, den Anteil der erneuerbaren Energien gemessen am Energieverbrauch bis 2020 auf 20 Prozent zu erhöhen; ferner will er die Energieeffizienz um 20 % verbessern und die CO₂-Emissionen um 20 % absenken.

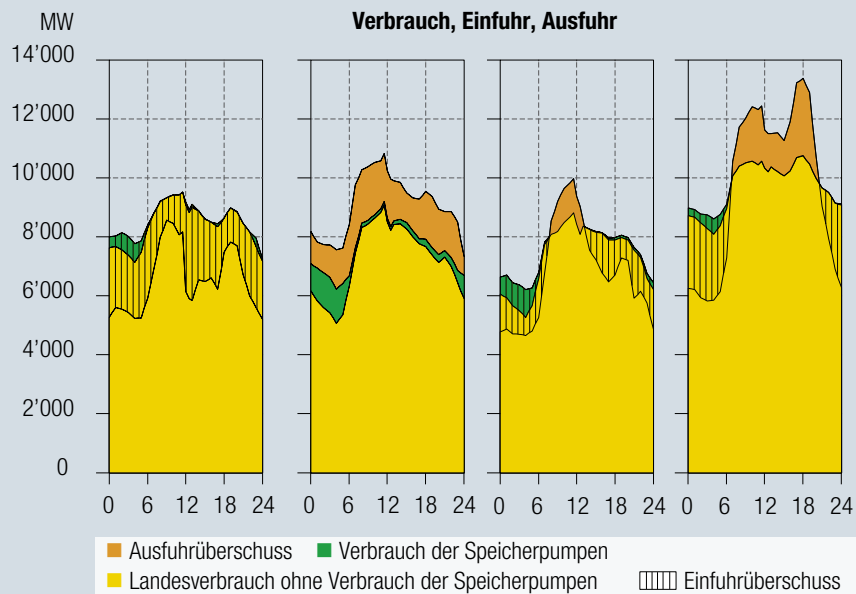
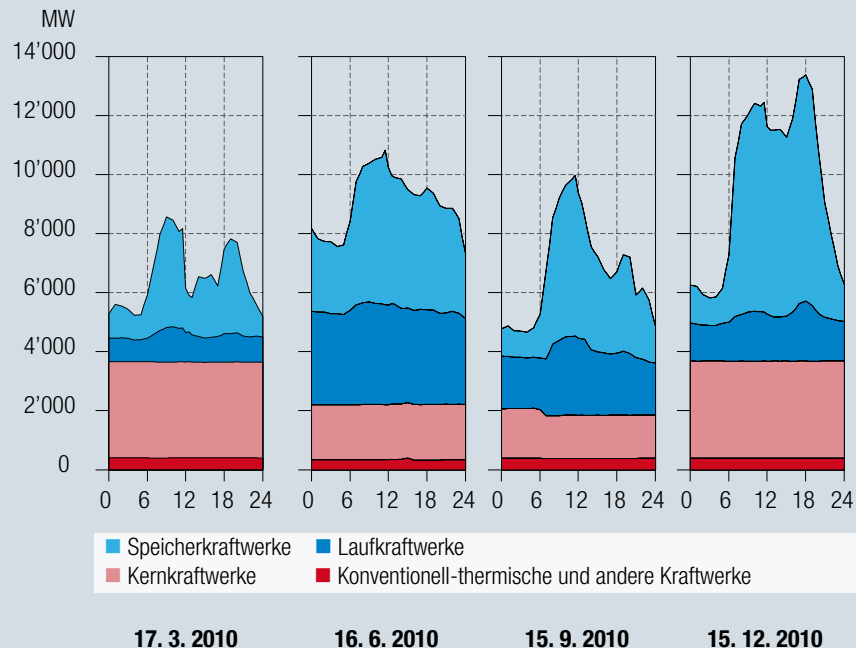
Im Jahr 2009 wurden die Anteile der einzelnen Länder in einer neuen EU-Richtlinie über die Förderung von erneuerbaren Energien konkretisiert.⁹ Ihr Anteil muss obligatorisch schrittweise erhöht werden. Dabei ist es den einzelnen Mitgliedstaaten weitgehend freigestellt, von welchen Technologien sie Gebrauch machen. Alle haben einen nationalen Aktionsplan für erneuerbare Energien eingereicht, der regelmässig aktualisiert wird. Darauf basierend wird der Anteil der Erneuerbaren am EU-Strom-Mix bis 2020 auf 37 % ansteigen. Er könnte sogar deutlich höher liegen, solange die Einspeisevergütungen weitergeführt werden. Und es wäre nicht das erste Mal, dass das Wachstum der Wind- und Solarnutzung unterschätzt würde.

Gemäss den nationalen Aktionsplänen kommt die zusätzliche Stromerzeugung schwergewichtig aus der Windenergie. Der angemeldete Zuwachs an Solarstrom (Photovoltaik) ist gering, weil die Aktionspläne vor dem starken Preiszerfall der Solarmodule verabschiedet wurden. Der Anteil des Solarstroms könnte viel höher ausfallen, weil die billigen Solarzellen vor allem in Südeuropa die dezentrale Stromerzeugung attraktiv machen. Zudem versucht die EU, den krisengeschüttelten Ländern des Südens neue Exportmöglichkeiten zu eröffnen – etwa mit Solarstromexporten von Griechenland nach Deutschland während der kalten Jahreszeit. Dass sich die EU für den Vorrang von erneuerbaren Energien ausgesprochen hat, ist ein wichtiger Meilenstein. So heisst es in der Mitteilung der EU-Kommission vom 31. Januar 2011:¹⁰

Wie in der neuen EU-Energiestrategie festgestellt wird, sollten Investitionen in erneuerbare Energien Priorität haben.... Aus einer im Auftrag der Kommission durchgeführten Analyse geht hervor, dass die jährlichen durchschnittlichen Kapitalinvestitionen in erneuerbare Energien derzeit 35 Mrd. EUR betragen, diese jedoch rasch auf 70 Mrd. EUR verdoppelt werden müssten, um sicherzustellen, dass die EU ihre Ziele erreicht. Für derartige Kosten muss es eine Förderung geben (...).

Die neuen Technologien fluktuieren im Tagesverlauf, im Saisonverlauf und hinsichtlich der regionalen Verteilung. Es sind vielfältigere, flexiblere, dezentrale Kraftwerke, die ein anderes Stromnetz und andere Spielregeln benötigen als die traditionellen Grosskraftwerke. Die volkswirtschaftlichen Vorteile sind gross: unerschöpfliche, einheimische Energie zu stabilen, langfristig sogar sinkenden Gestehungskosten.

Belastungsverlauf am 3. Mittwoch des Monats auf 24 Stunden: Erzeugung (oben), Verbrauch (unten)



Grafik 24, Quelle: Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2010

Erzeugungsverlauf und Lastverlauf in der Schweiz am dritten Mittwoch des Monats in vier unterschiedlichen Jahreszeiten.

Importe in der Nacht – Exporte am Tag

Die Stauseen der Schweiz dienten bisher der Regulierung von Atom- und Kohlestrom aus Frankreich und Deutschland. Die grössten Überschüsse an Bandenergie fielen nachts an. Sie wurden in die Schweiz importiert, die Leistung der Speicherkraftwerke wurde dann gegen null zurückgefahren (Stromerzeugung Grafik oben). Importe aus Kohle und Atom deckten den Schweizer Eigenverbrauch oder wurden in Pumpspeicherwerken verbraucht (Stromverwendung Grafik unten). Am Tag wurde die Leistung der Speicherkraftwerke hochgefahren und der in der Nacht gesparte Strom konnte zu höheren Preisen verkauft werden.

Diese Geschäfte – und die Nutzung der im Bau stehenden neuen Pumpspeicherwerke – können nur weitergeführt werden, wenn es der Schweiz gelingt, rechtlich sichere Grundlagen mit den Handelspartnern in der Europäischen Union zu erreichen. Seit 2007 steht die Schweiz in Verhandlungen. Die Ziele der Schweiz sind:

- ungehinderter Zugang auf dem Strombinnenmarkt
- Anschluss an die neuen Übertragungsnetze in der EU
- Investitionssicherheit und Anrechnung von Investitionen in erneuerbare Energien
- Reserve- und Liefergarantien für Erdgas in Krisenzeiten

Die EU hat klargemacht, dass sie bei einem Vertragsabschluss von der Schweiz dieselben Spielregeln erwartet, wie sie für die 27 EU-Mitglieder und die übrigen Partner des EU-Energievertrags gelten. Neben der Öffnung des Strom- und Erdgasmarktes müsste der Anteil der erneuerbaren Energien am Energieverbrauch von 20 Prozent (Basis 2005) auf 31 Prozent^{10a} (Zieljahr 2020) steigen, wobei die Schweiz bei den Erfüllungsfristen auf ein Entgegenkommen der EU hoffen kann.

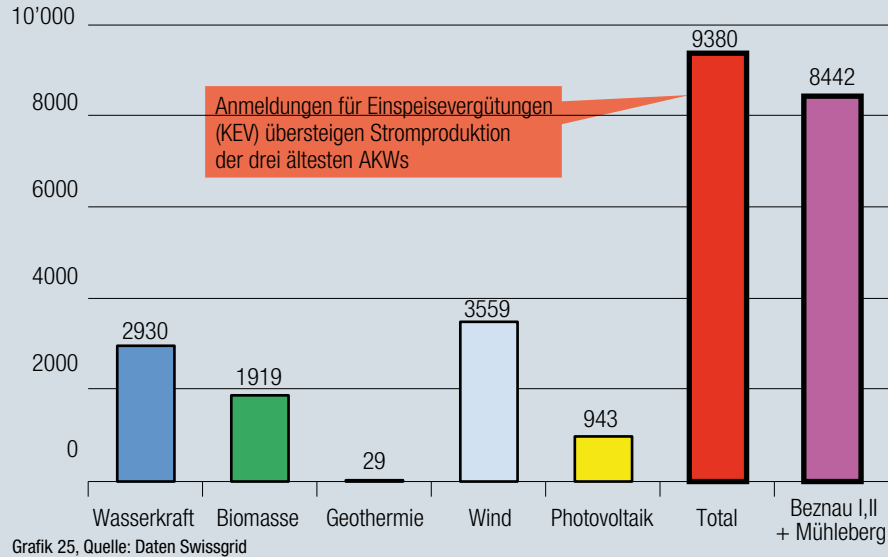
Erneuerbare Energien geniessen in der Bevölkerung riesige Sympathien. Aber es gelang nie, diese Sympathien in wirklich gute Rahmenbedingungen umzumünzen. Die Wirtschaftsverbände argumentierten meist mit Versorgungs- und Kostenargumenten. Sie wehrten sich zusammen mit jenen Kantonen, die an den Atomkraftwerken beteiligt sind, gegen den Ausbau der erneuerbaren Energien.

Die Kraftwerksgesellschaften wehrten sich mit Parteispenden und millionenschweren hysterischen Kampagnen gegen Energieeffizienz und gegen sauberen Strom. Sie nahmen so auf das Parlament und dessen Zusammensetzung während Jahrzehnten Einfluss und sorgten dafür, dass Windstrom und Solarstrom in der Schweiz im tiefen Promillebereich vom Stromverbrauch verharreten, während sie in einzelnen deutschen Bundesländern inzwischen die 40- oder 50-Prozent-Marke am Stromverbrauch überschritten.

Wind- und Solarstrom wurden mit dem Argument lächerlich gemacht, ihre fluktuierende Stromerzeugung gefährde die Versorgungssicherheit. Wider besseres Wissen wurde verschwiegen, dass die hohe Flexibilität der Wasserkraftwerke (hellblau, Grafik oben) ausreicht, um auch grosse Mengen Solar- und Windstrom ins Netz zu integrieren – ohne Bedarf nach neuen Speicherseen oder Gaskraftwerken.

Angemeldete Zusatzproduktion (GWh) dank Einspeisevergütungen

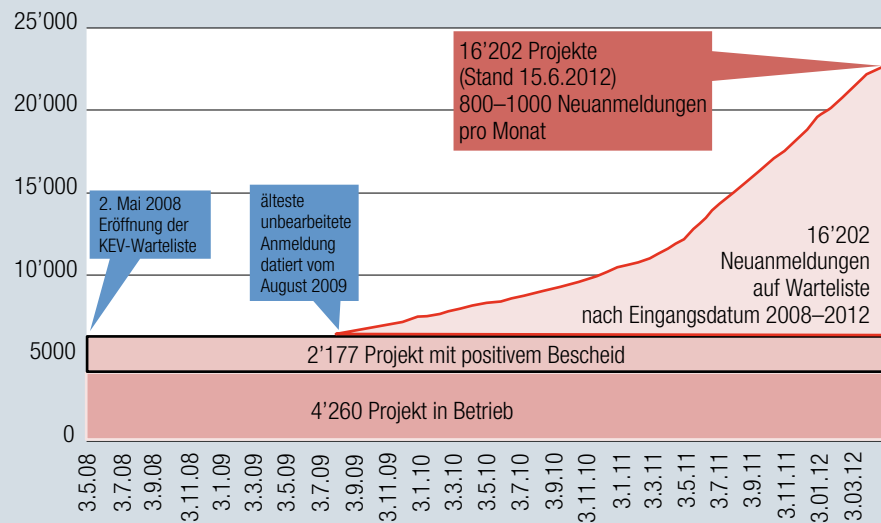
Produktion von Anlagen in Betrieb, projektiert, oder auf Warteliste blockiert, Stand 15. Juni 2012
9380 GWh KEV-Projekte insgesamt, davon 1233 GWh Jahresproduktion in Betrieb



Würden die Anlagen auf der Warteliste für Einspeisevergütungen alle gebaut, wäre ein Drittel des Atomstroms bereits ersetzt.

Stand der KEV-Anmeldungen (15. Juni 2012): Anlagen in Betrieb, in Planung und auf der Warteliste

Entwicklung der Warteliste nach Anmeldedatum



Der Wunsch von Privatleuten und Unternehmen, erneuerbaren Strom zu produzieren, ist enorm. Die Deckelung blockiert immer mehr Projekte.

Der Deckel muss weg!

Der schweizerische Stromsektor wurde im Jahr 2008 nach dem Modell der EU reformiert. Die Netze wurden geöffnet, allerdings nur für Konsumenten mit einem Jahresverbrauch von mehr als 100'000 kWh. Sie können den Lieferanten frei wählen. Die kantonale Zuständigkeit für die Versorgung wurde abgeschafft und modifiziert:

- Die Kantone bestimmen, wer das Netzmonopol in ihrem Gebiet betreibt und regeln mit Leistungsaufträgen den Service Public.
- Alle Hochspannungsnetze wurden an die neu gegründete Swissgrid übertragen (Abschluss 1. Januar 2013)
- Alle Produzenten von Strom dürfen nichtdiskriminierend durch die Schweizer Netze transportieren und verkaufen.

Mit dem Stromversorgungsgesetz wurden in der Schweiz auch Einspeisevergütungen für Strom aus erneuerbaren Energien eingeführt. Sie sind allerdings «gedeckt». Die Summe der Mehrkosten der Einspeisevergütungen («KEV-Umlage») darf 0,9 Rp./kWh nicht überschreiten. Es gilt die Differenz zu den Grosshandelspreisen. Das Budget beläuft sich so auf rund 450 Millionen Franken jährlich.

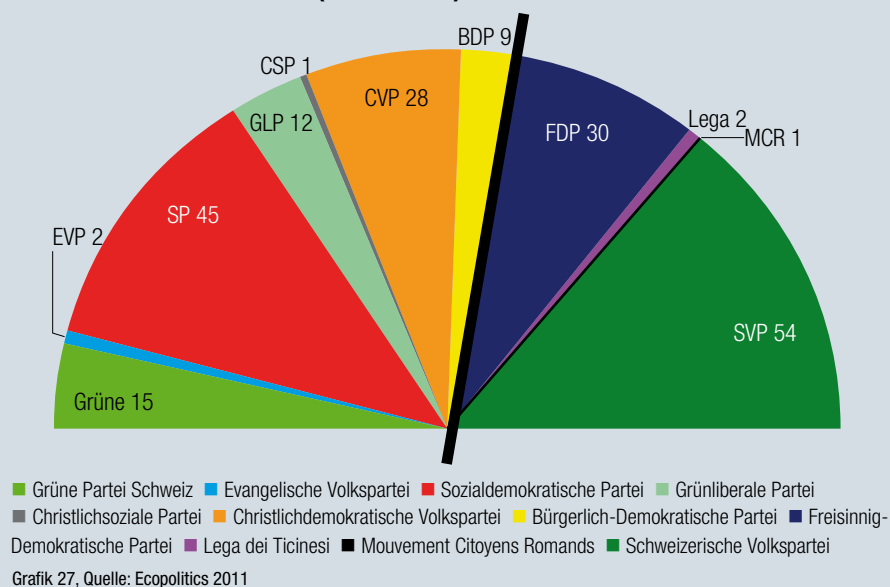
Seit Einführung der kostendeckenden Vergütung – in der Schweiz KEV genannt – haben Tausende von Investoren Projekte angemeldet. Innerhalb weniger Monate wurden die gesetzlichen Deckel erreicht bzw. überschritten. Die am stärksten regulierte Photovoltaik erreichte das gesetzliche Maximum am allerersten Tag nach Eröffnung der Warteliste (1. Mai 2008).

Bis Dezember 2011 erhielten gegen 5000 Projekte eine Zusage; weitere rund 15'000 Projekte stehen auf der offiziellen Warteliste: Wind-, Sonnen-, Biomasse-, Kleinwasserkraftwerke und geothermischer Strom. Tausende von Investoren sind wegen der Wartelistenbürokratie frustriert, und viele werden abgeschreckt, eigene Neuanlagen zu bauen. Die meisten Projekte sind PV-Anlagen von Hauseigentümern, deren Häuser bereits am Netz sind und über die nötigen Stromzähler verfügen. Sie könnten ohne Wartezeiten mit einer Solarstromanlage sofort einen Teil des Eigenbedarfs decken.

Die Deckelung ist auf die von der Atomlobby angeheizte Skepsis im Parlament zurückzuführen, die neuen erneuerbaren Energien auszubauen. Zudem wollte man eine Erhöhung der Strompreise vermeiden, obschon auch neue Atomkraftwerke die Strompreise erhöht hätten. Wird der Deckel beseitigt, erhielten wie in Deutschland alle Anmeldungen einen Rechtsanspruch auf Einspeisevergütungen. Dies hätte positive Folgen:

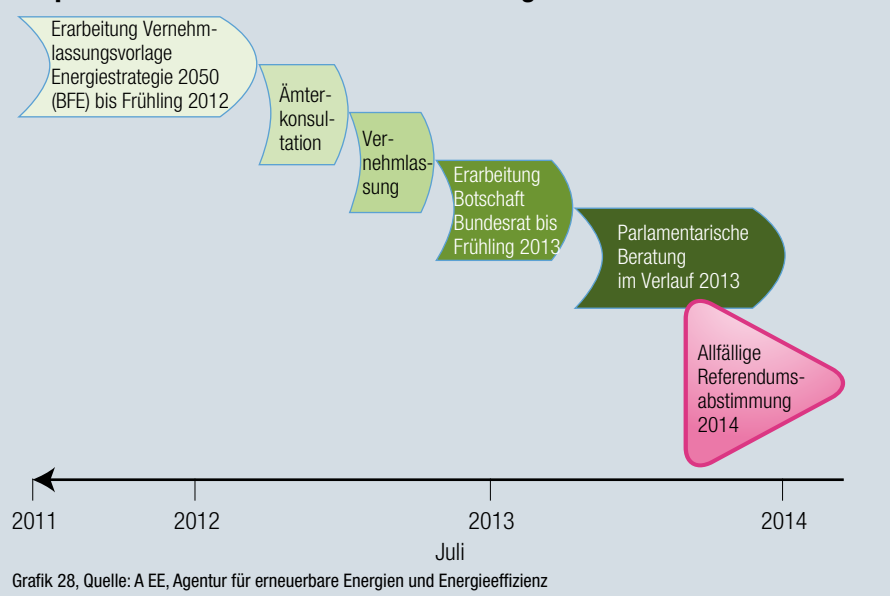
- Neue Projekte mit rund 7000 GWh Jahresproduktion – über 12 Prozent des Endverbrauchs – erhielten grünes Licht und könnten die drei kleineren Atomkraftwerke rasch ersetzen.
- Projektleichen ohne Aussicht auf Baugenehmigung könnten die «guten» Projekte nicht länger blockieren. Der Spreu würde vom Weizen getrennt.
- Es würden – wie in Deutschland – Zehntausende neuer Projekte für Solarstromanlagen eingereicht, die von nun an relativ billig erstellt werden könnten (20–30 Rp./kWh).
- Der Ausbau der Photovoltaik würde die Diskussion um neue Grosskraftwerke sofort entspannen. Da Solarstrom weiter billiger wird, könnte auch auf manche umstrittene Klein-Wasserkraftwerke verzichtet werden, von denen manche mit Einspeisevergütungen bis zu 35 Rp./kWh teurer sind als der Solarstrom vom Hausdach.

Das Schweizer Parlament (Nationalrat) 2011–2015



Alle Parteien links der FDP und der SVP haben sich für den Atomausstieg ausgesprochen.

Zeitplan bis zum verbindlichen Atomausstieg



Wenn sich das Parlament beeilt, ist der Schweizer Atomausstieg spätestens 2014 gesetzlich besiegelt. Von einem echten Ausstieg kann aber erst gesprochen werden, wenn die Restlaufzeiten der bestehenden Atomreaktoren gesetzlich limitiert sind. Es wäre höchst widersprüchlich, wenn die Stimmberechtigten über ein Verbot neuer Atomkraftwerke abstimmen dürfen, aber bei den sehr gefährlichen Laufzeitverlängerungen bestehender Anlagen nichts mitentscheiden können.

Umschwung in Regierung und Parlament

Nach der Katastrophe in Fukushima hat die Schweizer Landesregierung überraschend den Verzicht auf neue Atomkraftwerke bekannt gegeben. Der Entscheid wurde in beiden Kammern des Parlaments mit deutlichen Mehrheiten unterstützt. Und bei den Wahlen im Herbst 2011 erlitten die beiden verbliebenen «Atomparteien» FDP und SVP massive Einbussen. Der Nationalrat verfügt nun über eine deutliche Mehrheit an Parteien, die den Umstieg auf erneuerbare Energien befürworten: Grüne, SP, Grünliberale, CVP und BDP.

Dieser Politikwechsel eröffnet grosse Chancen. Er deckt sich aber auch mit den Erwartungen der EU an die Schweiz für einen Energievertrag: Die Schweiz muss endlich beginnen, ihre CO₂-Emissionen zu reduzieren, und die erneuerbaren Energien ausbauen. Das Kyoto-Ziel hat sie wegen der Dominanz der Rechtsparteien (FDP und SVP) verfehlt.

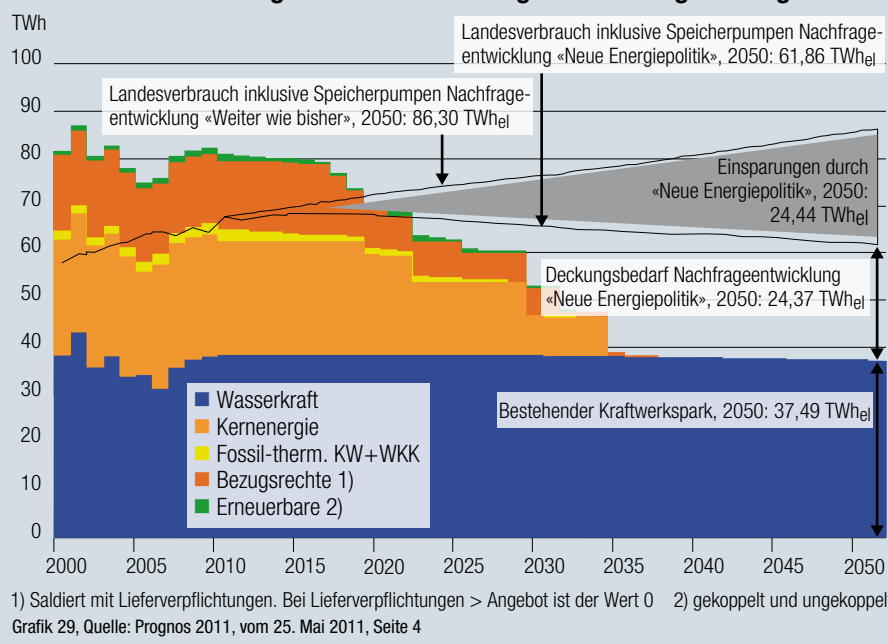
Ob der Ausstieg zum Umstieg auf erneuerbare Energien wird, ist gesetzlich noch lange nicht abgesichert. Der Meinungsumschwung gegen Atomkraftwerke ist zwar gefestigt und wurde in repräsentativen Befragungen bestätigt. Doch die Wirtschaftsverbände und die Atomlobby verfügen noch immer über viele Möglichkeiten, den Ausbau der erneuerbaren Energien und die Verbesserung der Energieeffizienz zu torpedieren, wie sie es immer gemacht haben: mit Referenden gegen neue CO₂-Abgaben und gegen Aufschläge bei den Strompreisen.

Bis zur definitiven Verabschiedung der neuen Rechtsgrundlagen könnten weitere zwei bis drei Jahre verstreichen, in denen die erneuerbaren Energien blockiert bleiben. Zudem sind die Restlaufzeiten der bestehenden Werke rechtlich ungeklärt, was für die Planung und den Ausbau der erneuerbaren Energien nachteilig bleiben wird. Die Atomlobby wird erneut versuchen, die Restlaufzeiten zu verlängern und den Neubau von Atomkraftwerken ins Spiel zu bringen. Zudem wird die Drohung ins Spiel kommen, neue Atom-Beteiligungen im benachbarten Ausland zu erstellen (Frankreich, Tschechien).

Die Stilllegung der Atomkraftwerke und die nötigen CO₂-Reduktionen verursachen eine grosse Nachfrage nach neuem Strom. Für den Ersatz des Atomparks müssen 25 TWh (=25 Milliarden kWh) neu beschafft werden. Dazu kommt der allgemeine Anstieg des Stromverbrauchs.

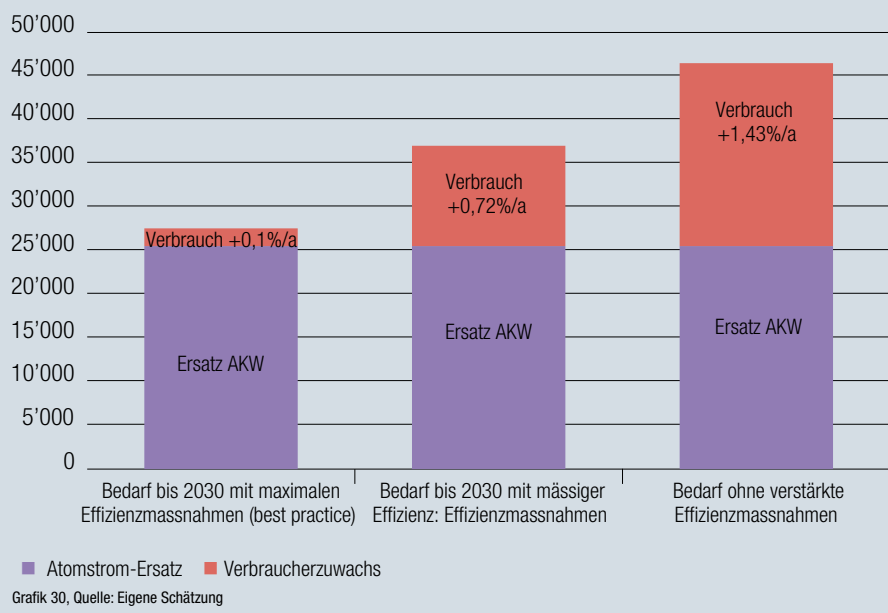
Der Umbau der Energieversorgung wird sich über mehrere Legislaturperioden hinziehen und erfordert Durchhaltewillen. Positiv wirkt sich dabei aus, dass die Gestehungskosten für die erneuerbaren Energien im Zeitablauf noch deutlich weiter sinken werden. Die Versuchung einer Rückkehr zur Atomenergie wird deshalb eher abnehmen. Und die Beschäftigten in der Erneuerbaren-Energien-Branche erschweren es den Anbietern von Grosskraftwerken, weiter zu behaupten, der Umstieg sei unmöglich.

Verbrauchsentwicklung und Bedarfsdeckung in der «Energiestrategie 2050»



In den Prognos-Berichten zur «Energiestrategie 2050» skizziert der Bundesrat den Wegfall der Atomkraftwerke und den Beitrag von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz.

Der Ersatzbedarf bis 2030: 27 bis 46 TWh



Je nach Höhe des Wachstums des Stromverbrauchs benötigt die Schweiz bis 2030 27 bis 46 Milliarden Kilowattstunden mehr, Atomersatz eingerechnet.

Die neue Nachfrage – wie hoch ist sie?

Im Sommer 2011 hat die Schweizer Energieministerin Doris Leuthard erste Skizzen einer «neuen Energiepolitik» veröffentlicht («Energiestrategie 2050»). Bleibt alles beim Alten («weiter wie bisher»), dürfte der Endverbrauch von Strom auf 80 bis 90 TWh im Jahr 2030 ansteigen. Mit einer neuen Effizienzpolitik könnte sich der Stromverbrauch stabilisieren oder leicht sinken, selbst wenn ein erheblicher Wechsel von Benzin- auf Elektrofahrzeuge und von Öl- und Gasheizungen auf Wärmepumpen eingerechnet wird. Auch die erneuerbaren Energien können gesteigert werden. Die Energiestrategie 2050 sieht einen stärkeren Ausbau vor: Gemäss einem ersten Szenario des Bundesrates sollen insgesamt 23,5 TWh Strom mit neuen erneuerbaren Energiequellen erzeugt werden, 10 TWh mit Photovoltaikanlagen, 4 TWh mit Wind, 4,4 TWh mit Geothermie und weitere 4 TWh mit dem Ausbau von Wasserkraft.¹¹

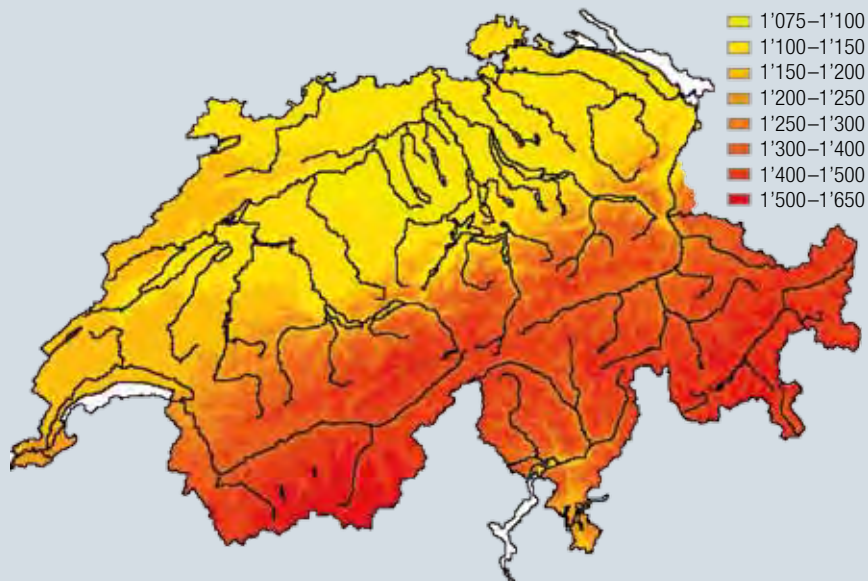
Die ersten Papiere des Bundes sind sehr vorsichtig. Sie äussern sich nicht definitiv, mit welchen Instrumenten die erneuerbaren Energien gefördert werden sollen. Die neue Stromerzeugung aus Photovoltaik scheint bescheiden, jene aus Geothermie und Wasserkraft ambitioniert und dürfte auf technische und landschaftsschützerische Widerstände stossen. Insgesamt wird angenommen, dass bis 2050 nur die Hälfte des gesamten Energieverbrauchs aus erneuerbaren Energien gedeckt werden kann. Eine merkliche Reduktion des Verbrauchsanstiegs ist möglich, wenn Bestgerätevorschriften eingeführt werden und wenn – noch wirksamer – Lenkungsabgaben nach dem Muster des Kantons Basel-Stadt (Stromaufschlag von ca. 5 Rp./kWh) Einzug halten. Doch in den ersten Abstimmungen erteilte das Parlament den Lenkungsabgaben eine Absage, unterstützte jedoch in beiden Kammern die Ausdehnung von Einspeisevergütungen («Deckel weg»).

Zu deckender Strombedarf 2030	TWh
Ersatz der inländischen Atomkraftwerke	25
Befriedigung Verbrauchswachstum	0 bis max. 20
Erneuerung Auslandsbeteiligungen für Stromhandel	Ca. 20
Reserve für Elektroautos, Wärmepumpen usw. (10 %)	5
Total	50 bis 70

Um den Handlungsbedarf zu analysieren, sollte man eine breite Optik pflegen. Die Bezüge aus französischen Atom-Beteiligungen belaufen sich bisher auf rund 20 TWh pro Jahr. Sie bildeten die Basis für den Stromhandel und die Schliessung der bereits bestehenden Winterlücke (bis zu 20 % des winterlichen Stromverbrauchs). Die meisten Verträge laufen vor 2030 aus. Deshalb haben viele Atomkonzerne schon längst in neue Gas- und Kohlekraftwerke investiert – im Ausland (Siehe Seite 34). Die Wind- und Solarbeteiligungen sind demgegenüber noch klein und wurden eher von städtischen Versorgern (IWB, EWZ, SIG) erworben.

Das neu zu beschaffende Zusatzportfolio summiert sich übers Ganze auf 50 TWh bis 70 TWh Jahresproduktion bis 2030. Ein solcher Zubau aus neuen erneuerbaren Energien ist technisch ohne weiteres möglich, vorausgesetzt man bestellt rechtzeitig und beendet die bisherige Obstruktionshaltung. Kraftwerke, die bloss der Stromveredelung zur Belieferung des Auslands dienen, dürften wohl eher im Ausland gebaut werden, wo die erneuerbaren Potentiale noch viel grösser sind als in der Schweiz.

Solaratlas Schweiz: Einstrahlung in der Schweiz pro m² und Jahr

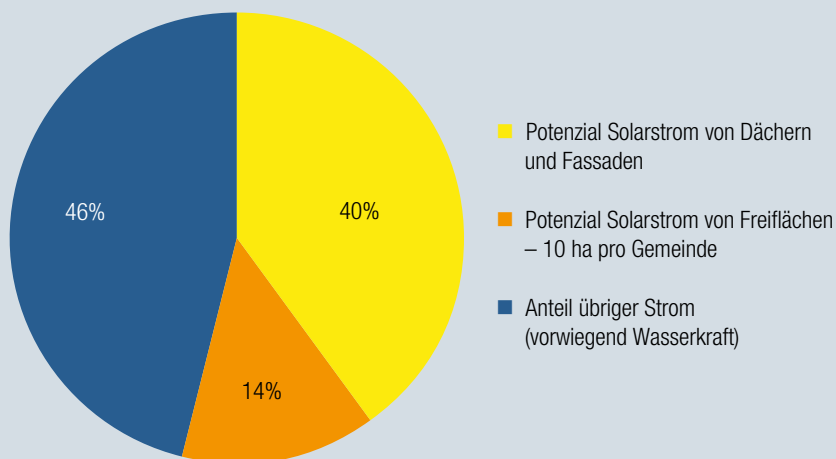


Grafik 31, Quelle: Paul Scherer Institut (2005)

Die Schweiz weist eine deutlich höhere Sonneneinstrahlung als Deutschland auf. An hohen Lagen in den Alpen lassen sich Solarerträge wie in Spanien erzielen.

Potenzial Photovoltaik 2030 bei Maximalausbau

in % vom maximalen Endverbrauch (79 TWh)



Grafik, 32 Quelle: Eigene Schätzung auf Basis Bericht Paul Scherer Institut (2005)

Unter Einbezug aller geeigneter Dächer und 4–6 Promille der Bodenflächen könnte die Schweiz allein aus Solarstrom und Wasserkraft versorgt werden.

Die Potenziale

Die Schweiz verfügt über grosse Potenziale an erneuerbaren Energien:

Wasserkraft: Heute stammen ca. 37 TWh oder 55 % der Bruttostromerzeugung aus Wasserkraft. Mit einem gemässigten Ausbau können 2 TWh (ca. 3 % des Endverbrauchs) zusätzlich gewonnen werden. Die Beeinträchtigung der Fliessgewässer ist allerdings umstritten.

Windenergie: Würde die Schweiz die Windenergie in derselben Dichte nutzen wie in Deutschland (72 kW/km²), würden 5,9 TWh oder knapp 10 Prozent des Endverbrauchs gedeckt. Wegen raumplanerischen Vorbehalten erscheint vorerst ein Beitrag von 1–2 TWh realistischer.

Biomasse: Die Nutzung von Biomasse, Biogas und Abfällen kann 4 bis 6 TWh liefern, also etwa 10 Prozent des Endverbrauchs. Die Verstromung von Holz konkurriert allerdings mit anderen Verwendungen, etwa mit der Beheizung von Altbauten.

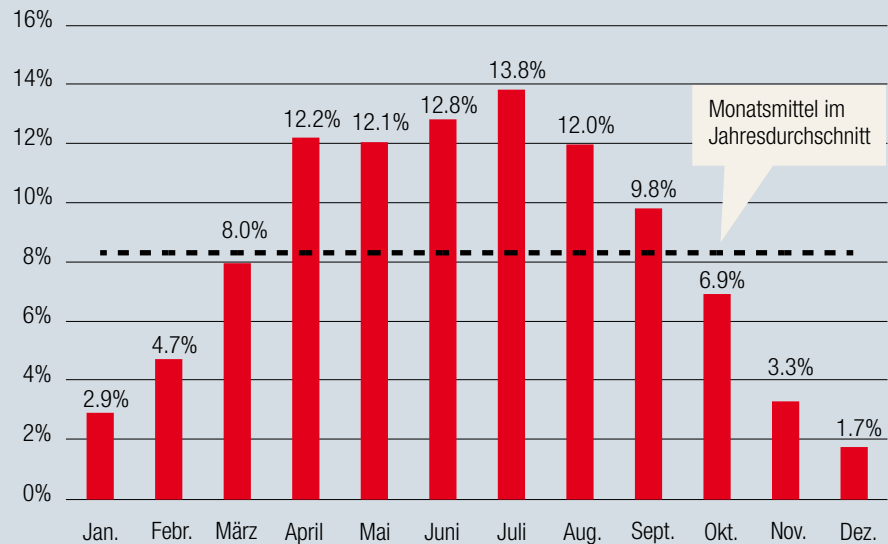
Photovoltaik: Die Schätzungen der Sonnenstrompotenziale auf Hausdächern und Fassaden bewegen sich zwischen 18 TWh (IEA 2002) und 31 TWh (PSI 2005) pro Jahr, woraus sich ein Potenzial von 30 bis 50 Prozent des Endverbrauchs ergibt. Dabei wurden nur Dächer mit mindestens 80 % der maximalen Einstrahlung in Betracht gezogen.¹² Mit steigenden Wirkungsgraden der Solarzellen pro m² Modulfläche lässt sich die Ausbeute erhöhen.

Die Produktion kann weiter erhöht werden, wenn auf Flachdächern von Wohn- und Industriebauten Anlagen mit mechanischen Nachführsystemen installiert werden, die das Sonnenlicht im Tagesverlauf optimal ausnutzen. Deutlich mehr Strom könnte zusätzlich erzeugt werden, wenn neben Dächern und Fassaden auch Infrastrukturen wie Strassenränder, Stauseen, Gartenzäune oder Lawinenverbauungen zur Nutzung herangezogen werden. Die Erträge hängen zudem vom Standort ab.

An hoch gelegenen Standorten in den Alpen steigt die solare Einstrahlung auf Werte wie in Spanien. Solche neuen Standorte könnten die Nutzungskosten von Solarstrom erheblich senken und würden zudem völlig neue Ressourcen erschliessen.

Würde man pro Schweizer Gemeinde rund 10 Hektaren Solarinstallationen auf Freiflächen zulassen, könnte der solare Anteil auf gegen 60 % des Stromverbrauchs ansteigen. Die beanspruchte Fläche von 277 km² würde 0,67 Prozent der Landesfläche betragen. Angesichts des steilen Preiszerfalls von Solarmodulen wäre es denkbar, Solarzellen vorerst vorwiegend in kombinierten Funktionen zu verwenden und auf eine optimale Einstrahlung zu verzichten, also Solarzellen als Zäune, Brückengeländer, zur Bauverkleidung von Strassenbauten oder Leitplanken oder an Stahlträgern aufgehängt mit Nachführsystemen über Strassen, Eisenbahngleisen oder Autobahnen.

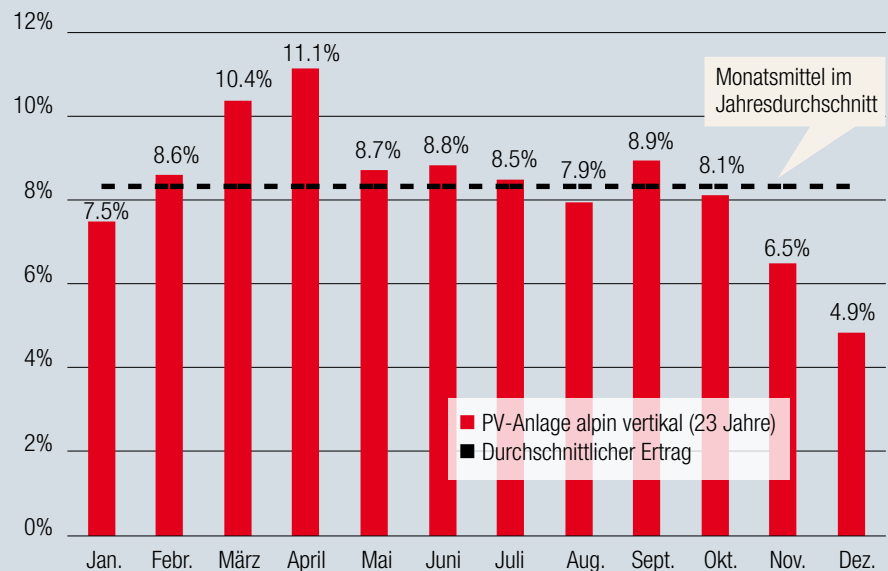
Verteilung der Monatsproduktion im Jahresverlauf: Dachanlagen im Schweizer Mittelland (Durchschnitt über 40 Jahresverläufe / Daten Benetz AG)



Grafik 33, Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Betriebsdaten der Benetz AG, Luzern

Photovoltaikanlagen im Flachland bringen überdurchschnittliche Erträge von April bis September; von November bis Januar sinkt die Stromerzeugung unter die Hälfte des Jahresmittels.

Hohe Solarerträge an hohen Lagen in den Schweizer Alpen



Grafik 34, Quelle: Heinrich Häberlin: Langzeiterfahrung mit zwei hochalpinen Photovoltaikanlagen, Burgdorf/Stafelstein 2005

Alpine Solaranlagen mit vertikaler Aufstellung erreichen die höchsten Erträge (1062–1371 kWh/kWp) in den Monaten Februar bis April sowie im September.

Solarstrom vom Dach und von den Alpen

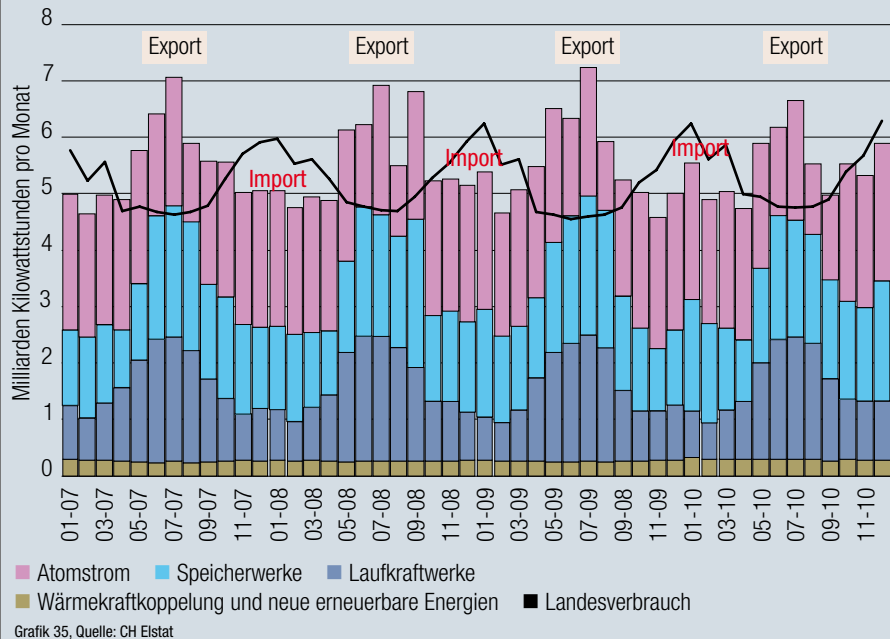
Die Nutzung der Photovoltaik wird durch Innovation beschleunigt. Das dominierende Ausgangsmaterial von Solarzellen ist kristallines Silizium. Dank neuen Produktionsverfahren mit Flüssigbett-Reaktoren, wie sie die norwegische Firma REC verwendet, lässt sich der Energieverbrauch für die Herstellung um den Faktor 10 senken, was die Energierücklaufzeit auf unter ein Jahr senkt.¹³ Galt das Kilo Silizium am Spotmarkt im Jahr 2008 zwischen 400 und 500 US-Dollar, so sind die Notierungen inzwischen wieder auf 40 bis 50 Dollar zurückgekehrt und die Preise könnten in den nächsten Jahren auf 10 oder 5 Dollar absacken. Die Verbilligung des Ausgangsmaterials vergrössert die Anwendungsvielfalt. Zellen jeglicher Farbgebung und Grösse werden zu architektonischen Gestaltungselementen. Sie werden die Erscheinung von Häusern und Städten verändern. Die Solarzellen werden zudem dünner und effizienter, was die Energierücklaufzeit weiter auf wenige Monate verkürzen wird.

Mit der Verbilligung des Materials steigt auch die Rentabilität von suboptimalen Standorten. West- und Ostdächer können mit optimalem Neigungswinkel 70 bis 85 Prozent des Ertrags von optimierten Süddächern liefern und erschliessen völlig neue Flächen (Grafik 96, Seite 114 und Grafik 127, Seite 144). Selbst Solarzellen mit Nordausrichtung weisen bei geringem Neigungswinkel eine Ausbeute von 50 bis 70 Prozent der optimalen Südausrichtung auf. Dank neuen Nutzungsflächen entsteht Spielraum für die ästhetische Optimierung. Wichtig ist schliesslich das Produktionsprofil im Jahresgang. Solare Dachanlagen im Schweizer Mittelland bringen überdurchschnittliche Erträge in den Frühlings- und Sommermonaten von April bis September. In der kalten Jahreszeit ist die Produktion deutlich tiefer. Es entsteht ein «Winterloch», wenn man den Solarstrom für sich allein betrachtet. Doch auch für das Monatsprofil ist der Standort entscheidend.

Professor Heinrich Häberlin von der Hochschule Burgdorf hat in jahrelangen Messungen beobachtet, dass PV-Anlagen an alpinen Standorten ein deutlich anderes Produktionsprofil aufweisen als Anlagen im Mittelland (Grafik): Ein erster Höhepunkt der Stromerzeugung entsteht zwischen Februar und Mai, ein zweites Produktionsmaximum von September bis Oktober. Dieses interessante Produktionsprofil gilt für Solarmodule, die das winterliche Sonnenlicht mit optimiertem Neigungswinkel einfangen, also vertikal oder nahezu vertikal aufgestellt sind. Kalte Temperaturen erhöhen den Wirkungsgrad. Dazu kommt die Reflexion durch Schnee oder Stauseen. Sie erklären die hohe Leistung im Frühjahr und im Herbst.

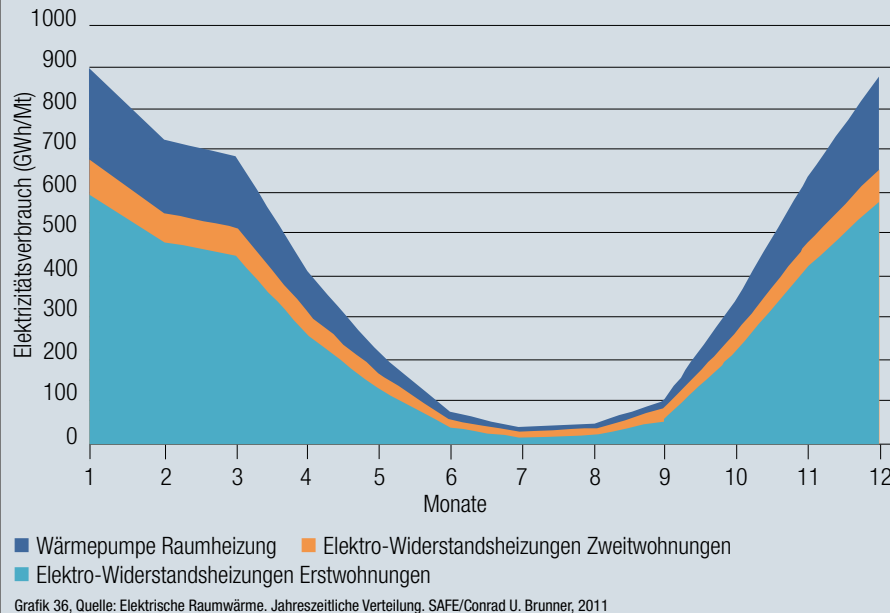
Alpine Standorte weisen eine generell höhere Solareinstrahlung auf als Dachanlagen im Mittelland. Werden die Solarzellen in den Bergen im Winter vertikal und im Sommer horizontal der Sonne nachgeführt, sind besonders hohe Erträge zu erwarten, was die Gestehungskosten absenkt. Eine kombinierte Nutzung verschiedener Standorte kann die Jahresverteilung der Stromerzeugung somit optimieren. Speicherkraftwerke können im Sommer die sonnenarmen Tage problemlos überbrücken. Nur für die Monate November bis Januar müssen ergänzende Energiequellen gefunden werden.

Jahresverlauf der Stromerzeugung 2007 bis 2010



Die Schweizer Stromversorgung ist im Winter schon lange von Stromimporten abhängig.

Elektroraumwärme Schweiz 2010



Elektroheizungen und Boiler beanspruchen in der Schweiz rund 20 Prozent des Winterverbrauchs. Sie könnten durch effizientere Anlagen ersetzt werden: Pelletheizungen, thermische Sonnenkollektoren und Wärmepumpen.

Ausgleich saisonaler Schwankungen

Die Schweiz konnte sich bisher in den Sommermonaten beinahe vollständig mit Strom aus erneuerbaren Energien selbst versorgen. Von Juni bis September weist die Wasserkraft die höchsten Erträge auf. Dann wurde der Grossteil des Atomstroms jeweils exportiert (Grafik oben). Diese sommerliche Produktionsspitze wird sich mit zunehmendem Abschmelzgrad der Gletscher zurückbilden. Wenn die Winter wärmer werden, wird sich die Wasserkraft mehr auf Herbst und Frühling verlagern.

Heute müssen im Winter bis zu 20 Prozent der monatlichen Verbräuche importiert werden. Werden die Atomkraftwerke geschlossen, vergrößert sich der Importbedarf auf über 50 Prozent. Um diese Lücke zu schliessen, gibt es verschiedene Optionen. Die Verbesserung der Energieeffizienz sollte nicht übersehen werden. In Gebäuden lässt sich mit Sanierungen und dem Ersatz von ineffizienten Elektro-Widerstandsheizungen viel Strom sparen. Der Winterstromverbrauch lässt sich so insgesamt um 10 bis 20 Prozent reduzieren. Allerdings werden auch neue Wärmepumpen installiert, um Öl- und Gasheizungen zu ersetzen. Das Winterloch wird also in einem gewissen Umfang bestehen bleiben. Um es zu schliessen, gibt es drei Möglichkeiten:

Erstens: Die Stromerzeugung aus Biomasse könnte man mit tariflichen Anreizen stärker auf den Winter konzentrieren. Wärmekraftkopplungsanlagen lassen sich überall installieren, wo weiterhin mit fossilen Brennstoffen geheizt wird.

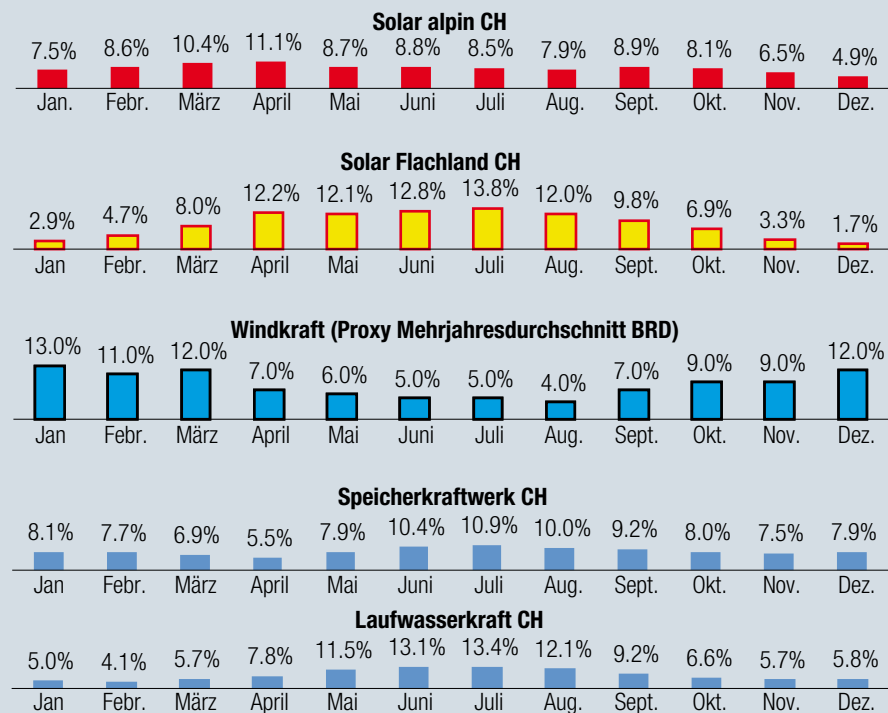
Zweitens: Die Stauseen beinhalten grosse Energiereserven. Ihr Einsatz ist flexibel und diente schon bisher der Deckung des Winterbedarfs. Das Fassungsvermögen beträgt 8,8 TWh, was zusammen mit den unterliegenden Laufwasserkraftwerken den Stromverbrauch im Winter während sechs bis acht Wochen deckt – zu wenig, um das Winterloch zu füllen. Man sollte nicht neue Speicherbecken bauen. Denn im Winter sind die Wasserzuflüsse gering und eine höhere Produktion ist nicht zu erwarten.

Intelligenter ist es, die Leistungsfähigkeit der Stauseen zu strecken, indem man Windenergie importiert. Die Speicherbecken sind gross genug, um mehrwöchige Flauten im Ausland auszuhalten, wenn es sie je gibt. Bei der Windenergie finden wir die ideale Ergänzung zur Wasserkraft: hohe Produktion im Winter. Neue Windfarmen oder deren Strom lassen sich ohne Probleme in ganz Europa einkaufen. Man müsste sie nur endlich tun. Und es stimmt, dass die Windenergie fluktuiert. Gerade deshalb ist es unangemessen, die flexiblen Reserven in den Alpen für Grundlast zu verheizen, wenn im Ausland grosse Überschüsse an Windenergie nach Verwertung suchen.

Drittens: Der Ausbau der Windenergie in der Schweiz kann ebenfalls zur Deckung des Winterlochs beitragen. Dies stösst im dicht besiedelten Mittelland auf Widerstände, in den Alpen und im Jura besteht jedoch noch Potenzial, und auch dieses lässt sich ideal mit einheimischer Wasserkraft kombinieren.

Voraussetzung für alle diese Kombi-Lösungen sind offene Netze. Die Atomlobby hat die Leitungen nach Frankreich gesetzlich für sich reserviert. Sie stand stets allen neuen Lösungen im Wege. Die Frage, wie man das Winterloch deckt, ist nicht ein technischer, sondern ein vorwiegend politische Willensakt.

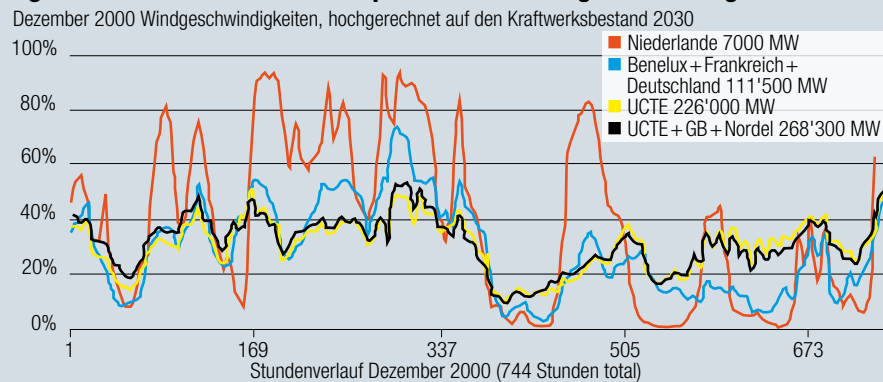
Monatliches Erzeugungsprofil verschiedener Stromquellen



Grafik 37, Quelle: Daten: Solar Alpin: Langzeitmessung Prof. Heinrich Häberlin (2005), solar Flachland: Benetz AG (11 Anlagen, 41 Anlagenbetriebsjahre), Windkraft: Reisi Windmonitoring Nordrhein-Westfalen (Binnenlandstandort) BRD, 11-Jahresdurchschnitt 1993–2003; Speicher- und Laufwasserkraftwerke, Schweiz. Elektrizitätsstatistik 2010, Mehrjahresdurchschnitt 2005–2010

Werden die verfügbaren Ressourcen klug kombiniert, entsteht übers ganze Jahr ein hoher Deckungsgrad an lokaler Eigenversorgung. Bemerkenswert ist die Winterspitze der Windenergie.

Irgendwo windet es immer: Europäische Vernetzung schafft Ausgleichseffekte



Grafik 38, Quelle: EWEA: Wind Energy: The Facts (2009)

Die Grafik zeigt die stündliche Erzeugung von Windkraft in vier unterschiedlichen Erzeugungssperimetern. Die minimale Leistung fällt nie unter ein Drittel des Durchschnittsertrags, wenn ganz Europa (UCTE + GB + Nordel) vernetzt wird (Durchschnittsertrag ca. 25 %, minimaler Ertrag ca. 10 % der Nennleistung von 268 GW).

Diversifikation bringt Versorgungssicherheit

In der jahreszeitlichen Betrachtung ergänzen sich Windenergie, Sonnenenergie und Wasserkraft bemerkenswert gut (Grafik oben). Wir verfügen also über viele verschiedene Möglichkeiten, Unterschiede und Lücken in der jahres- und tageszeitlichen Produktivität von erneuerbaren Energien durch einen klug gewählten Strom-Mix auszugleichen und zu steuern.

Wichtig dabei ist erstens, dass die Anreize richtig gesetzt werden: wenn Strom im Winter knapp ist, sollte man den Verbrauch nicht mit subventionierten Tarifen noch anheizen. Zweitens gelingt die Vernetzung mit dem Ausland nur, wenn die Netze geöffnet und wo nötig auch ausgebaut werden. Die Vorstellung einer ganzjährigen Versorgung aus rein inländischen Quellen mag zwar schön sein, ist aber seit vielen Jahren Vergangenheit.

Hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Versorgungssicherheit ist ein Alleingang nur nachteilig, und wegen den Standortvorteilen der Schweiz – Stauseen, Pumpspeicher und hohe Leistungsreserven wäre er alles andere als intelligent. Richtig ist jedoch die Überlegung der Landesregierung, dass eine hohe Eigenproduktion übers ganze Jahr betrachtet die Versorgungssicherheit stärkt. Beschaffungen aus eigenen Kraftwerken im Ausland sind deshalb eine wichtige Ergänzung, aber nicht ein Ersatz der inländischen Produktion.

Als Lösungswege für die neue Winter-Flexibilität kommen in Frage:

- Solarstrom von alpinen Standorten
- Einheimische Windenergie
- Europäische Windkraft, kombiniert mit dem Ausbau der Leistung von flexiblen Speicherkraftwerken in den Alpen, nicht aber der Speicherbecken
- Wärmekraftkopplung aus Biomasse/Biogas und aus Abfällen
- Wärmekraft-Kopplung aus Erdgas oder Heizöl, wo noch fossil geheizt wird
- Geothermische Wärmebeiträge mit Wärmepumpen anstelle von Stromheizungen
- Bestgerätevorschriften, Ersatz von Elektro-Widerstandsheizungen
- Saisonale Solar-Warmwasserspeicher in Haushalten und Gewerbe.

Man sollte sich vom Wetter nicht täuschen lassen: Die Monatserträge der Solarenergie sind sehr stabil, nur die Tagesprofile sind sehr unterschiedlich. Sonnenenergie ist zudem Spitzenenergie, weil die solare Einstrahlung nur am Tag stattfindet – immerhin in der Zeit der höchsten Stromnachfrage, wenn auch nicht jeden Tag.

Windenergie weist grössere Schwankungen auf, ist am Tag und in der Nacht etwa gleich häufig, aber mit der höchsten Produktivität in der kalten Jahreszeit. Betrachtet man die stündliche Stromerzeugung einer geografischen weit verteilten europäischen Windflotte (schwarze Linie in der unteren Grafik), dann verläuft die Leistung in einer kalkulierbaren Bandbreite.^{13a} Die mittlere Leistung im Winter beträgt circa 25 Prozent der Nennleistung (onshore) und sinkt kaum je unter 50 % dieses Werts ab. In isolierten, kleinen Erzeugungsgebieten (in der Grafik unten: rote Leistungskurve Niederlande) können aber starke Schwankungen auftreten; erst mit einer überregionalen Vernetzung gleichen sich diese gut aus.

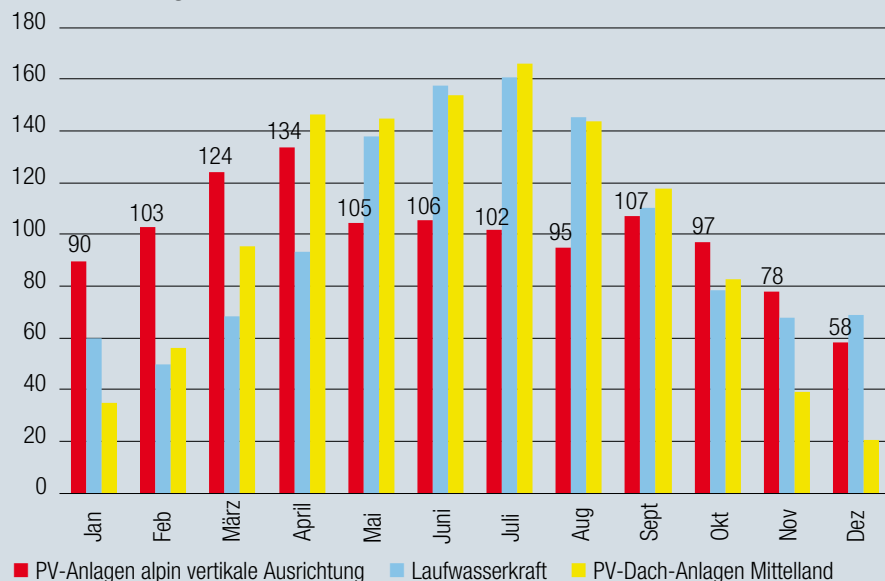
Das Desertec-Konzept



Grafik 39, Quelle: Desertec Foundation

Das Projekt Desertec sieht vor, 15 Prozent des Strombedarfs von Europa aus Nordafrika zu decken.

Monatserträge alpine Solaranlagen (rot) im Vergleich mit Laufwasserkraft und Dachanlagen im Mittelland (Durchschnittsertrag = 100)



Grafik 40, Quelle: Elektrizitätsstatistik, Häberlin (2005), Benetz AG

Die alpine Photovoltaik weist im Winter bessere Produktionswerte auf als die Laufwasserkraftwerke.

«Desertec» hilft der Schweiz eher wenig

Das von einer deutschen Stiftung und von privaten Firmen lancierte Desertec-Projekt möchte die europäische Stromversorgung mit Solarstrom aus Nordafrika ergänzen. So faszinierend diese Perspektive erscheint – sie entspricht eher nicht dem schweizerischen Bedarf und verbessert die Versorgungssicherheit höchstens in einer kontinentalen Perspektive. Bei uns fehlt es an erneuerbarem Strom im Winter, nicht im Sommer. Für die Schweiz ist deshalb die «Nord-Perspektive» mit Winter-Wind-Leistung aus West- und Nordeuropa naheliegender als der Bezug von Solar- und Windstrom aus Afrika. Der Auf- und Ausbau von Windfarmen im Norden ist auch wesentlich konkreter. Über 90 Gigawatt installierte Windenergie bestehen in Europa bereits; 400 Gigawatt sind gemäss Industrieverband EWEA bis 2030 zu erwarten, was mit ca. 1150 TWh einen Drittel des europäischen Verbrauchs abdeckt. Dieser Ausbau führt unweigerlich zu einem grossen Winterangebot und zu Stromüberschüssen, weil die Winde im Winter stärker wehen als im Sommer: ein «business case» für die Schweiz!

Der Ausbau der Stromnetze wird in Deutschland aktiv angegangen. Er wird die Anbindung der Schweiz nach Norden bis nach Skandinavien verbessern, während die Verbindungen nach Süden schon in Mittelitalien ein Problem sind.

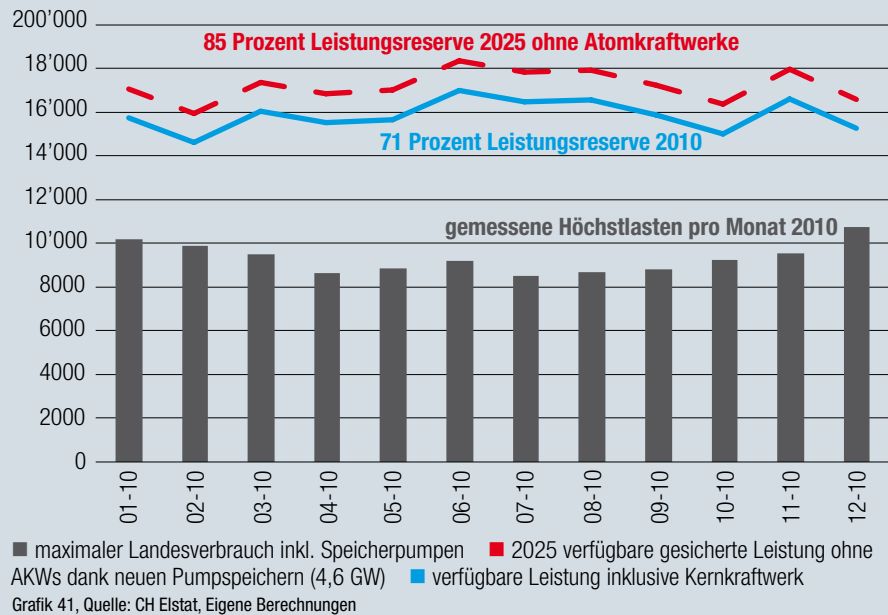
Mit sinkenden Gesteungskosten der Photovoltaik werden Stromimporte aus Nordafrika auch wirtschaftlich problematisch. Denn die höhere Produktivität im Süden wird durch die Mehrkosten für Stromübertragung vernichtet. Hinzuweisen ist schliesslich auf die saisonale Ausprägung der Schweizer Laufwasserkraftwerke. Es ist entgegen der landläufigen Meinung nicht so, dass die Wasserkraft im Winter besonders ergiebig wäre. Die alpine Photovoltaik liefert dann die vergleichsweise besseren Erträge (Grafik unten).

Alpine Solaranlagen ergänzen die Laufwasserkraft im Frühjahr in idealer Weise. Sie sind wegen der hohen Einstrahlung eher billiger als Solarstrom aus Afrika. Zusammen mit Windenergie und Wasserkraft können sie eine sichere Versorgung gewährleisten.

Die Atomkonzerne und die Gasindustrie führen seit «Fukushima» eine aufdringliche Kampagne für neue Gaskraftwerke, als ob die Axpo damit nicht schon genügend Geld verloren hätte. Photovoltaik und Windstrom sind für sie noch immer kein «business case». Gaskraftwerke wären jedoch fast das Dummste, wofür sich die Schweiz entscheiden kann: höhere CO₂-Emissionen, höhere Preisrisiken, neue Abhängigkeiten von fernen Lieferländern.

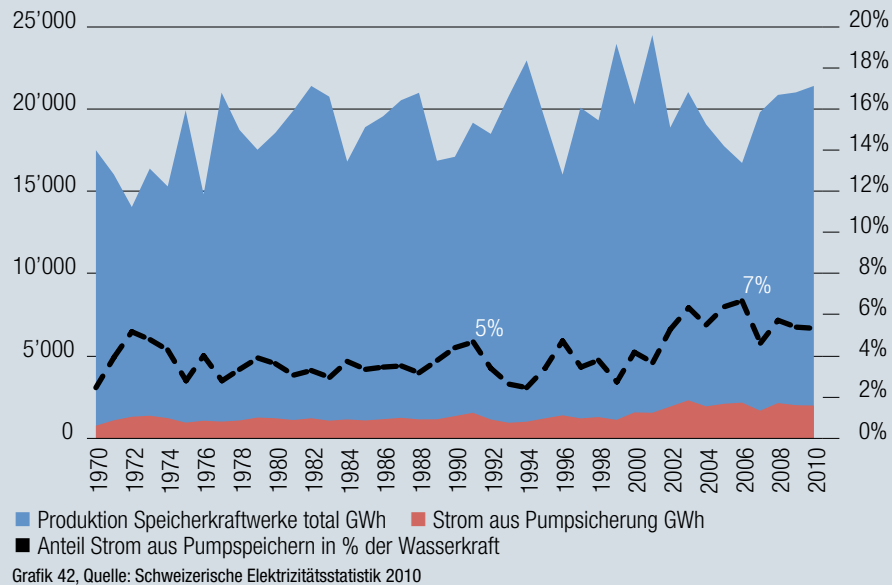
Solange die Einspeisevergütungen für sauberen Strom «gedeckt» sind, kann ein angemessener Ersatz für Atomstrom nicht heranwachsen. Und wenn das Parlament auf untaugliche Förderinstrumente ausweicht – Quoten oder Investitionszuschüsse statt feste Vergütungen –, werden sich bloss jene freuen, die nach altem Rezept neue Gaskraftwerke wollen. Die sauberen, dezentralen Potenziale bleiben dann ungenutzt. Der Entscheid über die Technik ist also vor allem eine Machtfrage. Sie wird im Parlament entschieden und nicht auf dem Strommarkt, denn die aktuell tiefen Preise für Erdgas spiegeln die Zukunftsrisiken nicht, und auch nicht die Umweltschäden.

Höchstlast und Leistungsreserve der Schweiz (in Megawatt, Daten: Elektrizitätsstatistik 2009)



Auch bei einer Schliessung der Kernkraftwerke bleiben die Leistungsreserven erhalten – dank neuen Pumpspeichern.

Die Pumpspeicherwerke liefern bisher nur wenig Strom – ihr Anteil wird sich vervielfachen



Die Nutzung von Pumpspeichern macht bisher nur einen kleinen Bruchteil der Spitzenleistung aus. Mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien wird ihre Rolle im europäischen Verbund zunehmend wichtiger.

Die verfügbare Leistung nimmt zu

Hätten sich die Schweizer Stromkonzerne früher bereits aktiv am Ausbau der europäischen Wind- und Solarenergie beteiligt, wäre die viel beschworene Stromlücke im Winter Längst ad acta gelegt. Doch vernünftige Lösungen gehörten nie zum Zielkatalog der Atomlobby. Lieber diffamierten sie die erneuerbaren Energien. Und setzten auf neue Atomkraftwerke und – nebenbei auch auf CO₂-Träger wie Erdgas und Kohle.

Die Atomlobby wurde selber Opfer der bösen Tat: Jedes neue Kraftwerk mit erneuerbaren Energien hätte die Stromlücke widerlegt und den Sachzwang Atomkraft gebremst. Also durften Wind- und Sonnenenergie nicht stattfinden und wurden entsprechend boykottiert. Gezielt wurde mit Ängsten operiert: Wer deckt den Bedarf an windschwachen Tagen? Woher kommt der Strom wenn die Sonne nicht scheint?

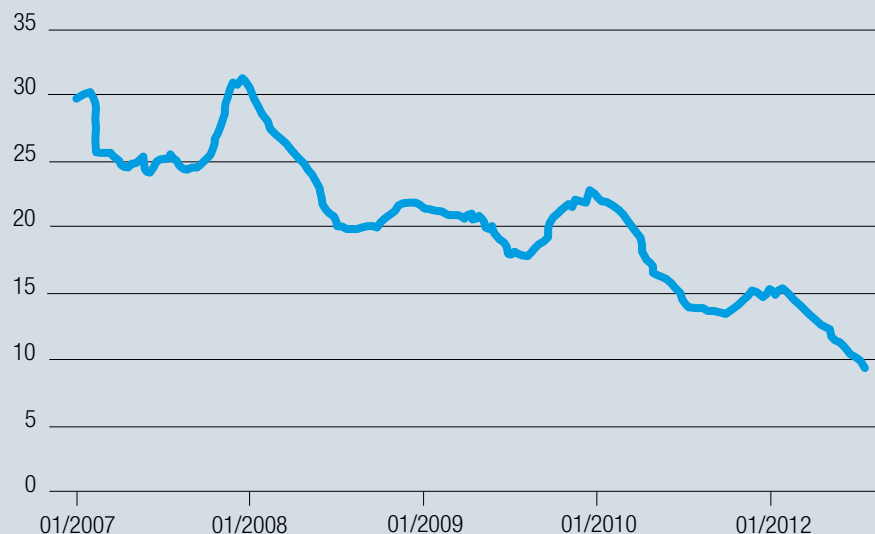
Den Lastausgleich muss jede Regelzone nach den eigenen Möglichkeiten organisieren. In der Schweiz übersteigt die derzeit vorhandene Leistungsreserve der Speicherseen die monatlich gemessene Höchstlast um über 70 % (Grafik). Dank diesen Reserven gleichen die Schweizer Stauseen nicht nur die inländische Lastkurve flexibel aus, sondern regulieren auch die Grundlast von Atom- und Kohlekraftwerken im Ausland. In Zukunft werden sie vermehrt die Fluktuationen von erneuerbaren Energien managen. Diese Entwicklung hat bereits begonnen, denn der Anteil der Windenergie in Europa und der Anteil der kurzfristig an der Börse gehandelten Energie nehmen zu. Der Austausch von Strom über langfristige Bezugsverträge ist von 56 Prozent im Jahre 2005 auf 37 Prozent abgesunken (2010). Der Stromhandel richtet sich vermehrt auf das wetter-orientierte Tages- und Wochengeschäft aus, mit je nach Wind- und Sonnenlage wechselnden Handelspartnern.¹⁴

Das heutige Erzeugungsprofil der Speicher-Kraftwerke belegt bereits eindrücklich, wie flexibel die Schweiz ihre tägliche Produktion und die Lastaufnahme aus dem Ausland steuern kann (vgl. Grafiken 36). Diese Flexibilität lässt sich mit tariflichen Steuerungselementen noch vergrössern: mit Belohnungen für flexiblen Lastabwurf und Lastaufnahme, für leistungssensible Bewirtschaftung von Wärmespeichern (zB. dezentrale Sonnen-/Wärmepumpen-Speicher). Trotz der Schliessung von Atomkraftwerken wird die verfügbare Reserveleistung nicht ab-, sondern zunehmen. Drei Elemente spielen dabei eine Rolle:

- Neue Pumpspeicherwerke mit einer zusätzlichen Leistung von ca. 4,6 Gigawatt sind geplant und teilweise bereits im Bau. Die verfügbare Leistung der Pumpspeicherwerke wird sich so von 1,7 auf über 6 Gigawatt fast vervierfachen. Dazu gehören die Werke Linth-Limmern (+1,1 GW), Nant de Drance (+0,9 GW), Lago Bianco (1,0 GW), Sambucco (+0,9 GW), Grimsel (KWO plus, +0,35 GW) und weitere.
- Der Bau neuer Kraftwerke dank der kostendeckenden Vergütung wird die Leistung ebenfalls erhöhen. Selbst wenn manche dieser Anlagen nicht steuerbar sind, so schonen sie doch die Reserven der Stauseen in hohem Ausmass. Die Wasserentnahme lässt sich so mit grösseren Turbinen auf kürzere Spitzenzeiten fokussieren, was die Flexibilität insgesamt erhöht.
- Die kostendeckende Vergütung fördert auch Kraftwerke mit planbarer Leistung: aus Biomasse, Biogas und Wärmekraft-Kopplung.

Preisunterschiede zwischen Spitzenlast- und Grundlaststrom

Differenz in Prozent



Grafik 43, Quelle: Photon Solarstrom-Magazin 2011

Die Preisunterschiede zwischen Spitzenlaststrom und Grundlast sind kleiner geworden, besonders im Sommer, wenn immer mehr Solarstrom die Spitzenlast bedient.

Nachführsystem erhöht den Ertrag und minimiert die Bodenbeanspruchung



Grafik 44, Quelle: Flumroc

Die zweiachsige Nachführung verspricht Mehrerträge von 25–35 Prozent und senkt die Ertragsausfälle durch Schneebefall. Sie lohnt sich für hochwertige (teure) Zellen. Eine Pilotanlage wurde in Flums (SG) errichtet.

Neue Energien verändern die Leistungszyklen

Pumpspeicherwerke führen nicht zwingend zu neuen landschaftlichen Beeinträchtigungen. Ihr Ausbau beschränkt sich häufig auf die unterirdische Erweiterung von Druckstollen, Pumpen und Generatoren. Eine Erweiterung der Staubecken ist selten notwendig. Damit dies so bleibt, müssen die neuen Kraftwerke in angemessener Masse den Winterbedarf bedienen. Denn es ist weder wirtschaftlich noch ökologisch, Strom dann zu erzeugen, wenn man ihn nicht braucht. Und die bestehenden Stauseen sind zu klein, um Solarstrom in sehr grossen Mengen vom Sommer in den Winter zu verlagern.

Der Zuwachs von Wind- und Solarstrom in Europa wird den Kraftwerkmix und damit das Leistungsmanagement der Stauseen stark verändern. Früher wiesen viele alpine Stauseen mit natürlichen Zuflüssen einen einjährigen Zyklus auf: Schmelzwasser füllte das Becken einmalig im Sommer; im Winter bediente das Wasser die Lastkurve der Eigentümer, zumeist Netzbetreiber im Unterland. Ein solcher binnenorientierter Betrieb ist im europäischen Markt nicht länger sinnvoll. Weshalb sollte man wertvollen Spitzenstrom aus Stauseen verbrauchen, wenn auf dem europäischen Markt tiefe Preise herrschen, zuweilen sogar negative Preise?

Interessanter ist es, die Stauseen «europäisch» zu bewirtschaften. Die Leistung wird entlang der täglichen und wöchentlichen Preisnotierungen an der europäischen Strombörse gesteuert. Je nach europäischer Marktlage wird die Produktion eingestellt oder es wird (mit Pumpen) Last aufgenommen, wenn die Preisunterschiede zwischen Bandenergie und Spitzenleistung gross genug erscheinen. Die Zyklen der Bewirtschaftung werden kürzer, der Wasserumschlag könnte sich vervielfachen. Der Ausbau der Photovoltaik wird die Wasserentnahme über Mittag reduzieren, die Nachfrage wird am Abend wachsen. Die Preisunterschiede zwischen Spitzenstrom und Bandenergie sind durch die Photovoltaik in den letzten Jahren bereits stark geschrumpft (Grafik).

Die verkürzten Leistungszyklen der Speicherkraftwerke kommen mit kleineren Wasserreserven aus. Das Wasser wird mehrmals zwischen Pumpspeicherbecken hin- und geschoben, die Fliessgewässer dadurch geschont. Die künstlichen Tsunamis («Schwall und Sunk») könnten eher abnehmen. Für die Umwelt kann sich ein doppelter Gewinn ergeben. Die Fliessgewässer werden eher geschont, weil sich die Wertschöpfung von der Grundlast zur Bewirtschaftung der Spitzenenergie mit erneuerbaren Energien verlagert. Und die Volumen der radioaktiven Abfälle und der CO₂-Emissionen nehmen ab.

Die Rentabilität der Spitzenenergie hat sich in jüngster Zeit allerdings verschlechtert (Grafik oben). Schuld daran ist die Erdgasschwemme, die zu tiefen Gestehungskosten für Spitzenstrom geführt hat. Zudem sind die Tagesspitzen dank dem Ausbau der Photovoltaik rückläufig. Der Preis von Spitzenstrom wird sich erst erholen, wenn mehr Grundlast-Kraftwerke geschlossen werden (Atom und Kohle) und wenn sich der Einsatz von Erdgas mittels Emissionshandel oder CO₂-Abgaben gelenkt wird.

Diese Ausführungen zeigen, dass der Umbau des Energiesystems in Richtung erneuerbare Energien längst begonnen hat. Die Schweiz hinkt nach, kann aber dank ihren Standortvorteilen in kürzester Zeit aufschliessen, wenn die Weichen endlich richtig gestellt werden.

Teil 2

Feuer in Reaktor 4 am 15. März 2011, wo sich das Brennelemente-Becken erhitzt. © Tepco

Die unbezahlbaren Kosten der nichterneuerbaren Energien

Naturkatastrophen? – Die Abstände werden immer kürzer	63
Kostenexplosion in der Ölindustrie	65
Klimaschäden sind unbezahlbar – und es trifft alle	67
Atomkraft: Wendepunkt 11. März 2011	69
Tschernobyl war anders	71
«... the government was not providing truth promptly and accurately»	73
Schlamperei, Vertuschung und eine Million Krebstote	75
Tepco wusste von der Kernschmelze – von Anfang an	77
Ursache: Erdbeben?	79
Schwachstelle Notfallschutz	81
Wie uns die Schweizer Atomaufsicht für dumm verkauft	83
Erkenntnisse aus Fukushima (I)	85
Erkenntnisse aus Fukushima (2)	87
Erkenntnisse aus Fukushima (3)	89
Menschliche und ökonomische Kosten von Fukushima	91
Das Vertrauen ist weltweit angeschlagen	93
Kostenexplosion durch Atommüll und neue Erkenntnisse	95
Der Strom-Wettbewerb bedrängt die Atombranche	97
Die Folgen für das Atomgeschäft	99

Die unbezahlbaren Kosten der nichterneuerbaren Energien

Teil 2 beschreibt die Probleme, die mit der Verwendung von nichterneuerbaren Energien einhergehen. Es beginnt mit den Folgekosten der fossilen Energien (Seite 62–67). Danach werden die Ursachen und Folgen des Atomunfalls von Fukushima erörtert, sowie die Unterschiede zur Katastrophe von Tschernobyl (Seiten 68–81). Die dubiose Rolle der Aufsichtsbehörden in Japan und in der Schweiz und die Schlussfolgerungen aus «Fukushima» für den Umgang mit Atomrisiken sind Thema im Rest dieses Teils (Seiten 82–97).



Ölgeschädigte Pelikane in Louisiana (USA), verursacht durch BP-Ölplattform Deep Water Horizon. (Bild: Greenpeace)



Nichts als Wasser – lang nicht alle Menschen konnten aus den Fluten gerettet werden. (Foto: CARE / T. Schwarz)



Feuer im Reaktor 1, Fukushima-Daiichi. (Bild: Tepco)



Blick auf die vier explodierten Reaktoren am 15. März 2011 (Bild: Tepco)



Tornado in Joplin, Missouri, 22.5.2011. (Bild: NOAA)



Tornado in Joplin, Missouri, 22.5.2011. (Bild: NOAA)

Naturkatastrophen? – Die Abstände werden immer kürzer

«Naturkatastrophen» hat es schon immer gegeben: Erdbeben, Erdrutsche, Unwetter, Dürren, Sturzfluten usw. Es wird aber immer schwieriger, zu unterscheiden, welche Ereignisse auf natürliche und welche auf menschliche Ursachen zurückzuführen sind. Die Zeitabstände werden kürzer, die Schäden grösser. Die Natur spielt scheinbar verrückt. Ursache ist der Mensch. Mit dem wachsenden Verbrauch von nichterneuerbaren Energien wird die Atmosphärenchemie verändert, was nicht ohne Wirkung bleibt. Die externen Kosten steigen. Sie werden meist von unbeteiligten Dritten getragen. Bezahlen tun wir alle, doch die Lasten sind ungerecht verteilt, wie die folgenden Ereignisse beispielhaft illustrieren:

- Von April bis Juli 2010 fließen aus dem Bohrloch Macondo gegen eine Million Tonnen Erdöl ins Meer und verschmutzen den Golf von Mexiko wie nie zuvor.
- Im Sommer 2010 zerstören Überschwemmungen weite Teile des fruchtbaren pakistanischen Tieflands. In Russland vernichtet anhaltende Trockenheit 40 Prozent der Weizenernte.
- Am 11. März 2011 führte ein starkes Erdbeben, gefolgt von einem Tsunami, zum grössten Atomunfall seit Tschernobyl. Drei Atomreaktoren, die zwischen 1967 und 1973 in Betrieb gingen, sowie das Brennelementbecken in Block 4 geraten ausser Kontrolle. Nach Wasserstoff-Explosionen in den Blöcken 1 bis 4 kommt es zum Austritt grosser Mengen Radioaktivität. Es ereignen sich drei Kernschmelzen.
- Die Stadt Joplin (Missouri/USA) wird am 22. Mai 2011 von einem Wirbelsturm weitgehend zerstört. Über 100 Menschen werden getötet.
- Im Nordosten Australiens steht im Sommer 2011 ein Gebiet so gross wie Texas unter Wasser. Gemeldet werden weiter Flutregen in Kanada, Trockenheit in Argentinien, Mexiko und China.

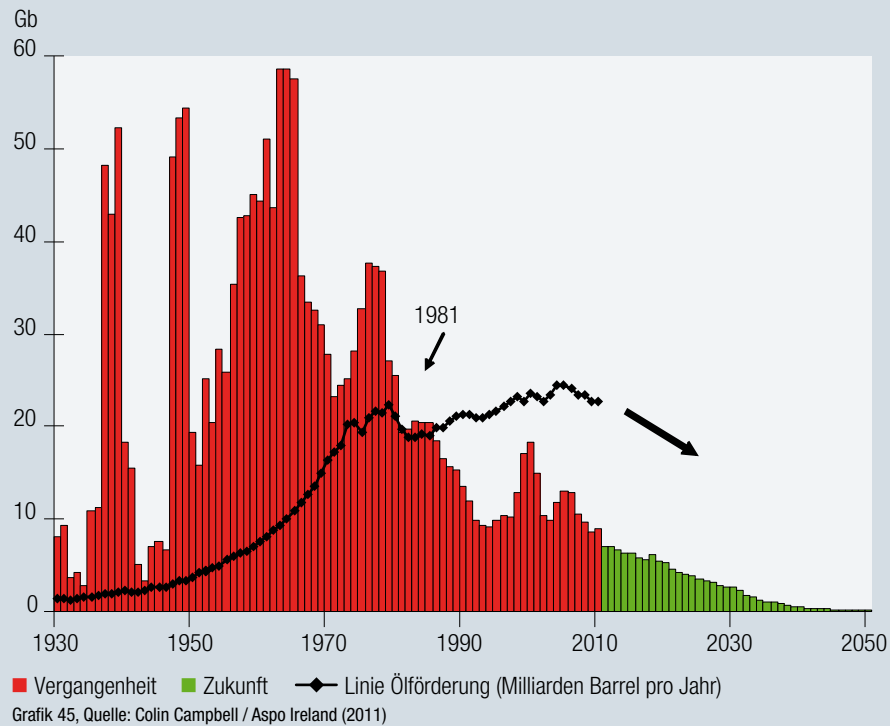
Behörden und Betroffene reagieren auf solche Ereignisse meist hilflos unpolitisch und improvisieren. Die Schuldfrage wird bei einzelnen Wetterereignissen gar nicht erst gestellt, weil ein Kausalzusammenhang meist erst aus der Häufigkeit der Ereignisse zu erkennen ist. So kommt die Energiewirtschaft straflos davon. Die Kosten werden auf die Allgemeinheit überwältigt; Kohle-, Gas- und Atomstrom werden so künstlich billig gehalten, ebenfalls Benzin und Heizöl, die Alternativen – Energieeffizienz und erneuerbare Energien ohne Kostenfolgen – bleiben im Wettbewerb benachteiligt.

Die Umweltkatastrophen gefährden nicht bloss die Bevölkerung. Sie destabilisieren ganze Volkswirtschaften. Nicht zuletzt unterhöheln die Öl-, Gas- und Atomkonzerne die Demokratie, um ihre Privilegien wie Schürfrechte, Emissionsrechte, Subventionen, eingeschränkte Haftung zu schützen. Parteien, Politiker, Journalisten und Universitätsdozenten werden mit Geld gefügig gemacht. Zahlungen der Konzerne für «Gefälligkeiten» werden nur selten offengelegt. Es triumphiert der schnelle Profit auf Kosten der nachfolgenden Generationen. Es geht um

- Schäden an Infrastrukturen und Wohnbauten durch Radioaktivität oder Klima-Extreme (Unwetter, Erdrutsche, Überschwemmungen usw.)
- Verlust an fruchtbaren Böden und Biodiversität. Die Erde wird weniger «robust»
- Gesundheitsschäden durch Wasser-, Luft- und Bodenbelastungen
- Indirekte Kosten wie die Verknappung und Verteuerung von Nahrungsmitteln durch die Bodennutzungskonkurrenz von Agrotreibstoffen.

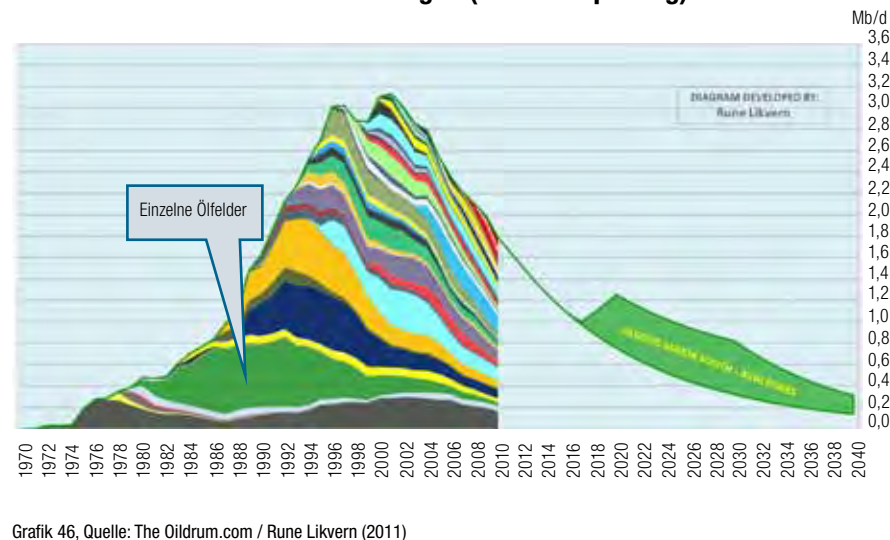
Arme Menschen mit kleinen Einkommen bekommen die Energiekrise am härtesten zu spüren, wenn die Nahrungsmittelpreise steigen. Seit 2008 hat die Zahl der hungernden Menschen erstmals seit Jahrzehnten weltweit zugenommen.¹ Menschen, die schon bisher auf Existenzelles verzichten mussten, müssen sich noch stärker einschränken.

Entdeckung und Verbrauch von Erdöl 1930–2050



1964 wurde am meisten Öl entdeckt. Seit 1981 übersteigt der Weltverbrauch die neuen Funde.

Ölfelder und Produktion von Norwegen (Mio. Fass pro Tag)



Ist das Fördermaximum überschritten, kann ein grosser Fund wie Alvadsnes den Rückgang nur noch etwas verzögern.

Kostenexplosion in der Ölindustrie

Das Wachstumsmodell der Industrieländer seit Beginn der industriellen Revolution (ca. 1750) beruht auf der Extraktion von vordergründig billigen Rohstoffen, insbesondere Kohle, Öl, Gas und Uran. Dieses Modell hat viel von seinem einstigen Charme verloren. Es belastet nicht nur die Umwelt in unerträglichem Mass. Auch die Gewinnungskosten der Energie steigen, weil die Energieträger knapper werden. Wir stehen mitten in einem Strukturbruch, als Erstes beim Erdöl, wegen seiner einfachen Transport- und Lagerfähigkeit lange die Leitwährung der Energiewirtschaft:

- **Grosse neue Ölfunde bleiben aus.** Seit 1964 verläuft die Entdeckung grosser Ölfelder rückläufig, während die Nachfrage stetig steigt. Seit 1981 übersteigt der Verbrauch von Erdöl die neu entdeckten Ölmengen. Seit 30 Jahren wird in steigendem Mass von den Reserven gezehrt. Ehemalige Exportländer wie China, Grossbritannien oder Indonesien wurden zu Netto-Öl-Importeuren. Das knappere Angebot und die neue Nachfrage aus den Schwellenländern haben die Volatilität der Ölpreise erhöht. Seit 2003 haben sie sich auf über 100 Dollar pro Fass vervielfacht (vgl. Grafik Seite 14 oben) – ein klares Indiz, dass sich das Ölzeitalter seinem Ende nähert.²
- **Schwierigere Tektonik – steigende Produktionskosten.** Um neue Öl- und Gasfelder zu finden, wird immer tiefer gebohrt und in immer entlegeneren Erdteilen gesucht. Trotz neuer Technik lässt sich die Ausbeute nicht mehr wesentlich erhöhen. Die Ölförderung stagniert. Unkonventionelle Vorkommen (Ölschiefer und Ölsande) füllen die Lücke nur teilweise und zu sehr hohen finanziellen und ökologischen Kosten.
- **Schlechtere Sorten.** Bei immer kleineren Feldern verschlechtert sich die Energieausbeute pro investierte Energieeinheit (Energy return on energy investment, EROEI). Auch die Kosten der Verarbeitung steigen wegen des hohen Gehalts an Schwefel und anderen Spurenelementen. Unkonventionelle Ressourcen wie Schiefergas und Ölsande weisen hohe Produktionsrückgänge auf. In Pennsylvania werden bei neuen Bohrungen Förderrückgänge zwischen 20 und 40 Prozent im ersten Jahr registriert, weshalb ständig weitergebohrt werden muss, um die bisherige Produktion zu halten.³
- **Immer mehr Länder im Produktionsrückgang.** Der Verlauf der Ölförderung in Norwegen zeigt beispielhaft, was sich abspielt. Grosse Felder (dicke Flächen) wurden einfach entdeckt und früh erschlossen. Sie gehen zur Neige. Neue Funde sind quantitativ kleiner und weniger häufig. Im Jahr 2001 erreichte die norwegische Förderung ihr Maximum («oil peak»). Seither hat sie sich halbiert. Auch ausserordentlich grosse, späte Funde – wie in Norwegen das Ölfeld Aldous Major South-Avaldsnes (Grafik unten) – vermögen den Rückgang nur noch einige Zeit aufzuschieben.⁴

Weltweit stagniert die konventionelle Ölförderung seit 2004 bei 85 Millionen Fass pro Tag. Ein bedeutsamer Anstieg ist nicht mehr zu erwarten. Das Kosten-Nutzen-Verhältnis der einst günstigen fossilen Energien verschlechtert sich auf drei Ebenen: ökonomisch, ökologisch und punkto Energiebilanz. Deshalb steigen die Anreize, auf neue Energieträger – zum Beispiel Autos mit elektrischer Traktion – umzusteigen.

Vom steigenden Ölpreis profitieren vorerst Exportländer, die noch über grosse Reserven verfügen. Es sind Länder am Persischen Golf, in Afrika, in der Ex-Sowjetunion, aber auch Öl-Ausrüster wie Halliburton, die Firma des ehemaligen US-Vizepräsidenten Dick Cheney, der den Irak-Krieg anzettelte. Hohe Erdölerlöse führen dazu, dass der Eigenverbrauch in den Exportländern ansteigt. Die Exportmengen dieser Länder sind tendenziell stärker rückläufig als die Ölförderung. In den Importländern wird dies das Interesse an Energieeffizienz und neuen Energieträgern verstärken.

Verletzliche Küstenländer

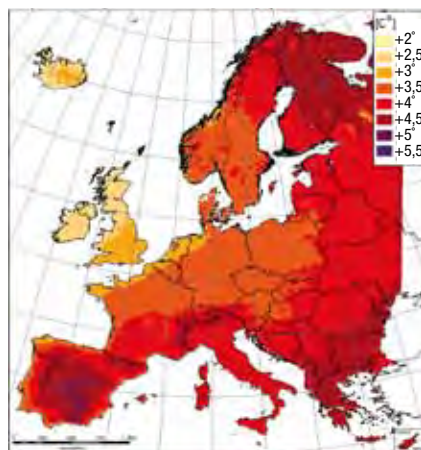


Grafik 47, Quelle: Flood.firetree.net

Bei einem Meeresspiegelanstieg von 3 Metern liegt mehr als die Hälfte der Niederlande unter dem Meeresspiegel (blau eingefärbt).

Veränderung der durchschnittlichen Jahrestemperatur [°C] bis Ende des Jahrhunderts

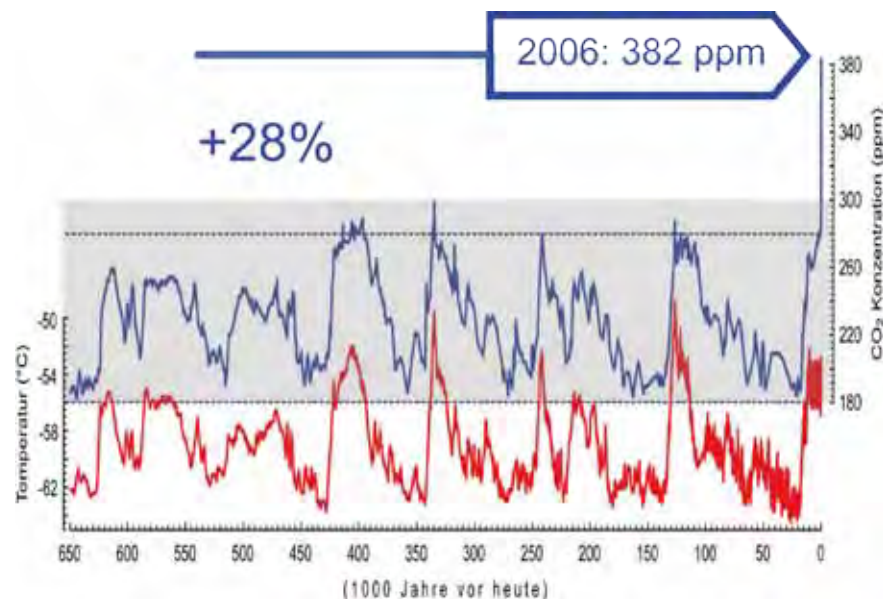
Temperature: change in mean annual temperature [°C]



Grafik 48, Quelle: EU-Kommission; Anpassung an den Klimawandel in Europa (Grünbuch 2007)

Auch Europa bleibt nicht verschont.

CO₂-Konzentration und Erdtemperatur – vor 650'000 Jahren bis heute



Grafik 49, Quelle: Prof. Thomas Stocker/Uni Bern a.a.O. (2007)

Treibhausgase und Erd-Temperaturen sind stark korreliert.

Klimaschäden sind unbezahlbar – und es trifft alle

Forscher der Universität Bern sind bekannt für ihre CO₂-Messungen und für ihre Rekonstruktionen der Wetter- und Klimageschichte. Die Analysen von Luftproben aus Eisbohrkernen zeigen: Es besteht eine Korrelation zwischen der CO₂-Konzentration und den gemessenen Temperaturen in der Atmosphäre. Die CO₂-Konzentration ist heute 28% höher als je zuvor in den letzten 650'000 Jahren – und steigt weiter. «Die erwarteten Klimaänderungen werden die bisherigen, bereits messbaren Änderungen um das Vielfache übersteigen», prophezeit der Berner Klimaforscher Thomas Stocker.⁵

Der Anstieg der Temperaturen entfaltet eine Eigendynamik. Zum Beispiel setzt der auftauende Permafrost in den nördlichen Hemisphären (Sibirien, Kanada) Methan frei. Methan hat eine viel stärkere Treibhauswirkung als CO₂. So beschleunigt der Mensch die Erwärmung weiter. Tiere, Pflanzen und deren natürliche Habitate können sich den Veränderungen nicht schnell genug anpassen. Ein Artensterben von 20 bis 30 Prozent aller Tier- und Pflanzenarten wird erwartet.⁶ Doch damit nicht genug. Werden die Treibhausgase nicht rasch reduziert, ist das Leben sehr vieler Menschen in Gefahr. Landwirtschaftliche Nutzflächen werden unproduktiv mangels Niederschlägen, wegen Überflutung oder Anstieg des Meeresspiegels.

Eine Mitschuld an dieser Misere hat auch die stetige Ausweitung der Landnutzung zur Produktion von Fleisch und von Agrotreibstoffen. Agrotreibstoffe verschlechtern das Klima, weil Wälder grossflächig gerodet werden und weil der im Boden gespeicherte Kohlenstoff in die Atmosphäre austritt. Kleinbauern werden durch Monokulturen und industrielles Agrobusiness verdrängt. Dieser Prozess spielt sich besonders in der 3. Welt ab, in Brasilien, Kolumbien, Indonesien, wo die Treibhausgase von keiner CO₂-Buchhaltung erfasst und gemäss Kyoto-Protokoll sanktioniert werden. Doch eine wichtige Ursache liegt im Norden. Denn ein Teil der Agrotreibstoffe wird als «Bio-Fuel» in den USA und Europa steuerlich vergünstigt als «Klimaschutz» vermarktet – auch die Schweiz ist davor nicht gefeit.

Agrotreibstoffe belasten die Natur durch Pestizide und Düngemittel. Sie stehen in Konkurrenz zum Anbau von Nahrungsmitteln. Der Landhunger für Fleisch und Agro-Diesel hat weltweit die Lebensmittelpreise verteuert. Grundnahrungsmittel wie Reis und Mais sind heute doppelt so teuer wie vor zehn Jahren. Die Einkommen der armen Schichten haben damit nicht Schritt gehalten. Getreidehändler, Agrarkonzerne, die Automobil- und Erdölindustrie feiern Agrotreibstoffe als «Klimaschutz». Sie pflegen die Illusion, es lasse sich so eine Alternative zum Erdöl bereitstellen. Agrotreibstoffe liefern aber weniger als zwei Prozent des weltweit geförderten Öls. Auch eine Verzehnfachung dieser Menge kann das Ende des Erdöls nicht aufhalten.

Zum Schutz von Mensch und Natur braucht es andere und zum Teil völlig neue technologische Ansätze: elektrische Mobilität mit sauber erzeugtem Strom aus Photovoltaik oder Windkraft zum Beispiel. Sonne und Windkraft weisen eine 10- bis 100-fach höhere Produktivität auf, gemessen an der benötigten Bodenfläche. Sie schonen die Wälder und Böden und lassen sich nach Gebrauch schadlos entfernen.

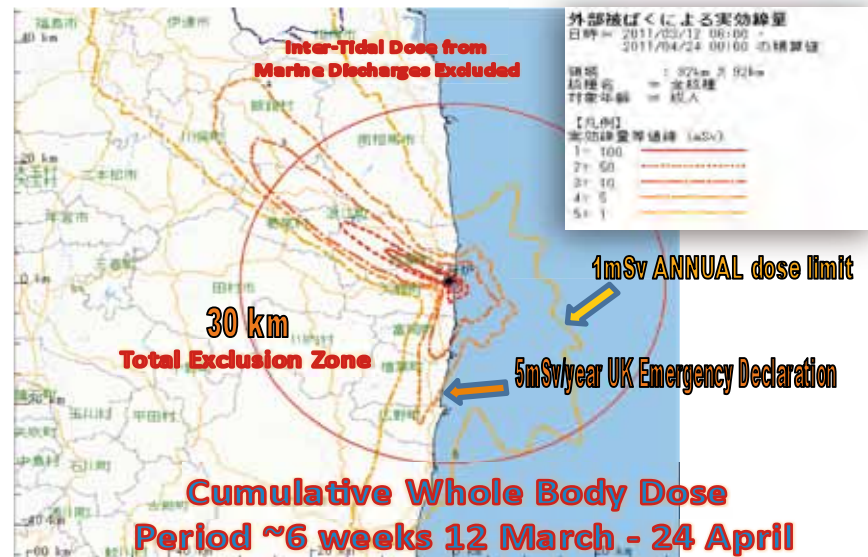
Wasserstoff-Explosion in Reaktor 1, Fukushima-Daiichi



Grafik 50, Quelle: John Large / Tepco (2011)

Als Folge des Stromausfalls kam es zu Kernschmelzen in den Reaktoren 1–3 und zur weiträumigen Verfrachtung von Radioaktivität durch eine Explosion des Brennelemente-Beckens in Reaktor 4.

Kumulierte Dosis (Millisievert) 12. März bis 24. April 2011



Grafik 51, Quelle: John Large: Implications of Fukushima Daiichi for the UK's Nuclear New Build Programme (2011)

Trotz erhöhter Strahlendosis wurden viele Menschen nicht evakuiert. Atomexperten sprechen von einer Million zusätzlicher Krebsfälle in den nächsten 20 Jahren.

Atomkraft: Wendepunkt 11. März 2011

Seit Jahrzehnten kämpfen Menschen auf der ganzen Welt gegen die Gefahren der Atomindustrie. Diese versuchte, ihren seit Tschernobyl angeschlagenen Ruf zu rehabilitieren, indem sie sich als angebliche Retterin vor dem Klimawandel aufspielte. Der Unfall in Fukushima-Daiichi hat eine neue Situation geschaffen. Entscheidend dabei war: Er ereignete sich in Japan, das für seine technisch hochstehenden Produkte weltbekannt ist. Dass es in drei Reaktoren zu einer Kernschmelze kam, ist auf den Total-Ausfall der Stromversorgung zurückzuführen. Zwar wurde die Kernspaltung durch das Einfahren der Kontrollstäbe nach dem Erdbeben noch gestoppt. Die Spaltprodukte produzierten aber weiterhin Wärme, die abgeführt werden musste. Durch den Ausfall der Kühlung fiel der Wasserstand im Reaktordruckgefäß ab. Die freigelegten Brennstäbe erhitzen sich auf gegen 3000 Grad und setzten dabei Wasserstoff frei. Gleichzeitig entwich Radioaktivität aus den beschädigten Brennstäben. Diese wurde zunächst noch von der Schutzhülle (Containment) des Reaktors zurückgehalten. Als das Containment zu bersten drohte, wurde über ein Ventil radioaktiver Dampf aus dem Reaktorblock 1 abgelassen. Damit gelangte der Wasserstoff ins Reaktorgebäude, was zur Explosion führte. Ähnliches spielte sich zeitversetzt auch in den anderen beiden Reaktoren ab. In Reaktor 4 geriet das Brennelemente-Becken durch eine weitere Explosion ausser Kontrolle.

Die japanische Regierung erwog die Evakuierung von Tokio, spielte den Unfall angesichts der unlösbaren Probleme, die damit verbunden gewesen wären, dann aber systematisch herunter. Erst später wurde das Ausmass der Katastrophe häppchenweise bekannt: Am 26. November räumte die japanische Regierung erstmals ein, dass 11'600 km² Fläche eine jährliche Strahlendosis aufweisen, die über dem Grenzwert von 1 Millisievert liegt.⁷ Im Frühjahr und Sommer lagen die Werte teilweise viel höher und die Betroffenen hätten evakuiert werden müssen. Doch statt dies zu tun, wurden die Grenzwerte erhöht. Die Regierung weckte Hoffnungen mit der Absichtserklärung, sie werde die betroffenen Gebiete «dekontaminieren».

Ob dies technisch möglich wäre, ist zweifelhaft. 30'000 km² (8 Prozent der Landesfläche) weisen eine Caesium-Belastung von mehr als 10'000 Becquerel pro m² auf. Der Grenzwert für landwirtschaftlich genutztes Land liegt in Japan bei 5000 Becquerel. Radioaktives Caesium 137 hat eine Halbwertszeit von 30 Jahren und lässt sich von Flächen solcher Grösse realistisch nicht hinreichend eliminieren. Zudem bestehen Zweifel, ob die Regierungsangaben überhaupt stimmen. Reporter, die im November 2011 in Schutzanzügen auf das AKW-Gelände gelassen wurden, berichteten von Strahlendosen zwischen 300 und 500 Mikrosievert pro Stunde. Die höchstzulässige Jahresdosis eines AKW-Angestellten von 20 Millisievert wäre somit auf dem AKW-Gelände nach 40 bis 70 Stunden erreicht. Doch auch für die Arbeiter in AKWs legte die Regierung erhöhte Grenzwerte fest.⁸

In Japan wurde lange Zeit wenig, und teilweise völlig irreführend informiert. Jahrzehntlang hat die japanische Elektrizitätswirtschaft Parteien, Zeitungen und Fernsehstationen mit finanziellen Zuwendungen gefügig gemacht⁹ und die erneuerbaren Energien behindert.¹⁰ Japan ist damit nicht allein. Die britische Regierung bat zwei Tage nach Beginn des Unfalls die Atomlobby um eine PR-Kampagne, damit die Pläne für britische Atomkraftwerke nicht gefährdet werden.¹¹

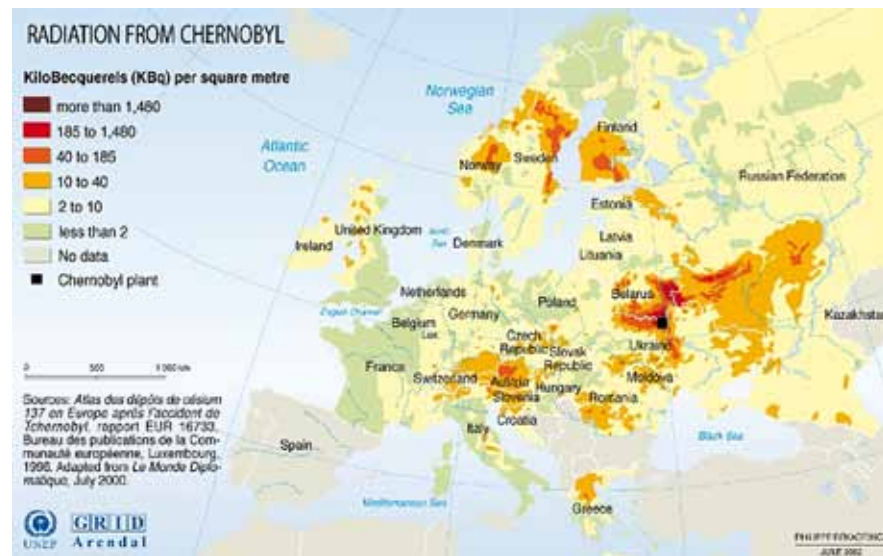
Sarkophag in Tschernobyl



Grafik 52, Quelle: zVg

Die Stahlhülle in Tschernobyl ist undicht und wird ersetzt. Die Atombranche kommt nicht für die Kosten auf.

Strahlenbelastung durch «Tschernobyl» (in 1000 Becquerel pro Quadratmeter)



Grafik 53, Quelle: EU-Kommission / UNEP

Durch den Unfall von Tschernobyl wurden radioaktive Isotope weiträumig verfrachtet, mit gesundheitlichen Nachwirkungen bis heute.

Tschernobyl war anders

In Tschernobyl verlief die Wahrnehmung des Unfalls anders als in Fukushima. In der Ukraine erzählt man sich folgenden Witz: «Frage an Radio Eriwan: Hätte die Katastrophe von Tschernobyl vermieden werden können? Antwort: «Im Prinzip ja, wenn die Schweden nicht alles ausgeplaudert hätten.» Die Sowjetunion bestätigte den Unfall erst, nachdem sich skandinavische Messwerte hoher Radioaktivität nicht länger verheimlichen liessen. Es gibt viele Gründe, weshalb sich die Katastrophe damals als «Spezialfall» herunterspielen liess:

- Die Sowjetunion war ein für den Westen weitgehend geschlossenes Land, fast alles war geheim, nur wenig wurde offen und nachprüfbar kommuniziert. Auch die Sprachbarriere erschwerte die Kommunikation.
- Die Atomlobby im Westen machte von Anfang an das rückständige Sowjetsystem für den Unfall verantwortlich. Es handle sich um eine «kommunistische Katastrophe», erklärte damals der bayrische Ministerpräsident Franz-Josef Strauss.
- Die Schäden wurden nur ungenügend registriert. Inzwischen ist bekannt, «dass insgesamt 600'000 bis 800'000 Liquidatoren im Einsatz waren. Es besteht danach vernünftigerweise kein Zweifel, dass rund die Hälfte der Liquidatoren – überwiegend junge Soldaten – nach ihrem Einsatz ohne Belege, ohne registriert worden zu sein, ohne ihre Strahlendosis zu kennen irgendwohin in ihre Heimat entlassen wurden».¹² Dies verunmöglichte epidemiologische Analysen über die Auswirkungen.¹³
- Die Messwerte, z.B. Dosimeter der Liquidatoren, wurden systematisch manipuliert, sodass es über die Belastung der Betroffenen nur lückenhafte Informationen gibt.
- Mediziner, die die fehlenden Messungen und die schlechte Betreuung erkrankter Personen in Weissrussland publik machten und den Behörden Untätigkeit vorwarfen, wurden politisch verfolgt und ins Gefängnis gesteckt. Der weissrussische Kindermediziner Jurij Bandaschewsky wurde 2001 zu acht Jahren Arbeitslager verurteilt, als er den Behörden vorwarf, das Ausmass der Reaktorkatastrophe zu verschleiern.¹⁴

Der typische Tenor danach war: Die Atomindustrie hat ihre Lektion gelernt. Jetzt seien die Atomkraftwerke sicher. Das war aber nie wirklich der Fall. Sicherheitssysteme wurden nachgerüstet, die Zahl der Unfälle ging aber nicht zurück. Stets war zu hören, die Sicherheit habe höchste Priorität. Würde man dieses Prinzip ernst nehmen, käme die Nutzung der Atomtechnologie grundsätzlich nicht länger in Frage.

Eine zweifelhafte Rolle spielte die Weltgesundheitsorganisation WHO. Sie lässt sich seit 1959 von der Internationalen Atomenergieagentur IAEA zensurieren. Auf Druck der IAEA wurden die Protokolle des WHO-Tschernobyl-Kongresses von 1995 nie veröffentlicht.¹⁵ Berichte des WHO-Tschernobyl-Forums erschienen nicht auf der WHO-Homepage, sondern auf jener der IAEA.¹⁶ Bis heute sprechen WHO/IAEA von wenigen Dutzend bis wenigen tausend Opfern. Berechnungen der New York Academy of Science gehen indessen in Tschernobyl von einer Million Todesopfer (vorzeitige Todesfälle) aus, allein für den Zeitabschnitt 1986–2004.¹⁷ Weil erhöhte Radioaktivität weiterhin in Lebensmittel gelangt, dürfte die Zahl weiter steigen. Und neue Radio-Nuklide wie Americium-241 (Halbwertszeit 400 Jahre) bedrohen Grossstädte wie Kiew.¹⁸

Der Schweizer Epidemiologe Theo Abelin (Uni Bern) machte früh auf Schilddrüsenkrebs von Kindern aufmerksam. Seine Befunde, dass sich bei den meisten Kindern Metastasen bildeten, fanden kaum den Weg in die Medien. Die finanziell gebeutelten Zeitungen berichten lieber über die wundersamen Erfolge neuer Krebstherapien als über die generelle Zunahme von Krebs. Und sie durften sich auf Grossinserate der Stromkonzerne freuen. Eine Hand wäscht die andere.

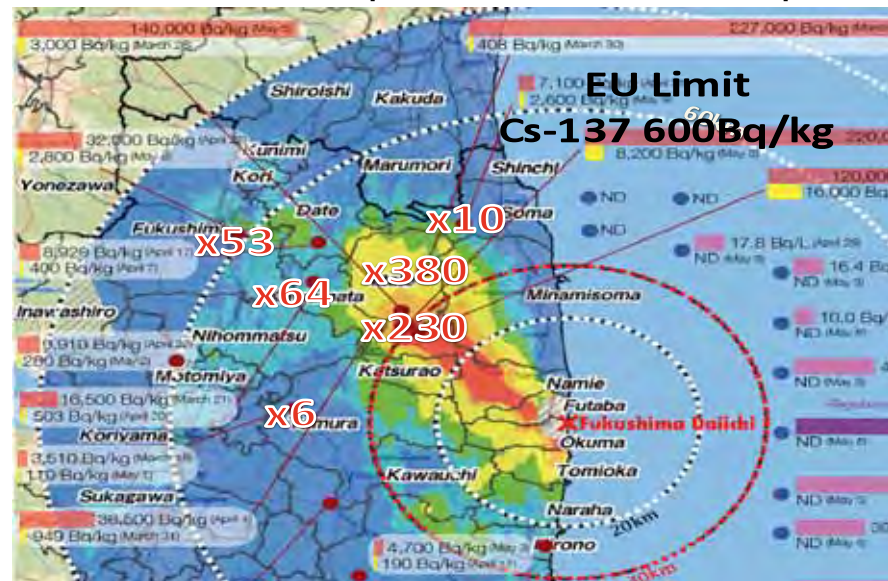
Hohe Strahlung, keine Evakuierung: Kinder am stärksten gefährdet



Grafik 54, Quelle: zVg

Aktivismus statt Hilfe. Mit externen Messungen lassen sich die Alpha- und Beta-Strahlen nicht ermitteln, die durch Luft oder Nahrung in den Körper gelangt sind. Den Kindern wurden keine Jod-Tabletten abgegeben.

Hohe Strahlenwerte und «hot-spots» auch ausserhalb der 30-km-Sperrzone



Grafik 55, Quelle: John Large: Fundamental Flaws in the Worldwide Nuclear Safety Regulatory Regime, Presentation for the European Economic and Social Committee, European Parliament, Brussels 12 December 2011

Strahlenkonzentrationen ausserhalb der Sperrzone überschreiten die geltenden Grenzwerte zum Teil mehr als hundertfach.

«... the government was not providing truth promptly and accurately»

Dass auch in Fukushima systematisch falsch informiert wurde, bestätigt der offizielle Zwischenbericht der Fukushima-Untersuchungskommission unter Leitung von Y. Hata-mura vom 26. Dezember 2011. Darin heisst es wörtlich: «...die Regierung hat die Wahr-heit nicht zügig und genau geliefert»; Regierung und Aufsichtsbehörden verheimlichten Informationen über den Unfall und das Ausmass der ausgetretenen Radioaktivität.^{19,20} «Es wurde folgende Tendenz beobachtet: Die Verbreitung und öffentliche Ankündigung von Informationen über dringende Dinge wurde verzögert, Presseerklärungen wurden zurückgehalten und Erklärungen wurden zweideutig formuliert, was angesichts der Not-lage völlig unangebracht war.»²¹

Die Evakuationszonen wurden nicht gestützt auf die Radioaktivitäts-Daten beschlos-sen,²² sondern nach politischer Opportunität. Das Bild vom «kleinen Unfall» sollte nicht zerstört werden. Besonders tragisch: Der Präsident der Atomaufsicht, Haruki Madarame, hielt die Messwerte von SPEEDI, einem Programm zur Messung der effektiven Strahlen-belastung, während der heissen Phase des Unfalls bewusst zurück.²³

Der Bericht kritisiert weiter falsche Angaben über den Zustand der Reaktorkerne, über den kritischen Zustand von Reaktor 3 (mit Plutonium-haltigen MOX-Brennelementen) und die verharmlosenden Aussagen der Behörden über die Wirkung der Radioaktivität, wie etwa, es gebe «keine unmittelbare Auswirkung auf die Gesundheit», die «schwierig zu verstehen waren», so der Bericht.²⁴

Kapitalfehler der Aufsichtsbehörden wurden bei der Auslegung der Anlagen offenbar: Das Notkontrollzentrum ausserhalb des AKW-Areals war vor Strahlen nicht geschützt (was man stets wusste, aber wogegen man nichts unternahm),²⁵ es fehlte an Strom, an funktionstüchtigen Telefonnetzen und an Verkehrswegen.²⁶

Evakuierungen wurden an die Lokalbehörden delegiert. Diese waren überfordert, wussten nicht, wohin mit den Menschen. Weil die Atombranche einen solchen Unfall nie ernsthaft in Betracht zog, gab es keine Evakuationspläne – es gibt sie übrigens auch in der Schweiz nicht.²⁷

Die Empfehlungen der Kommission: Nicht nur die Reaktoren, sondern auch die Kommu-nikationsnetze und Strassen müssten aussergewöhnlichen Ereignissen wie «Erdbeben usw.» standhalten. Die Bevölkerung müsse über Atomunfälle und über die Wirkung von Radioaktivität aufgeklärt werden, Evakuierungen sollten umfassend vorbereitet und geübt werden, und dies «in einer realistischen Weise mit ernsthafter Beteiligung der Bevölke-rung».²⁸

Was der Bericht so direkt nicht sagt, aber unschwer zu erkennen ist: Das grösste Risiko für die Bevölkerung sind die Aufsichtsbehörden. Sie lieferten zusammen mit der Interna-tionalen Atomagentur (IAEA) die nötigen «Persilscheine» an die Betreiber. Dass schon lange vor dem Unfall massiv geschlampt wurde, hätte die IAEA unschwer feststellen können. Dazu einige Beispiele:

Höhe des Tsunami. Nach dem 11. März behauptete Tepco, eine solche Welle sei «un-vorhersehbar» gewesen. Die Anlagen waren für 5,7 Meter Wellenhöhe ausgelegt. Doch die Schwachstelle war intern längst bekannt. Tepco erkannte schon 2002, dass 15 Meter Wellenhöhe möglich sind, und berief eine Arbeitsgruppe ein, die sich mit der Aufsichts-behörde beriet, wie die Zeitung «Yomiuri Shimbun» am 27. August 2011 berichtet.²⁹ Konkret unternommen wurde aber trotzdem nichts.

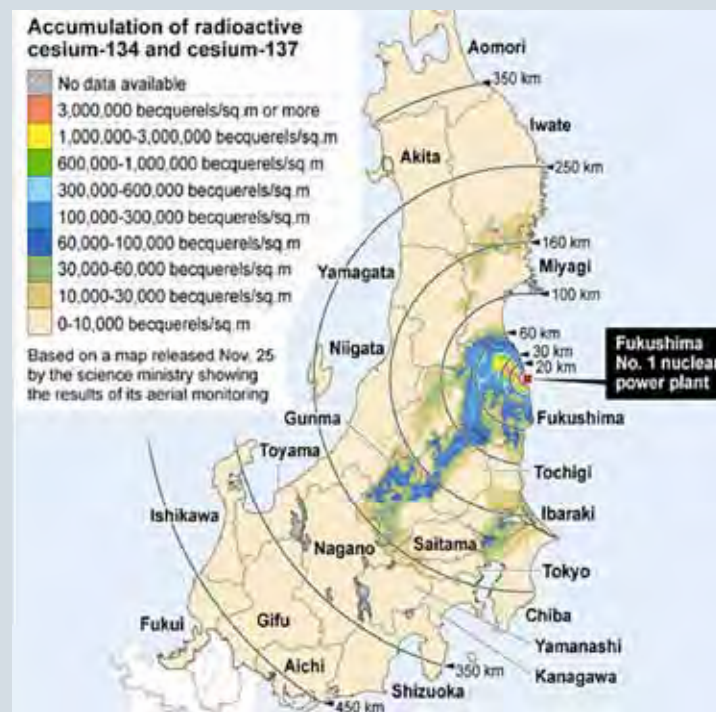
IAEA-Delegation besichtigt den Erfolg ihres Wirkens



Grafik 56, Quelle: IAEA

Experten der Internationalen Atomenergie-Agentur (IAEA) in Fukushima-Daiichi.

Hohe Bodenbelastung auch in den Vorstädten von Tokio



Grafik 57, Quelle: zVg Japanisches Wissenschaftsministerium (25. November 2011)

Die stark belasteten Gebiete sind in Japan dichter besiedelt als in der Ukraine.

Schlamperei, Vertuschung und eine Million Krebstote

Aufsicht toleriert Schwachstellen. Neun Tage vor der Katastrophe teilt Tepco in einem Brief an die Aufsichtsbehörde mit, 33 Teile der Anlage Fukushima-Daiichi nicht ordnungsgemäss inspiziert zu haben, darunter Notstromaggregate, Pumpen, Teile des Kühlsystems. Die Atomaufsichtsbehörde (NISA) räumt daraufhin grosszügige Fristen ein.³⁰ Sie verlängert wenige Tage vor dem 11. März 2011 die Betriebsgenehmigung für Reaktor 1.³¹

Mehr Radioaktivität ausgetreten als bekannt gemacht. Schon am 22. März, 11 Tage nach Beginn der Kernschmelze, schätzen Forscher um Gerhard Wotawa von der österreichischen Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) die radioaktiven Emissionen auf die Hälfte des in Tschernobyl emittierten Cäsiums. Die Daten stammen von den Messungen jener Organisation, die den Atomwaffenteststopp-Vertrag überwacht, der CTBTO. Doch unverdrossen behaupteten die japanischen Behörden, es seien nur sechs bis zehn Prozent Radioaktivität ausgetreten, verglichen mit Tschernobyl.³² Die Aufsichtsbehörden warnen nicht vor den zu erwartenden Gesundheitsschäden. Es werden nicht einmal Jodtabletten an die Bevölkerung verteilt.

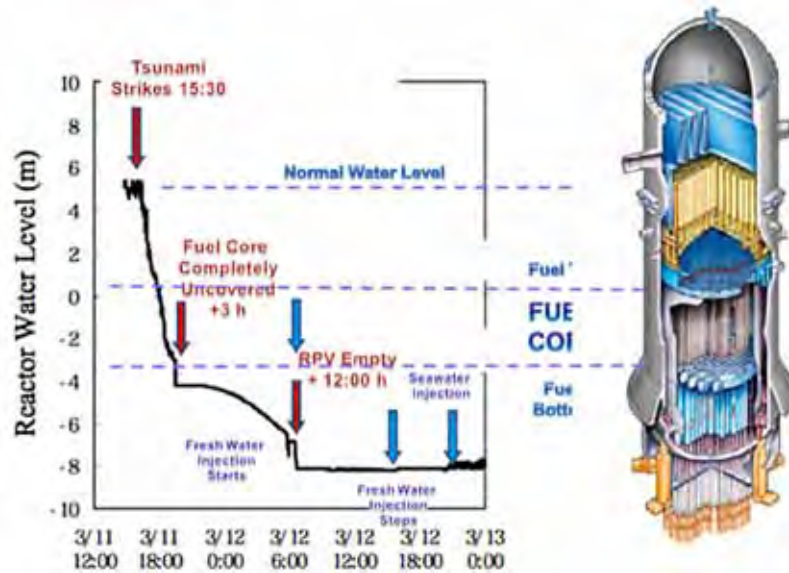
Am 27. März wird im Leitungswasser der 250 Kilometer entfernten Hauptstadt Tokio radioaktives Jod festgestellt. Später weisen Luftfilter von Autos alarmierende Werte von «heissen» radioaktiven Partikeln auf. Ärzte in den USA weisen darauf hin, dass menschliche Lungen solche Partikel in ähnlicher Weise absorbieren wie die untersuchten Autofilter.³³ Der US-Atomexperte Arnie Gundersen (Fairwind Associates), jahrzehntelang als Berater der Atomindustrie aktiv, rechnet deswegen mit einer Million zusätzlicher Krebstoten in Japan.³⁴ Auch die Rettungsmannschaften wurden nicht geschont. Erst im Mai beginnt die Betreiber-gesellschaft Tepco, die etwa 800 Arbeiter im Werk regelmässig medizinisch zu untersuchen. Als Grund der Unterlassung wird eine Anordnung des Gesundheitsministeriums zitiert, solche Untersuchungen seien erst nach Ende der Krise durchzuführen.³⁵

Als schlimmste Unterlassungen nennt der japanische Untersuchungsbericht vom 26. Dezember: (1) Ungenügende Massnahmen gegen vollständigen Stromausfall, (2) keine Planung einer externen Wasserversorgung, (3) keine Vorkehrungen für den Zusammenbruch aller Kommunikationssysteme, (4) fehlende Notfallplanung (Feuerwehr usw.). Sie schreibt, weil ihre Befunde auf Widerstand stossen:

«Es ist paradox, dass die Anstrengung zur Verbesserung und Suche nach erhöhter Sicherheit zu negativen Reaktionen führt, weil diese als Verstoß gegen die frühere Praxis gelten. Es ist nicht einfach zu anerkennen, dass eine absolute Sicherheit niemals existiert, und zu lernen, mit Risiken zu leben. Aber es ist nötig, eine Gesellschaft anzustreben, wo die Risiko-Informationen geteilt werden und wo es der Bevölkerung gestattet ist, vernünftige Entscheide [selber] zu treffen.»³⁶

Die Folge der Falschinformationen während und nach dem Unfall ist ein Vertrauensverlust in der Bevölkerung. Selbsthilfegruppen von Bauern³⁷ und Städtern, zum Beispiel in Kashiwa, Vorstadt von Tokio, messen die Radioaktivität von Lebensmitteln in Läden selber; eine Praxis, die sich gegen ein kleines Entgelt grosser Beliebtheit erfreue.³⁸ Die «Japan Times» berichtet, dass 70 Prozent der Bevölkerung einen Ausstieg aus der Atomenergie befürworten.

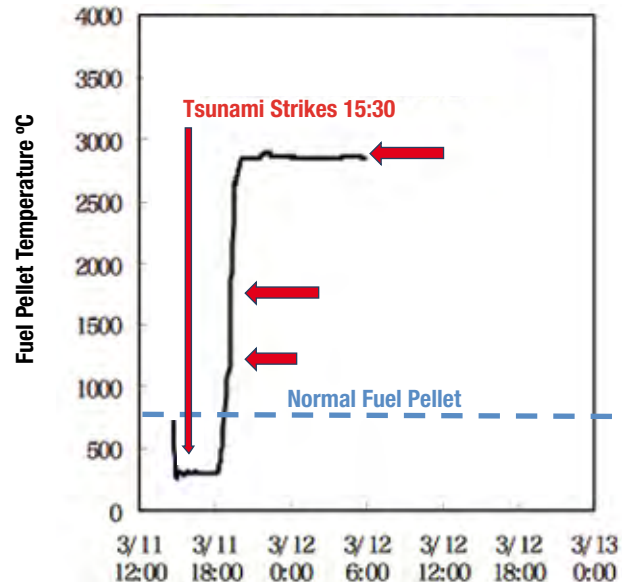
Reaktordruckgefäß und Kühlwasserpegel (Reaktor 1)



Grafik 58, Quelle: Tepco (veröffentlicht am 15. Mai 2011), zVg von John H. Large

Erst am 15. Mai 2011 legte Tepco das rasche Absinken des Kühlwasserpegels offen, der wenige Stunden nach dem Stromausfall zur Kernschmelze führte.

Temperaturverlauf der Brennstäbe, Reaktor 1



Grafik 59, Quelle: Tepco (veröffentlicht am 15. Mai 2011), zVg von John H. Large

Bei Temperaturen von fast 3000 Grad hat Tepco gewusst, dass der Kernbrennstoff schmilzt und aus den Zirkoniumhüllen austritt.

Tepco wusste von der Kernschmelze – von Anfang an

Der unabhängige britische Nuklear-Ingenieur John Large, unter anderem Fachreferent für britische Regierungsstellen und für das Europäische Parlament, hat zahlreiche Beweise zusammengetragen, die zeigen, dass Betreiber Tepco vom Eintritt der Kernschmelze schon ein Tag nach dem Erdbeben wusste. Large spricht von «cover up» (Vertuschung). Messungen von Tepco, offengelegt am 15. Mai, zeigen das Absinken des Kühlwassers und den Temperaturanstieg (Grafik unten) authentisch (Grafik oben). Offengelegt hat Tepco diese Messwerte erst zwei Monate nach Beginn der Katastrophe.³⁹

Large kritisiert, dass Betreiber und Aufsichtsbehörde die Öffentlichkeit nicht schon am ersten Tag über die Kernschmelze informiert haben. Denn wenn die Kühlung nicht mehr funktionierte, das Wasser im Reaktordruckgefäß absank, die Temperatur im Innern auf gegen 3000 Grad anstieg, wusste Tepco sehr genau und von Anfang an, dass das Schmelzen der Reaktorbrennstäbe schon damals nicht zu verhindern war.

Tepco hat dies bis heute nicht bestätigt. Mehr als zwei Monate lang wurde der Vorgang der Kernschmelze bestritten; am 12. Mai erst wurde der Vorgang der Kernschmelze ansatzweise bestätigt.⁴⁰

Im Bericht der Internationalen Atomenergie-Organisation IAEA wird der Sachverhalt nicht einmal erwähnt. Die Erkenntnisse sind aber sehr bedeutsam. Anwohner von Atomkraftwerken müssen in Zukunft damit rechnen, dass schlechte Nachrichten nicht rechtzeitig gemeldet werden, um «Panik zu verhindern».

Ebenso wusste Tepco, dass mit dem weit sichtbaren Rauch sehr viel Radioaktivität austrat. Anwohner, besonders Kinder, hätten rasch und in einem viel weiteren Umkreis evakuiert werden müssen, wenigstens in den ersten Monaten nach Beginn des Unfalls.

Tepco verheimlichte dies aber und sprach bis Mitte Mai von intaktem Containment. Jeder Kernphysiker konnte aber an den ausgetretenen Isotopen ablesen, dass eine Kernschmelze im Gang war.

Die übrigen Aufsichts-Behörden schwiegen ebenfalls oder übten sich in Schönfärberei. So schrieb die Schweizer Aufsichtsbehörde ENSI, die Notfallmassnahmen in Japan seien «vorbildlich abgewickelt worden» (ENSI-Bericht vom 5. Mai 2011).⁴¹ Dabei haben die japanischen Behörden von Anfang an falsch informiert und der Bevölkerung die Verteilung von Jodtabletten vorenthalten. Am 8. Juni gab Tepco zu, dass die radioaktiven Freisetzungen der ersten Woche mehr als doppelt so hoch waren wie zuvor kommuniziert, und dass viele «heisse Partikel» emittiert wurden. Diese Isotope, Caesium, Strontium, Kobalt-60, Plutonium, Uran, gelangen über Luft und Nahrung in den menschlichen Körper, sind nur schwer messbar und verstrahlen die Menschen dauerhaft von innen.^{41a}

Es genügt nicht, die Auswirkungen von Fukushima nur an den extern gemessenen Strahlenwerten festzumachen. Die Gesamtwirkung wird erheblich verschlimmert durch radioaktive Stoffe, die über die Nahrungsaufnahme und Atmung in den Körper gelangen und dort verbleiben.

Erdbeben schädigt Kühlung des Reaktors



Grafik 60, Quelle: Tepco / IAEA

Zahlreiche Indizien bestehen, dass das Erdbeben, und nicht der Tsunami, zum Austritt von Radioaktivität führte.

Zeitbombe AKW Fessenheim, 35 km nördlich von Basel



Grafik 61, Quelle: Expertise Résonance

Das Atomkraftwerk Fessenheim liegt auf derselben seismischen Bruchstelle, die das Erdbeben von Basel verursachte (1356, Magnitude 6,7–7,1, Angaben Schweizerischer Erdbebendienst).

Ursache: Erdbeben?

Der britische Experte John Large vertritt die Ansicht, dass die Versorgung der Brennstäbe mit Kühlwasser im Reaktordruckgefäß bereits durch das Erdbeben beschädigt wurde, und nicht erst durch den Tsunami. Auch die Atmosphärenforscher Andreas Stohl und Gerhard Wotawa datieren den Beginn der kurzlebigen radioaktiven Xenon-Emissionen auf den Zeitpunkt nach dem Erdbeben:

«There is strong evidence that the first strong ^{133}Xe release started very early, possibly immediately after the earthquake and the emergency shutdown on 11 March at 06:00UTC.»

Dies ist deshalb bedeutsam, weil das AKW Fukushima, wie alle japanischen Atomanlagen, schon beim Bau gegen starke Erdbeben ausgelegt war und im Jahr 2008 – wie viele Schweizer AKWs – noch «nachgerüstet» wurde. Dass ein Tsunami die Kühlleitungen zu Bruch bringt, erscheint ohnehin zweifelhaft. Der erste Strahlenalarm erfolgte schon vor Ankunft der grossen Welle. Und das benachbarte AKW Fukushima-Daiichi explodierte nicht, obschon ebenfalls vom Meerwasser überschwemmt. Large, der dies genau untersucht hat, schreibt: «Offensichtlich waren die lokalen Effekte grösser als die seismische Auslegung des Standorts Fukushima-Daiichi, was bedeutet, dass die Neubeurteilung [der Erdbebensicherheit] durch Tepco im Jahr 2008 das Potenzial der seismischen Kräfte grob unterschätzt hat.»⁴³

Der Fukushima-Bericht der Atomagentur IAEA geht den Ursachen des Kühlversagens nicht im Detail nach, empfiehlt aber allen AKW-Betreibern wenigstens «Vorkehrungen gegen Erdbeben, besonders bei den älteren Atomkraftwerken».

Es ist jedenfalls kein Zufall, dass der französische Präsident Sarkozy sofort den Tsunami für den Unfall verantwortlich machte. Ebenso die Schweizer Aufsichtsbehörde: «Alle betroffenen Kernkraftwerke haben die direkten Einwirkungen des Erdbebens gut überstanden ... aus technischer Sicht» sind in Japan «keine unerwarteten, neuartigen Phänomene aufgetreten».⁴⁴ Ist aber das Erdbeben verantwortlich, wären die Folgen weitreichend, auch in der Schweiz, denn die Qualität der vom ENSI gepriesenen Nachrüstungen wäre grundlegend in Frage gestellt.

In der Schweiz wurden viele Fragen öffentlich kaum diskutiert: das genaue Eintreten einer Kernschmelze, die Gefahr neuer Kettenreaktionen (Re-Kritikalität), das Auftreten gefährlicher «hot spots» mit Alpha- und Betastrahlern usw. Das Interesse an den Ereignissen in Japan war zwar riesengross, und der Bevölkerung – jenen, die es wissen wollten – wurden einmal mehr die Augen geöffnet. Doch noch immer fehlt es bei den Aufsichtsbehörden in der Schweiz an jeglicher kritischer Selbstreflexion. Uralt-Atomkraftwerke wie Mühleberg und Beznau werden als «moderne Anlagen» dargestellt, und ihr Betrieb, so scheint es, soll um jeden Preis weitergehen. Dies hat verheerende Folgen für die Bevölkerung in der Nordwestschweiz, die nicht nur durch die Schweizer Atomkraftwerke, sondern auch durch die französischen Anlagen in Grenznähe unmittelbar bedroht ist.

In Fessenheim am Oberrhein, 35 km nördlich von Basel, stehen die beiden ältesten Reaktoren Frankreichs in unmittelbarer Nähe derselben seismischen Bruchstelle, die 1356 das grosse Erdbeben von Basel verursachte (Magnitude 6,7–7,1).⁴⁵ Trotz offensichtlichen Mängeln des Werks, deren Lösung selbst von den französischen Behörden angemahnt wurde, gab die französische Aufsichtsbehörde ASN am 3. Januar 2012 erneut grünes Licht für den Weiterbetrieb der Reaktoren; alle französischen Reaktoren hätten den EU-Stresstest bestanden.

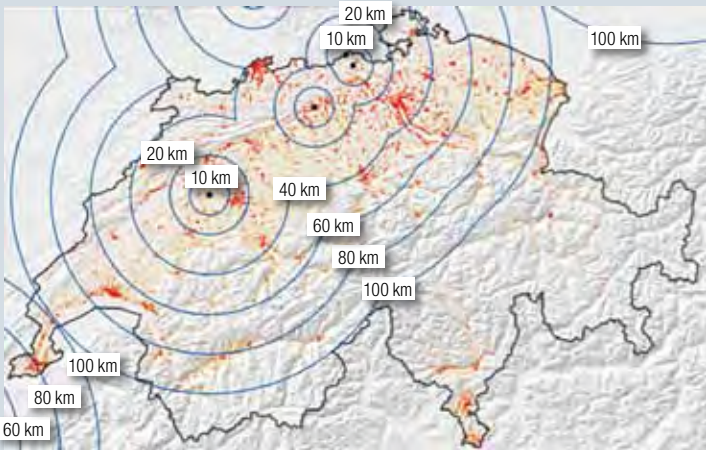
Rund um Fukushima wurden circa 140'000 Menschen evakuiert



Grafik 62, Quelle: zVg

Nur ein kleiner Teil der stark verstrahlten Gebiete wurde evakuiert. Die Lokalbehörden waren völlig überfordert.

Bevölkerungsdichte in der Umgebung von Atomkraftwerken



Grafik 63, Quelle: Straumann (2011)

Bei einer Evakuierung im Umkreis von 30 km müssten in der Schweiz fast eine Million Einwohner evakuiert werden.

Bevölkerungsdichte (nur Schweizer) in der Umgebung von AKWs	Evakuierungszone CH Zone 2, Japan nah, USA nah 20 km	Evakuierungszone Japan mittel 30 km	Evakuierungszone Japan weit Greenpeace 40 km	Evakuierungszone USA weit 80 km
Beznau	303'402	960'731	1'722'639	3'831'780
Gösgen	411'916	877'973	1'686'747	4'369'025
Leibstadt	187'723	589'515	1'457'360	3'742'970
Mühleberg	545'058	887'447	1'248'491	3'229'652
Fessenheim (F)	0	0	215'926	1'279'780
Bugey (F)	(F) 0	0	0	174'461

Grafik 64, Quelle: Straumann, Gefährdung der Bevölkerung der Schweiz durch Kernkraftwerke: Eine Analyse.

Schwachstelle Notfallschutz

Die japanischen Behörden haben nach dem Reaktorunfall einen 12-Meilen-Evakuierungsradius (~19 km) definiert und den Menschen im weiteren Umkreis empfohlen, in den Gebäuden zu bleiben oder ein Gebiet mit Radius von 18 Meilen (~29 km) zu meiden. Ab 25. März 2011 wurden Gebiete im Abstand von bis zu 18 Meilen «freiwillig» evakuiert. Am 11. April wurde auch Iitate (40 km vom Unglücksort entfernt) auf eine Evakuierung vorbereitet. Greenpeace plädierte aufgrund eigener Messungen für eine Evakuierungszone von 40 km.⁴⁶ Die US-amerikanische Atomaufsicht NRC empfahl eine Evakuierungszone von 50 Meilen/80 km für US-Bürger.⁴⁷

Nach schweizerischem Konzept wird die Bevölkerung bei einem atomaren GAU aufgefordert, die Schutzräume vor Ort zu beziehen und in den Häusern zu bleiben. «Eine Evakuierung ist im Notfall gar nicht vorgesehen», so Martin Roth, Leiter des Krisenstabs Basel-Stadt, denn «die Evakuierung der gesamten Bevölkerung würde unsere Mittel übersteigen». Evakuationspläne für 20 oder 30 Kilometer Radius existieren nicht.⁴⁸

Fehlender Notfallschutz. Der fehlende Notfallschutz ist ein neues Problem, das von den Schweizer Aufsichtsbehörden völlig ignoriert wird. Entscheidend sei, dass die Bevölkerung evakuiert wird, bevor Radioaktivität in die Umwelt gelangt, finden die Vertreter des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz.⁴⁹ Dessen oberster Chef, Bundesrat Ueli Maurer von der atomfreundlichen Rechtsaussen-Volkspartei (SVP), verdrängt jedoch das Thema und will darüber nicht sprechen. Er erklärte im Parlament, er wisse auch nicht, wohin man die Menschen evakuieren könne. «Im Moment herrscht eine gewisse Atom-Hysterie», es gebe keinen Grund, die Risiken der Atomenergie neu zu gewichten.⁵⁰

Höhere Bevölkerungsdichte. Das Problem der Schweizer AKWs: In einem Umkreis von 30 km leben 600'000 bis 800'000, in 40 km Umkreis 1,2 bis 1,7 Millionen Menschen. Die potenziellen Opferzahlen in der Umgebung der Atomkraftwerke liegen damit sehr viel höher als in Japan (ca. 140'000 Menschen in 20 km) oder in der Ukraine (135'000 in 30 km Entfernung).⁵¹

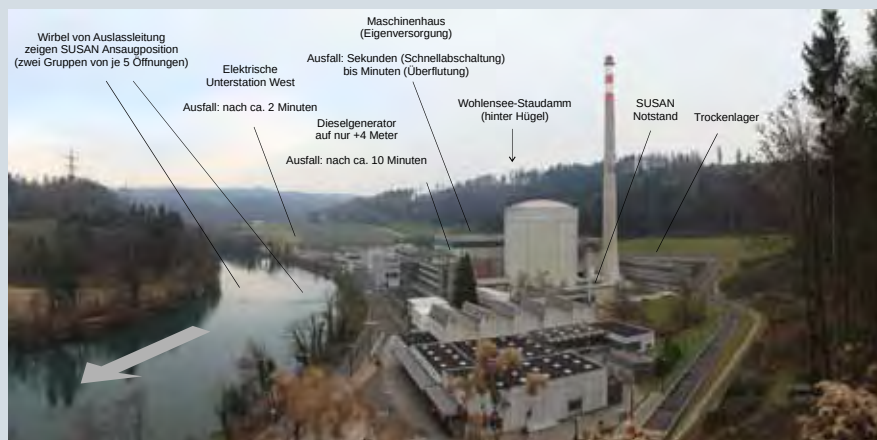
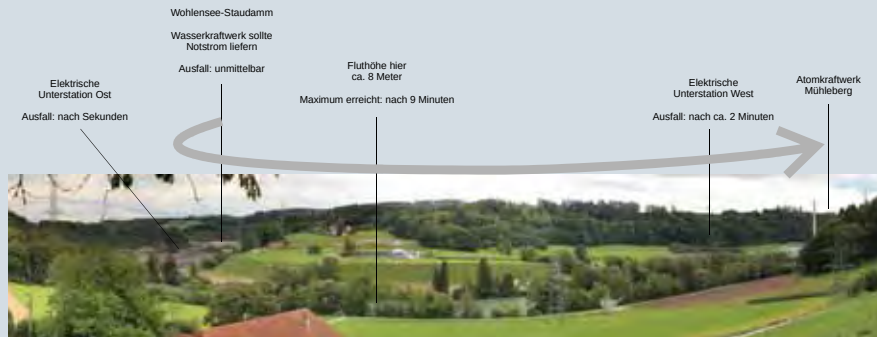
Wohin mit dem Kühlwasser? In Fukushima haben die Betreiber die erhitzten Reaktoren tagelang mit Wasser geflutet, das ins Meer abfloss. In den Reaktoren selber verblieben 110'000 Tonnen hochradioaktives Wasser.⁵² Wie würde man an Flüssen wie Aare oder Rhein bei einer Notkühlung mit dem Kühlwasser umgehen? Wird es in die Flüsse abgelassen, verlieren Millionen von Rheinanliegern ihre Trinkwasserversorgung.⁵³

Weiterer Schwachpunkt: Die Brennelemente-Becken. In Fukushima waren 755 Tonnen Kernbrennstoffe gelagert – etwa fünfmal mehr als in Tschernobyl.⁵⁴ In vielen schweizerischen und französischen Reaktoren lagern riesige Mengen hochradioaktiver Stoffe, viel mehr als im damals eher «jungen» Werk von Tschernobyl. Diese Becken sind auf Erdbeben und Stromausfälle viel weniger ausgelegt als in Japan.

Dass die hiesigen Aufsichtsbehörden vor diesen Risiken die Augen verschliessen und die laufenden Atomkraftwerke nicht grundlegend in Frage stellen, ist keine Überraschung. Sie haben dies immer so getan, indem «Experten» geholt werden, die den Betreibern meistens nahestehen (es gibt in diesem Sektor keine anderen Kunden), und die die kalkulatorischen Wahrscheinlichkeiten so zurechtstutzen, dass der Betrieb auf dem Papier den gesetzlichen Normen genügt.

Tsunami-Gefahr im AKW Mühleberg: Von der Aufsicht nie bemerkt, dann wissentlich toleriert

Illustration und Ablauf Überflutung Atomkraftwerk Mühleberg



Grafik 65, Quelle: Markus Kühni

Bei einem Dammbbruch des Wohlensees könnte das Atomkraftwerk Mühleberg wie von einem Tsunami überschwemmt werden, mit denselben Folgen. Ein Anwohner (Markus Kühni) machte die Aufsichtsbehörden noch vor dem Unfall von Fukushima auf das Risiko aufmerksam. Trotzdem darf Mühleberg weiterbetrieben werden.

Wie uns die Schweizer Atomaufsicht für dumm verkauft

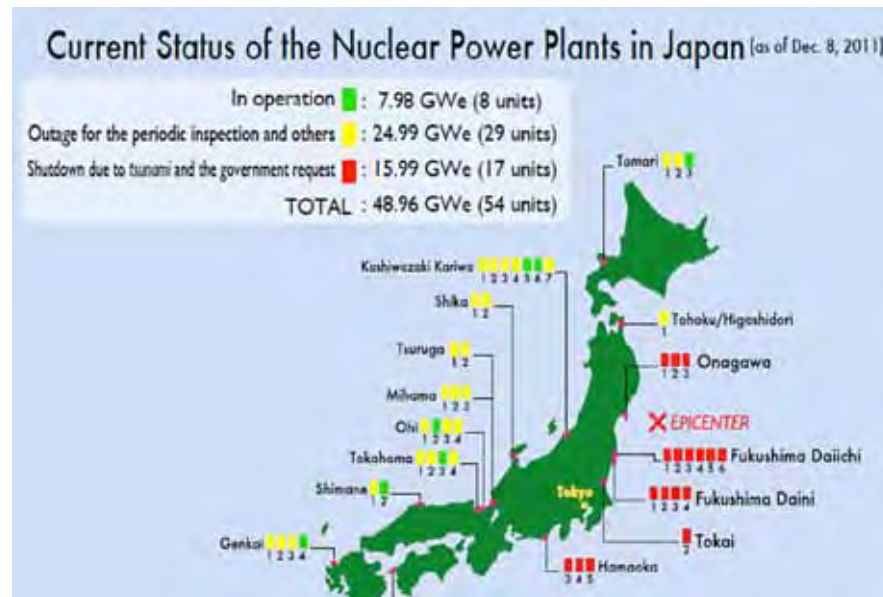
«Sicherheit hat höchste Priorität» – was soll das heissen? Zuständig für die AKW-Sicherheit wäre die Atomaufsicht ENSI. Früher hiess sie HSK. Besonders umstritten in der Schweiz ist das AKW Mühleberg, das nie auf Flugzeugabstürze ausgelegt wurde und beim Bau nur auf Erdbeben der Magnitude 5 vorbereitet wurde.⁵⁵

- In den 90er Jahren hiess es auf der HSK-Homepage: «Der Direktaufprall eines Flugzeuges auf das Reaktorgebäude von KKM [M= Mühleberg] würde dieses beschädigen, den Ausfall von Sicherheitssystemen verursachen und könnte somit zum Schmelzen von Brennelementen führen.» Bis zum Jahr 2001 galt das Werk als Flugzeugabsturz-gefährdet, doch man sah die Wahrscheinlichkeit als gering an, sodass das Werk weiter betrieben werden durfte. Nach dem Terroranschlag vom 11. September 2001 verschwand dieser Text von der HSK-Homepage. Ein neues Gutachten wurde bestellt. Es «bewies»: «Mühleberg ist flugzeugabsturzsicher.» Das Containment war zwar das gleiche wie zuvor. Doch aus dem absturzgefährdeten AKW wurde über Nacht eine «sichere Anlage». Ohne die Meinungsänderung der Aufsichtsbehörde hätte Mühleberg schliessen müssen. Die Aufsichtsbehörde kuschte, vor den Betreibern.
- Beispiel Kernmantel.** Der Kernmantel in Mühleberg hat Risse. 1996 war er zu 68 Prozent durchgerostet,⁵⁶ inzwischen sind die Risse durchgehend. In «Fukushima» musste der Kernmantel auf Anordnung der Behörden ersetzt werden. In der Schweiz wollen dies weder die Aufsichtsbehörden noch die Betreiber. Stattdessen wurden «Zuganker» montiert. Im Jahr 2006 kritisierte «TÜV Nord» diese Reparatur in einem geheimen Bericht: «Die uneingeschränkte Sicherheit des Werkstoffs Inconel X-750 gegenüber IGSCC (intergranulare Spannungsrissskorrosion) kann aufgrund der Schäden an artgleichen Zugankerkonstruktionen in anderen Anlagen bei vergleichbaren Einsatzbedingungen nicht bestätigt werden.» Die Zuganker können sowohl im Normalbetrieb wie im Störfall versagen. «Aufgrund dieser Erkenntnisse kommen wir zu dem Ergebnis, dass der Erhalt der Integrität der Kernmantel-Zugankerkonstruktion im Betrieb und bei Störfällen nicht uneingeschränkt vorausgesetzt werden kann. Es ist daher nach unserer Einschätzung das Versagen eines oder mehrerer Zuganker nicht auszuschliessen.»⁵⁷ Jahrelang blieb dieser Bericht geheim, inzwischen hat ihn die «Wochenzeitung» trotz Strafandrohung veröffentlicht. Die Aufsichtsbehörde teilt zwar die Meinung des TÜV, bewilligt den Betrieb aber trotzdem weiter.
- Beispiel Erdbebensicherheit.** Im Jahr 2004 legte der Pegasos-Bericht offen, dass alle Schweizer AKWs punkto Erdbebensicherheit defizitär seien. Das Risiko liege doppelt so hoch wie bisher angenommen. Auch dieser Bericht blieb lange geheim. Unzählige Male wurde im Parlament nachgefragt, wann die Ergebnisse publik würden. 2007 war es so weit. Nun hiess es bei der Veröffentlichung, man habe alles Nötige bereits vorgekehrt. Fakt ist, dass wenig getan wurde, weil wirksame Verbesserungen am Containment viel zu teuer wären. «Seit 2007 läuft unter der Federführung der Dachorganisation swissnuclear das PEGASOS Refinement Project (PRP). Dieses dient dazu, die Gefährdungsannahmen für Erdbeben noch detaillierter als bisher zu ermitteln» heisst es auf der ENSI-Homepage.⁵⁸ Die Betreiber selb übernehmen die Federführung, untersuchen weiter, und tun so, als ob sie etwas täten. Die Aufsichtsbehörde kuschte, und die Risiken werden weiter toleriert.

Fazit: Die Aufsichtsbehörde ENSI schützt die Betreiber, nicht die Bevölkerung. Auch unter der neuen Leitung von Hans Wanner wird behauptet, Atomkraftwerke seien vor Erdbeben, Flugzeugabstürzen und Terroranschlägen «sicher». Oder es wird ausgewichen: Eine unmittelbare Gefährdung bestehe nicht. Das sagten stets auch die japanischen Behörden. Sicher sind die Schweizer Anlagen nur innerhalb einer bestimmten Bandbreite. Wer tautologisch jeden Betriebszustand für «unmittelbar ungefährlich» erklärt, akzeptiert in Wahrheit jedes Risiko und spielt auf Zeit. Dass die gesetzlichen Normen so noch erfüllt sind, lässt sich nicht mehr erkennen. Der Auftrag der Aufsicht bestünde gerade darin, diese Werke zu schliessen, bevor ein Unfall passiert. Nachher ist es zu spät.

Unfalljahr	Reaktor	Reaktortyp, Leistung, Inbetriebnahme
1979	Three-Mile-Island 2, Pennsylvania USA	Druckwasser-Reaktor, 900 MW, 1978
1986	1986 Tschernobyl Block 4, Ukraine	Graphitmoderierter Reaktor, 1000 MW, 1983
2011	Fukushima-Daichi 1, Japan	Siedewasser-Reaktor, 439 MW, 1971
2011	Fukushima-Daichi 2, Japan	Siedewasser-Reaktor, 760 MW, 1974
2011	Fukushima-Daichi 3, Japan	Siedewasser-Reaktor, 439 MW, 1976

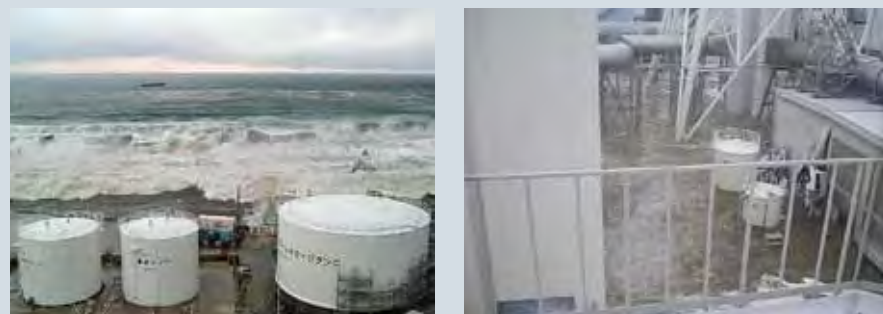
Atomanlagen in Japan (2011)



Grafik 66, Quelle: Japan Atomic Industrial Forum / John Large

In Japan waren im Dezember 2011 46 von 54 Atomkraftwerken aus Sicherheitsgründen abgeschaltet. In der Schweiz lässt die Atomaufsicht auch die ältesten Werke weiter laufen und erklärt sich für Schliessungen als nicht zuständig.

Der Tsunami überflutet das Atomkraftwerk



Grafik 67, Quelle: Tepco

Die 15 m hohe Welle deckt Teile des Atomkraftwerks fast ganz zu. Dasselbe könnte in Mühleberg bei einem Erdbeben auch passieren, wenn der überliegende Damm bricht.

Erkenntnisse aus Fukushima (I)

Trägerische Wahrscheinlichkeiten. Atomrisiken haben eine viel grössere Wahrscheinlichkeit des Eintretens, als die «Atomgemeinde» suggeriert. Nach Fukushima steht fest: die «Probabilistik» der hoch bezahlten «Experten» erweist sich als reine Schutzbehauptung, sie ist in Wirklichkeit Makulatur. Weltweit standen Ende 2011 noch 435 Atomreaktoren in Betrieb. Seit Beginn der kommerziellen Nutzung (1956) ereignete sich fünfmal ein Super-GAU, ein Grösster Anzunehmender Unfall, der nicht mehr beherrscht wird.

Das Risiko des GAUs liegt statistisch bei 1,15 Prozent (5 Fälle auf 435 Reaktoren). Für die Schweiz mit fünf Reaktoren beträgt es 5mal 1,15 Prozent = 5,75 Prozent oder 1:17,4. Rechnet man die beiden Reaktoren von Fessenheim dazu, steigt es auf 8 Prozent oder 1:12,5. Die Wahrscheinlichkeit liegt hunderttausend Mal höher als die Schätzung der Atomlobby, die stets behauptete, ein solcher Unfall ereigne sich einmal in einer Million Jahren (Wahrscheinlichkeit 1:1'000'000). Zum Vergleich: Das Risiko, in der Schweiz Opfer eines tödlichen Verkehrsunfalls zu werden (2009: 349 Personen von 7,5 Millionen Einwohnern), liegt bei 1:21'489. Die Nuklearexperten der ETH sehen dies ganz anders. ETH-Professor und ENSI-Rat-Mitglied Horst-Michael Prasser erklärte 2008:

«Unser Wissensstand ist heute nahezu perfekt...Reaktoren enthalten ein enorm hohes radiotoxisches Gefahrenpotenzial. Leider wird es keine Nutzung der Kernspaltung ohne den Umgang mit grossen Mengen radioaktiver Stoffe geben. Doch wir haben gelernt zu verhindern, dass diese freigesetzt werden können....Probabilistische Sicherheitsanalysen kommen für KKW's der dritten Generation auf eine Wahrscheinlichkeit in der Grössenordnung von 10^{-7} Ereignissen pro Jahr – ein Ereignis alle 10 Millionen Jahre. Das bezeichnet jedoch lediglich die Wahrscheinlichkeit eines Kernschadens, nicht die Wahrscheinlichkeit für den Austritt von radioaktiven Stoffen, welcher eine grossräumige Evakuierung nötig machen würde. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Gebiet durch eine Kernschmelze mit grossen Mengen an Radioaktivität verseucht wird, liegt nochmals etwa zwei Grössenordnungen tiefer, also bei einem Ereignis alle Milliarden Jahre.»⁵⁹

Ende März 2011 erklärte Prasser dann:

«Ich hatte es leider versäumt, in dem Interview die genauen Randbedingungen für die angegebene Zahl zu benennen.»⁶⁰

Alle Atomaufsichten der Welt operieren mit probabilistischen Modellen. Der Trick dabei: Die inhumanen Folgen von Störfällen werden mit extrem kleinen Wahrscheinlichkeiten multipliziert und so kleingerechnet, dass sie statistisch ausser Betracht fallen. Diese Rechnung geht aber nur auf, solange die Wahrscheinlichkeiten stimmen. Dass dies nicht länger der Fall ist, versteht zwar jedes Kind, nicht aber unsere Atomaufsicht, die aus ihren grandiosen Fehlkalkulationen keine Konsequenzen ziehen will.

Keiner hat dies so klar erkannt wie der bayrische Ministerpräsident Horst Seehofer (CSU). Man solle jetzt «nicht berechnen, wie wahrscheinlich es ist, dass ein Großraumflugzeug exakt auf ein Kernkraftwerk fällt, sondern fragen, ob es möglich ist». In Deutschland werden die Atomrisiken mit den tatsächlichen Wahrscheinlichkeiten eskomptiert, nicht mehr mit den Fantasien von Experten. Die einzige Währung, die zählt, sind definitive Schliessungen und gesetzliche Schliessungstermine. Ein logischer Schritt, der im Ausland, wo man gläubig die Botschaften der Pro-Atom-PR-Agenturen herunterbetet, als «emotional» kritisiert wurde.

Strahlenbelastung im Juni 2011



Grafik 68, Quelle: Yukio Hayakawa / Gunma University

Die Karte der Universität Gunma zeigt, dass erhöhte Strahlenwerte auch in den Vorstädten Tokios verzeichnet werden. Geigerzähler messen nur die externe Gamma-Strahlung, nicht aber die «heissen Partikel», welche die Menschen einatmen oder essen.

Erkenntnisse aus Fukushima (2)

Untragbare Risiken vermeiden. Wenn Ereignisse zwar selten, aber unerträglich schädlich und erst noch unversicherbar sind, dann sollte das Risiko nicht länger zugelassen werden. Die völlige Zerstörung eines AKWs wegen Stromausfall trat ein. Ein solches Risiko ist für die Schweiz untragbar. Die Landesregierung hat dies verstanden und den Ausstieg bekannt gegeben. Die richtigen Konsequenzen wurden aber erst hinsichtlich neuer Atomkraftwerke gezogen. Bei den in Betrieb stehenden AKWs legt die Landesregierung eine merkwürdig apathische Haltung an den Tag, die den Willen zum Ausstieg unterlaufen könnte. Wenn ein AKW Mühleberg – vom Bautyp fast identisch mit «Fukushima» – nach 40 Jahren Laufzeit eine unbeschränkte Betriebsbewilligung erhält, dann haben die Behörden die Bedeutung eines GAUs für die Schweiz noch immer nicht erfasst.

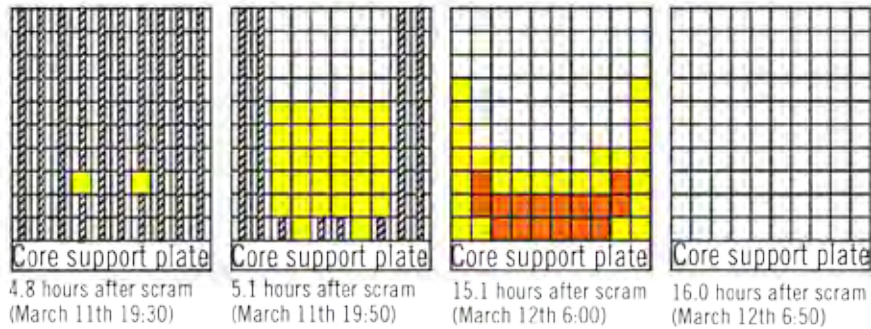
Wenn ein Risiko akzeptabel sein soll, dann müssen auch die Konsequenzen tolerabel sein. In Fukushima war es eine Kombination aus Erdbeben, Tsunami-Wellenhöhe, Stromausfall und Ausfall der Notstromaggregate. Die Aufsichtsbehörden hielten eine solche Kombination für derart unwahrscheinlich, dass sie sie vernachlässigten. Deshalb wurden auch keine Notfallpläne erstellt.⁶¹ Dieselben Fehler wiederholt nun die Schweizer Atomaufsicht ENSI. Die Wahrscheinlichkeit eines Flugzeugabsturzes oder eines Dammbruchs durch Erdbeben am oberliegenden Stausee (Wohlensee), die das Kühlsystem unterbrechen könnten, wird weiter so lange kleingerechnet, bis die Wahrscheinlichkeit mit den gesetzlichen Grenzwerten übereinstimmt.

Zu den Fehlüberlegungen gehört auch, dass die Folgen eines GAUs heruntergespielt werden. Die Schweizer «Referenzszenarien für den Notfallschutz» sehen im schlimmsten Fall eine externe Dosis von 0,7 Millisievert innert acht Stunden vor. Die japanischen Strahlen-Karten vom Juni 2011 deuten darauf hin, dass diese Dosis in der nahen Umgebung von Fukushima weit überschritten wird. Damit erweisen sich auch die bisherigen Schweizer Notfallkonzepte als Makulatur.

Personen in den dunkel, gelb und rot markierten Gebieten (Karte), insgesamt gegen 10'000 km², erlitten eine messbare externe und eine unbekannt hohe interne Strahlendosis, die den Grenzwert von 1 Millisievert weit überschritt. Statt zu evakuieren hiess man die Menschen zuzuwarten. Anschliessend erhöhte die japanische Regierung die zulässigen Grenzwerte auf das 20-fache, um Evakuierungen zu vermeiden. Über 50 Jahre Lebensjahre summiert sich eine Jahresdosis von 20 Millisievert auf 1 Sievert, was nach den Schätzungen der ICRP (Internationale Strahlenschutzkommission) bei 5% der Betroffenen zum vorzeitigen Tod durch Krebs, bei 1% zu nicht-tödlichem Krebs und bei 1,3% der Bevölkerung zu genetischen Defekten führt.⁶² Diese Werte sind jedoch umstritten. Auch die ICRP gilt als Teil der Atomlobby, und neuere Untersuchungen gehen von viel höheren Schäden aus.⁶³

Um 20 Millisievert jährlich zu erreichen, genügen relativ geringe Werte von je 1,15 Mikrosievert interne und externe Verstrahlung pro Stunde (orange, rote und braune Gebiete). Im Oktober 2011 meldete die «Neue Zürcher Zeitung», 76 Prozent der Schulen in der Stadt Fukushima lägen über der «ohnehin hohen Limite» von 3,8 Mikrosievert pro Stunde.⁶⁴ Deshalb ist die Schätzung von einer Million Krebstoten (Arnie Gundersen) möglicherweise zu tief.

Verlauf der Kernschmelze in Reaktor 1



Grafik 69, Quelle: John H. Large

Die Kernschmelze in Reaktor 1 begann am 11. März um 19.30 Uhr; bis am nächsten Morgen sammelte sich der Kernbrennstoff am Boden des Reaktordruckgefässes.

Eine Geste der Entschuldigung? Die japanischen Atomkraftwerke sollen trotzdem weiter laufen



Grafik 70, Quelle: Tepco (2011)

Der Tepco-Verwaltungsratsvorsitzende Tsunehisa Katsumata (Zweiter von rechts) und weitere Tepco-Manager verbeugen sich an einer Pressekonferenz. Auf Atomenergie wollen sie nicht verzichten.

Die Exponenten der Atomlobby in der Schweiz



Grafik 71, Quelle: zVg

Die Chefs der drei Schweizer Atomkonzerne Axpo, Alpiq und BKW wollen auch nach Fukushima nicht auf alte und neue Atomkraftwerke verzichten: Heinz Karrer, Giovanni Leonardi (Rücktritt 2011), Kurt Rohrbach (rechts).

Erkenntnisse aus Fukushima (3)

Verursacherprinzip wiederherstellen. In vielen Provinzen Japans finden genaue Messungen der Radioaktivität erst noch statt. In den Bezirken Ryozenmachi, Kamioguni, Shimooguni und Tsukidatemachi überstieg die radioaktive Strahlung den von der Regierung festgelegten Grenzwert von 20 Millisievert pro Jahr. Möglicherweise sieht die Strahlenkarte am Ende aus wie ein Leopardenfell. Inzwischen finden – wie in Tschernobyl – auch in Dörfern weit vom Unfallort entfernt Zwangsevakuationen statt.⁶⁵

Der Schweizer Publizist Beat Kappeler zieht beim Unfall von Fukushima Parallelen zur Finanzkrise: «Verschiedene Ereignisse traten ein, die man vorher als gegenseitige Bremsung oder Kompensation, nicht als Steigerung eines Unglücks einstufte. So fielen in der Finanzkrise die gemäss Theorie weitgestreuten, <diversifizierten> Anlagen dennoch alle gleichzeitig ins Bodenlose – die Rohstoffe, das Gold, Aktien, Hypotheken-Pakete, Immobilien – und gleich auch die Versicherung AIG, die gegen solche Ausfälle Schutz bieten sollte.»⁶⁶ In der Finanzwirtschaft wurden daraus durchaus Lehren gezogen, verbesserte Eigenmittelvorschriften, Schaffung von Wandelobligationen in Milliardenhöhe, die die Grossbanken im Falle einer Existenzkrise mit neuem Kapital versorgen.

Besonders bedenklich ist, dass es trotz «Fukushima» keinerlei Anstrengungen gibt, die Haftung der Atomindustrie wirksam zu verstärken. Die Prämien für die geltende Haftpflichtversicherung von 1,8 Milliarden Franken in der Schweiz liegen nahe bei 0,1 Rp./kWh. Bei einem GAU wären die Kosten zu weniger als einem Tausendstel gedeckt. Konkret: Die direkt Betroffenen verlieren alles, was sie haben: Haus, Arbeit, Gesundheit. Riesige Verluste hätten auch die institutionellen Anleger, die in den fraglichen Gebieten in Liegenschaften investiert haben.

Würde man endlich wie im Finanzsektor handeln, wären ganz andere Massnahmen angesagt als ein paar zusätzliche Inspektionen: Die Betreiber müssten sofort höhere Eigenmittel bereitstellen; ein Eigenkapital oder Garantiekapital (vorfinanziert über Obligationen) von 20 Milliarden pro Atomkraftwerk wäre das Mindeste, was man verlangen müsste, dazu eine Ersatzabgabe für weitere ungedeckte Risiken von mindestens 5–10 Rp./kWh Atomstrom, deren Ertrag die KEV-Umlage senken und so den Ausbau der erneuerbaren Energien beschleunigen könnte. So lange solches nicht passiert, werden sich die AKW-Betreiber mit der Lüge vom «billigen Strom» brüsten. Fukushima lehrt: Die Aufsichtsbehörden schenken keinen reinen Wein ein, verschweigen die zu erwartenden Opferzahlen, beschönigen die Wirklichkeit. Sie haben gar nichts im Griff, nicht einmal eine ehrliche Information der Bevölkerung.

Fukushima lehrt weiter: Die Behörden können den versprochenen Schutz vor Atomunfällen (Hans Wanner, ENSI: «Unsere Kernkraftwerke sind sicher») in Wirklichkeit nicht gewährleisten. Sie sollten deshalb nicht länger die Illusion pflegen, ein solcher Unfall käme nicht vor oder liesse sich ohne dauerhafte Evakuierungen bewältigen. Sie sollten offenlegen, dass bei einem solchen Unfall Hunderttausende für immer zügeln müssten und dass viel mehr Leute als in Japan oder in Russland an Krebs erkranken würden, weil die Bevölkerungsdichte in der Schweiz viel höher ist.

Hoch radioaktives Wasser fließt ins Meer



Grafik 72, Quelle: Tepco (Dezember 2011)

Aus einem Leck entweicht im Dezember 2011 hoch radioaktives Kühlwasser ins Meer. 150 Liter enthielten laut Tepco 26 Milliarden Becquerels (Strontium 89 und 90 sowie Cäsium 134 und 137).

Kleine Strahlendosen kumulieren sich

Stunden-emission Mikrosievert	Millisievert Dosis pro Jahr	kumulierte Strahlung über 50 Jahre in Millisievert	Anzahl erwar- tete Todesopfer durch Krebs pro Million Einwoh- ner (ICRP)	Anzahl nicht tödliche Krebs- erkrankungen pro 1 Million Einwohner (ICRP)	Anzahl genetische Defekte pro 1 Million Einwohner (ICRP)
0.25	2.19	109.5	5475	1095	1423.5
0.5	4.38	219	10'950	2190	2847
1	8.76	438	21'900	4380	5694
2	17.52	876	43'800	8760	11'388
4	35.04	1752	87'600	17'520	22'776
8	70.08	3504	175'200	35'040	45'552
Opfer bei Strahlendosis von 1 Sievert			5%	1.00%	1.30%

Grafik 73: Kleine Strahlenmengen kumulieren sich mit der Zeit. Die Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) spricht von 5 % zusätzlichen Krebstoten bei einer Dosis von 1 Sievert. Andere Organisationen beziffern die Schädigungen weit höher. Quelle: Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) (2007), Seite 53.

Menschliche und ökonomische Kosten von Fukushima

Der Unfall hat auch den Besitzer Tepco wirtschaftlich vernichtet, doch viele Angestellte bleiben aktiv im Atomgeschäft, auf Staatskosten. Am 2. Juni 2011 wurden die Tepco-Aktien auf Junk-Bond-Status gesetzt, die Marktkapitalisierung stand am 10. März 2011 noch bei 40 Milliarden Franken.⁶⁸ Tepco erhielt wenige Wochen nach dem Unfall staatliche Milliardenkredite. Im Juli 2011 erklärte Tepco, die Aufräumarbeiten würden «noch über die nächsten Jahrzehnte» andauern. Mit der Entnahme der geschmolzenen Brennstäbe werde frühestens im Jahr 2021 begonnen, und es seien neue Technologien erforderlich.⁶⁹ Im Dezember 2011 kündigte die japanische Regierung an, Tepco zu verstaatlichen.

Kostenschätzungen für den Unfall von Fukushima	
1 Mio. zusätzliche Krebstote, 2 Mio. Franken pro Leben	2000 Mrd. CHF
Dekontaminierung von Gebieten > 1 Millisievert ⁷⁰	313 Mrd. CHF
Vernichtung des Börsenwerts von Tepco ⁷¹	40 Mrd. CHF
Kosten der Ersatzbrennstoffe (nur Tepco, für 5 Jahre) ⁷²	45 Mrd. CHF
Aufräumarbeiten Fukushima-Daichi (Mittelwert) ⁷³	100 Mrd. CHF
Entschädigung der von Evakuierung Betroffenen ⁷⁴	130 Mrd. CHF
Total (Schätzung)	2628 Mrd. CHF

Der Unfall von Fukushima-Daiichi kostet nach der Schätzung des US-Atomexperten Arnie Gundersen (Fairwind Associates) rund 1 Million Menschenleben.⁶⁷ Setzt man pro zusätzlichen Krebstoten etwas willkürlich einen Wert von 2 Millionen Franken fest, summieren sich die menschlichen Kosten auf 2000 Milliarden Franken. Doch die meisten Krebserkrankungen werden nicht zu Entschädigungszahlungen führen, weil der Zusammenhang wohl statistisch nachgewiesen werden kann (vorausgesetzt, die Daten werden nicht verheimlicht), aber im Einzelfall nicht kausal zu Entschädigungen führen. Die 2000 Milliarden «menschlicher Schaden» werden somit nie bezahlt, und Geld ist sowieso ein schlechter Ersatz für Menschenleben.

Die übrigen 628 Milliarden Franken geschätzte Kosten sind noch immer beträchtlich, und sie könnten weiter steigen. Die Regierung richtete mit der «Lex Tepco» einen Unterstützungsfonds für Entschädigungen und Aufräumarbeiten ein (Nuclear Damage Compensation Facilitation Corporation). Er wird über staatlich garantierte Anleihen finanziert. Japanische Stromversorger und Tepco sind zahlungspflichtig, doch in Wirklichkeit kommt der neue Eigentümer von Tepco – der Staat – für die meisten Kosten auf. Die Atombetreiber entgehen einmal mehr dem Verursacherprinzip.⁷⁵ Die Regierung hat die Anhebung der Mehrwertsteuer bereits angekündigt.⁷⁶

Noch ungeklärt sind die Kosten für den Ersatz der stillstehenden Atomkraftwerke. Es ist nicht ausgeschlossen, dass sich nun in Japan eine Dialektik wie in Deutschland ergibt, die den Ausbau von erneuerbaren Energien rasch in Angriff nimmt, parallel zur Reduktion der Leistung von Atomkraftwerken. Immerhin erwägt die Regierung eine Entbündelung des Stromsektors analog dem Strombinnenmarkt der EU. Ob es so weit kommt, ist offen, und der Aufbau der erneuerbaren Energien könnte angesichts der Widerstände des Atom- und Strom-Establishments auch viel langsamer vor sich gehen als in Europa.

Reaktor 3, 21. März 2011



Grafik 74, Quelle: Tepco (2011)

In Reaktor 3 befinden sich plutoniumhaltige MOX-Brennstäbe, wie sie auch in den Schweizer Atomreaktoren eingesetzt werden.

Kontrollraum Reaktor 1



Grafik 75, Quelle: Tepco

Der Kontrollraum in Reaktor 1 am 29. März 2011. Die Monitore zur Steuerung sind erloschen, die Arbeitsplätze verlassen.

Das Vertrauen ist weltweit angeschlagen

Federführend bei der Verharmlosung von Atomrisiken ist in der Schweiz die «Neue Zürcher Zeitung». Sie behauptet neun Monate nach «Fukushima» die Schweizer Atomkraftwerke seien «robuster als angenommen». Das war schon immer so. Im Jahr 1980, ein Jahr nach der Kernschmelze von «Three Mile Island», schrieb «NZZ»-Wissenschaftsredaktor Lucien Trueb nach dem Besuch in Fukushima-Daiichi über «Japans weitsichtige Energiepolitik» (Neue Zürcher Zeitung 11./12. Oktober 1980, Nr. 237):

«Das permanente Leitmotiv ist überall Sicherheit: Ihm wird in typisch japanischer Weise mit geradezu fanatischer Akribie nachgelebt. Japan ist mit den strengsten nuklearen Sicherheitsvorschriften der Welt (gesegnet); sie gehen weit über international anerkannte Normen hinaus. Bei der trivialsten Störung wird der Reaktor wochenlang stillgelegt: Dazu kommt noch die vorgeschriebene Wartungs- und Inspektionsperiode von drei Monaten im Jahr. (...)».

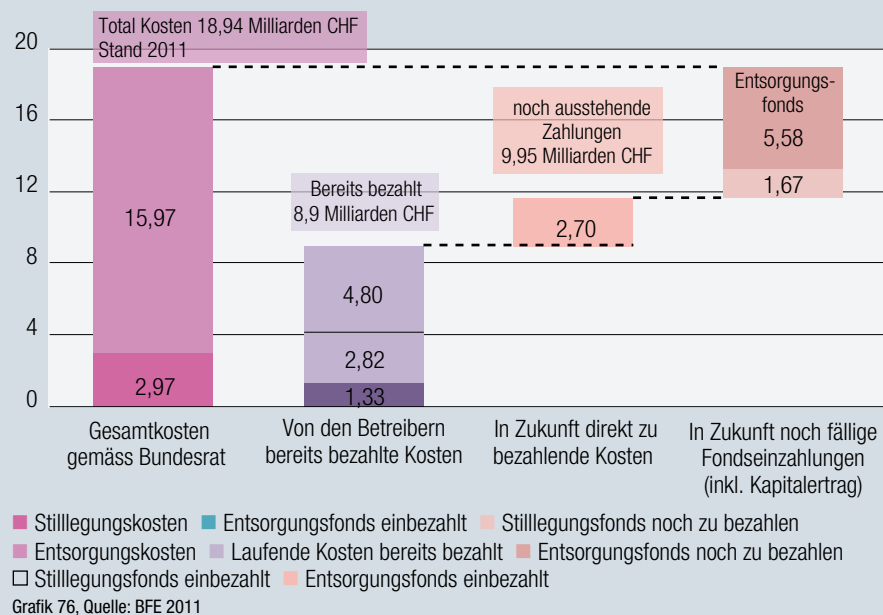
Die Erdbebenrisiken sind in Europa bestimmt geringer als in Japan. Dafür sind hier viele AKWs schwächer ausgelegt. Beim schwedischen Atomkraftwerk Forsmark fielen im Juli 2006 ganz ohne Erdbeben wesentliche Teile des Notkühlsystems und der Steuerung aus. Schweden, das sich lange der angeblich «weltbesten Sicherheitsstandards» rühmte, entging nur knapp einer Kernschmelze.

Bedenklich: Noch nie wurde ein Werk in der Schweiz von den Aufsichtsbehörden längere Zeit abgestellt, es sei denn, es erlag wie im Versuchsreaktor Lucens einem Unfall. «Bis Ende 2012 sollen neue Daten zur Berechnung der Gefährdung der Schweizer Kernkraftwerke durch Erdbeben vorliegen», heisst es auf der Homepage des ENSI.⁷⁷ Man spielt immer auf Zeit – und verzichtet auf Konsequenzen.

Die Federführung in Sachen «Verfeinerung» liegt bei der Lobbyorganisation «Swiss-nuclear». Diese hat selbstverständlich wenig Interesse an Nachrüstungskosten. In der Schweiz ist nicht erkennbar, wer wen beaufsichtigt. Die Regulierungsbehörde ist Teil der Atomwirtschaft geworden, faktisch willenlos, wenn es um Stilllegungen geht, ein Sicherheitsrisiko, das nie einem Stresstest unterzogen wird. Beim ENSI ist das wenig Wahrscheinliche weiterhin kein Thema. «Die Schweizer Kernanlagen sind sicher», erklärt der Chef Aufsichtsbehörde am 31. Oktober 2011, man könne aus Fukushima dazulernen.⁷⁸ Der deutsche Strahlenschutzexperte Stefan Pflugbeil kommentiert dies so:

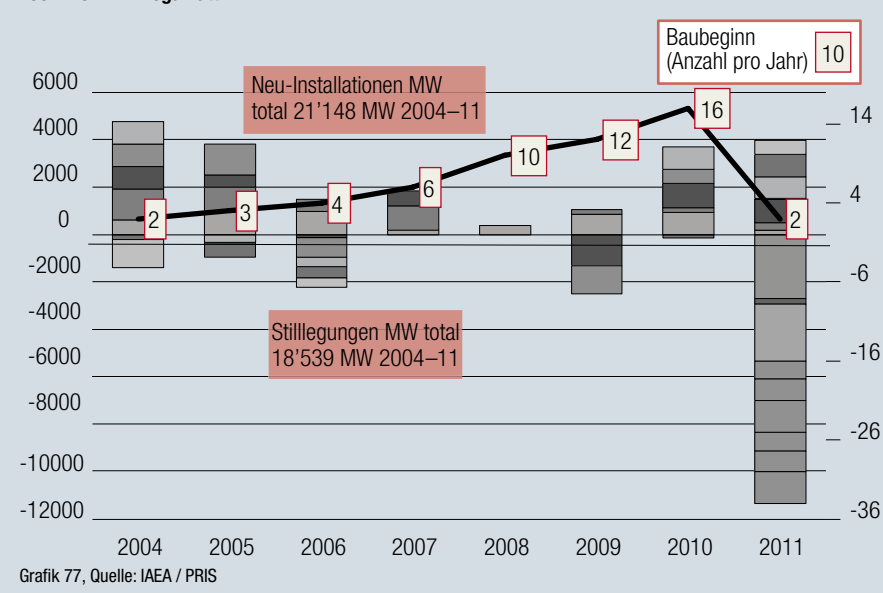
«Was man befürchten muss: Es gab nach Tschernobyl – das ist relativ erst spät herausgekommen – deutliche Gesundheitsschäden, insbesondere bei Kindern. Das hätte man in den ersten Jahren nach Tschernobyl gar nicht erwartet... Das ist aber in zahlreichen wissenschaftlichen Studien nachgewiesen. Was ist das? Zum Beispiel in Bayern eine hochsignifikante Zunahme von angeborenen Fehlbildungen. Nur in Bayern deshalb, weil es in Bayern ein Fehlbildungs-Register gibt, in anderen Bundesländern gibt es das nicht, sonst könnte man das sicher auch finden. Zweitens eine höhere Säuglingssterblichkeit. Drittes Phänomen: Neun Monate nach Tschernobyl gab es in Deutschland und auch in anderen europäischen Ländern einen deutlichen Anstieg von Down-Syndrom bei Kindern. Mit solchen Phänomenen wird man mit hoher Wahrscheinlichkeit zu tun haben, es ist nur fraglich, ob man davon erfährt, weil das Interesse der japanischen Regierung an solchen Daten gering ist und die Ärzte auch ausgesprochen ängstlich sind, wenn sie überhaupt Interesse an dieser Thematik haben. Dazu braucht man halt ordentlich geführte Register, die auch öffentlich zugänglich sind und in Japan gibt es schlechten Zugriff zu den Daten. Das Interesse, so was zu bemerken ist gleich Null.»⁷⁹

Verschlampte Finanzierung der Entsorgung: es fehlen 9,95 Milliarden Franken



Noch haben die Schweizer Atomkonzerne fast 10 Milliarden Franken nicht einbezahlt. Mit der verschleppten Finanzierung werden Parlament und Bundesrat unter Druck gesetzt, die Laufzeiten möglichst zu verlängern.

Inbetriebnahmen, Stilllegungen und Baubeginn von Atomkraftwerken 2004–2011 in Megawatt



Der Unfall von Fukushima führte zur Stilllegung von alten Atomkraftwerken in nie da gewesener Zahl und zu einem Absinken der Zahl der Neubauten von 16 auf 2.

Kostenexplosion durch Atommüll und neue Erkenntnisse

Viele Länder werden unabhängig von «Fukushima» mit Kosten für den Atommüll konfrontiert, die lange Zeit verdrängt wurden. In vielen Ländern wurde dieser Aufwand unzureichend vorfinanziert.⁸⁰

Die Entsorgung von «Sellafield» in Grossbritannien wird beispielsweise auf 58 Milliarden Euro (50 Milliarden Pfund) veranschlagt und belastet den britischen Staat bereits mit 1,5 Milliarden Pfund pro Jahr.⁸¹ (Trotzdem plant die Regierung Cameron Einspeise-Vergütungen für Atomkraftwerke, in perverser Umkehrung der öffentlichen Wertschätzung und der externen Kosten.) In Frankreich werden die Entsorgungskosten pro Reaktor inzwischen auf «bis zu annähernd 1 Milliarde Euro» geschätzt. Im Jahr 2005 kritisierte der Rechnungshof die unzureichenden Rückstellungen «von nur 17,9 Mrd. € bei der EDF». Diese reichte für 58 Reaktoren bei Weitem nicht aus; dazu kommen die Kosten für die Langzeit-Atomlager.⁸²

Oft befinden sich die Entsorgungsreserven der Stromkonzerne nicht in zahlungsfähigen, selbständigen Fonds, sondern bloss in den Bilanzen der Atomfirmen, die zu diesem Zweck ihre alten Atomkraftwerke als «Realwerte» aktiviert haben. Konkret fehlt dann das Geld, wenn sich AKWs nicht verkaufen lassen und wenn der nun geöffnete Strommarkt keine höheren Erlöse für Atomstrom mehr hergibt.

In der Schweiz wurde im Jahr 2008 die Zeitspanne für die Entsorgungsfinanzierung auf Druck der Atomlobby von 40 auf 50 Jahre verlängert. Dies geschah auf dem Verordnungsweg durch den damals stets atomfreundlichen Bundesrat, ohne dass das Parlament oder das Volk mitreden konnte. Derzeit (2011) sind von 19 Milliarden Franken veranschlagten Gesamtkosten nur gerade die Hälfte ausfinanziert, obschon «Mühleberg» und «Beznau I und II» am Ende ihrer Betriebszeit stehen und «Leibstadt» und «Gösgen» seit über 28 bzw. 35 Jahren in Betrieb stehen.

Im November 2011 erhöhten die Behörden die Zielmarke für den Entsorgungsfonds von 8,4 auf 11,4 Milliarden Franken. Das mag erst der Anfang einer Kostenlawine sein. Die Betreiber zeigen sich derweil höchst befriedigt über die «lineare Finanzierung». So lange sie die Entsorgungskosten nicht rascher finanzieren müssen, erlaubt ihnen dies, das fehlende Geld erpresserisch als Hebel für die Ausreizung oder Verlängerung der Laufzeiten zu verwenden.

Auch in diesem Bereich hat sich die Atomlobby zu lange selber beaufsichtigt. Die Gremien, die die Finanzierung konzipieren, sind grossmehrheitlich mit Vertretern der Atomkonzerne bestückt. Die Finanzierung der Entsorgung müsste viel rascher durchgesetzt werden.

Das gilt auch für die «Stresstests». Ob die Sicherheit bei Erdbeben, Überflutung, Unfällen, Flugzeugabsturz, Sabotage oder Terroristenattacken wirklich gewährleistet ist, wurde nicht von unabhängigen Fachleuten, sondern von den Betreibern selber abgeklärt. Ein selbstreferenzielles System, das sich ständig selbst belügt und für Schäden nicht aufkommt, wird unweigerlich zu neuen Grossunfällen führen.

Arbeit unter hoher Strahlung



Grafik 78, Quelle: Tepco (18. März 2011)

In Schutzanzügen und Gasmasken reparieren Tepco-Angestellte die Stromverbindungen.

Doppelt so teuer: Euroreaktor in Olkiluoto



Grafik 79, Quelle: Areva

Die Kosten des «Euroreaktors» in Olkiluoto sind mit 6,6 Milliarden Euro mehr als doppelt so hoch wie angekündigt. Die Mehrkosten tragen die französischen Steuerzahler, Frankreich ist Mehrheitsbesitzer von Areva.

Der Strom-Wettbewerb bedrängt die Atombranche

Bis zur Marktöffnung teilten die Elektrizitätswerke die Versorgungsgebiete unter sich auf und traten dort als alleinige Anbieter (Monopolisten) auf. Die Verteilwerke sprachen sich untereinander ab wie Milchhändler, die Quartiere einer Stadt unter sich aufteilen. Zweck dieser Absprachen war die Senkung der Vertriebskosten. Es machte keinen Sinn, ein Quartier, ein Dorf oder eine Stadt doppelt oder dreifach mit Stromnetzen zu erschliessen. Die Verteilverluste sind zu teuer. Man spricht von einem «natürlichen Monopol».

Im Unterschied zum Milchmann besorgten die Netzbetreiber aber nicht nur den Stromtransport und die Stromverteilung, sondern sie operierten bis in die 90er Jahre vertikal integriert. Das heisst: Sie erzeugten die Elektrizität gleich selber, wie wenn jeder Milchmann seine eigenen Milchkühe hielt. Sie waren auch an den Hochspannungsleitungen beteiligt und bestimmten, wer diese nutzen durfte und zu welchem Preis. Jeder Industriebetrieb, Hausbesitzer oder Bauer, der mit sauberen Techniken Strom erzeugen und verkaufen wollte, galt als unerwünschter Konkurrent, der mit hohen Durchleitungsgebühren, übersetzten Gebühren für Zähler oder unfairen Vergütungen schikaniert werden konnte.

Mit der EU-weiten Reform des Stromsektors wurden die Netze und die Kraftwerke entbündelt. Neu müssen die Netzgesellschaften den Strom jeglicher Herkunft zu identischen Tarifen transportieren. Und jeder Kunde kann Elektrizität dort beziehen, wo ihm der beste Preis oder das beste Produkt angeboten wird. Dieser Wettbewerb, kombiniert mit einer wachsenden Ökologisierung der EU-Stromversorgung, hat radikale Auswirkungen auf die Betreiber von Atomkraftwerken:

- Die Kosten für Strom aus neuen Kraftwerken werden erstmals sichtbar.
- Kostenüberschreitungen können nicht mehr ungefragt auf die Kunden im Versorgungsgebiet überwälzt werden.
- Der Neubau von Atomkraftwerken ist ohne Subventionen faktisch nicht mehr kostendeckend möglich. Die Kunden laufen davon, wenn die Preise steigen.
- Auch alte Atomkraftwerke können zur Hypothek werden, wenn kostenträchtige Nachrüstungen verfügt werden. Denn jeder Stromversorger kann neu, statt in eigene Kraftwerke zu investieren, an der Strombörse Strom einkaufen.

Die Banken lieben den Atomsektor seit diesen Reformen nicht mehr. Die Investitionen sind riesig (8 bis 10 Milliarden Franken pro AKW) und müssen Jahre im Voraus getätigt werden. Die Risikoaufschläge auf den Krediten für Atomkraftwerke wurden vom US-Forschungsinstitut MIT im Jahr 2010 (also vor Fukushima) auf 2,6% beziffert.⁸³ Falsch bewertete Risiken aus Preissteigerungen, Lieferengpässen, Kostenüberschreitungen, Katastrophen- und Umweltschäden werden heute kritischer beurteilt. Ein weiteres Problem: Der Atombranche fehlt der Nachwuchs. Und die Exportmärkte für Atomkraftwerke liegen seit Jahren darnieder. Deshalb ist die Schweizer Industrie nur mässig an neuen Reaktoren interessiert. Das gilt allerdings nicht für die eingefleischten Lobbyisten der Maschinenindustrie (Swissmem), die sich von neuen AKWs Kompensationsgeschäfte erhoffen. Wie dies funktioniert, illustriert die Beschaffung des schwedischen Kampfflugzeugs «Gripen»: «Der Kaufpreis von 3,1 Milliarden Franken muss zu hundert Prozent über Gegengeschäfte kompensiert werden. An der Ausgestaltung der Offset-Geschäfte ist der Verband der Maschinen- und Metallindustrie (Swissmem) massgeblich beteiligt. Für die Kompensation ist ein Zeitraum von zehn Jahren vorgesehen. In dieser Periode sollen zahlreiche Unternehmen über elf Branchen hinweg mit Aufträgen des schwedischen Rüstungsherstellers eingedeckt werden.»⁸⁴

Propaganda der BKW (Bernische Kraftwerke), Originalgrafik



Technologien

- Neue erneuerbare Energien
noch nicht konkurrenzfähig,
fehlendes Potenzial

- Neue Technologien
wie Kernfusion, Brennstoffzellen,
H₂, Deep Heat Mining
kommerziell nicht bereit

- Wasserkraft
weitgehend ausgeschöpft

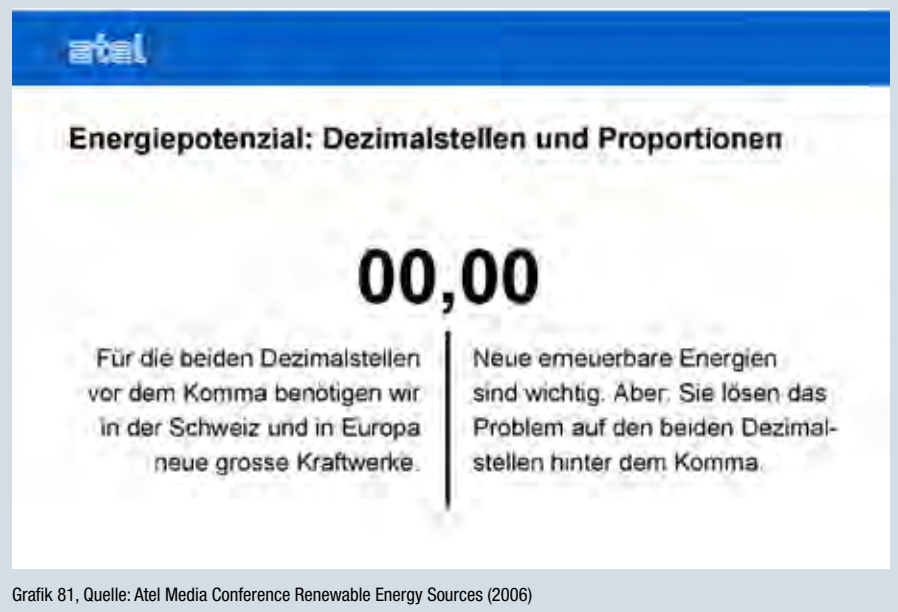
**Schliessen der Energielücke Schweiz:
zwei Optionen:**

- Gaskraftwerke
- Kernkraftwerke

Grafik 80, Quelle: BKW: Dossier Utzensdorf (2006)

Es gebe nur zwei Optionen: «Gaskraftwerke» oder «Kernkraftwerke». Seit Jahrzehnten diffamieren die BKW die erneuerbaren Energien.

Propaganda der Alpiq (früher: Atel), Originalgrafik



Energiepotenzial: Dezimalstellen und Proportionen

00,00

Für die beiden Dezimalstellen vor dem Komma benötigen wir in der Schweiz und in Europa neue grosse Kraftwerke.

Neue erneuerbare Energien sind wichtig. Aber: Sie lösen das Problem auf den beiden Dezimalstellen hinter dem Komma.

Grafik 81, Quelle: Atel Media Conference Renewable Energy Sources (2006)

Nur Beiträge «auf den beiden Dezimalstellen hinter dem Komma» seien von den erneuerbaren Energien zu erwarten. Pressmaterial von Giovanni Leonardi, Promotor des Atomkraftwerks «Gösgen II».

Die Folgen für das Atomgeschäft

Es ist nicht bloss die Wirkung von «Fukushima», die der Atomlobby heute zu schaffen macht. Es sind auch die alten Probleme wie Kostenüberschreitungen, lange Bauzeiten und fehlende Wettbewerbsfähigkeit.

Viele Atomkonzerne begegnen dem Problem mit der Verlängerung der Laufzeiten, was die Risiken aber stark erhöht, weil die Reaktordruckgefässe und Kühlleitungen unter Alterungserscheinungen leiden: Spannungsrisskorrosion, Versprödung des Metalls, Lecks usw.

Weltweit wurde der Widerstand gegen Atomenergie durch «Fukushima» gestärkt. Die Internationale Energieagentur hat ihre Prognosen für den Marktanteil der Atomenergie seit «Fukushima» immerhin von 8 auf 7 Prozent gesenkt.⁸⁵

Japan erliess auf Druck des abtretenden Premiers Naoto Kan ein Gesetz für Einspeisevergütungen, debattiert wird auch über eine Reduktion der Atomforschung.⁸⁶

Selbst im atomfreundlichen Paris will die Regierung nun zum ersten Mal Modelle erarbeiten, nach denen die Atomenergie in Frankreich bis 2040 ganz aufgegeben werden könnte.⁸⁷ Die Zustimmung zur Atomenergie erodiert auch in Frankreich, und neue Technologien wie zum Beispiel die Photovoltaik entwickeln in diesem Umfeld einen subversiven Charakter, den die Behörden nicht mehr kontrollieren. Das französische Parlament kann wohl den Bau von Windturbinen drakonisch beschränken, die Installation von Solarmodulen auf dem Hausdach wird sie nicht verbieten können.

Die Stromkonzerne Vattenfall (Schweden), E.on und RWE (Deutschland) haben ihre Atomausbauten völlig gestoppt.⁸⁸ China hat das nukleare Ausbauprogramm sistiert; Taiwan will offiziell keine neuen Reaktoren mehr und startete ein Windenergie-Programm. Den Ausstieg aus bzw. den Nichteinstieg in die Atomenergie beschlossen Italien, Schweiz, Malaysia, Israel, Schottland, Venezuela. In ihren alten Hochburgen verdient die Atomlobby noch immer gutes Geld und mischt sich mit Propaganda, Parteispenden und manipulierten Argumenten in die Diskussion ein. Sie ist weltweit hervorragend vernetzt und wird staatlich gefördert, nirgends so stark wie in Japan (68 Milliarden Euro Forschungsgelder 1973–2011).⁸⁹

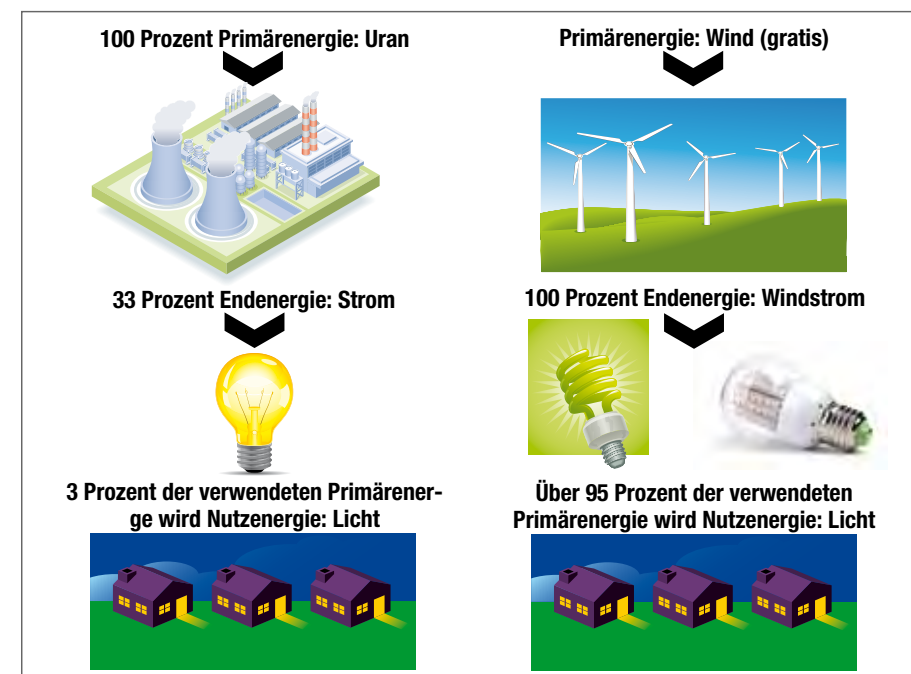
Dass Organisationen wie die IAEA ihre unkritische Grundhaltung korrigieren und die Betreiber zu wirksamen Sicherheitsmassnahmen zwingen, scheint angesichts ihrer verharmlosenden Analyse zu Fukushima höchst unwahrscheinlich: «Die IAEA schreibt, die Bevölkerung könne «ihr normales Leben wiederaufnehmen».⁹⁰ Meiner Meinung nach ist diese Prognose mehr als zweifelhaft, sie ist unpassend und muss – für eine Organisation wie die IAEA, freundlich formuliert, als unsensibel bezeichnet werden,» kommentiert John Large das Verhalten der IAEA.⁹¹ Ein entscheidender Unterschied im Vergleich mit 1986 bleibt jedoch: Erneuerbare Energien sind nicht mehr experimentell. Windfarmen und Solarfarmen, finanziert von neuen Investoren, drängen auf den Markt und sind an vielen Standorten wettbewerbsfähig. Wer etwas anderes will als Atomstrom, der kann es einfach bestellen.

Teil 3

Die Potenziale

Effizienz: Energiequelle ohne Umweltverbrauch	103
Eine Kultur des Vermeidens	105
Erneuerbare können Nichterneuerbare ersetzen	107
Auch die Schweiz hat gute Windstandorte	109
Wind überholt Atom bis 2020, kann Kohle bis 2040 ersetzen	111
Offshore-Windenergie: Neues Rückgrat der Stromdrehzscheibe Schweiz	113
Photovoltaik – eine technisch-industrielle Revolution	115
Solarstrom – grösste Energieressource der Schweiz	117
Solarstrom oder Sonnenkollektoren für Wärme?	119
Geothermie: Bewährte Wärme-, unsichere Stromquelle	121
Wärmekraft-Kopplung: Potente Brückentechnologie	123
Holz, Biogas und Biomasse: Die (fast) Alleskönner	125

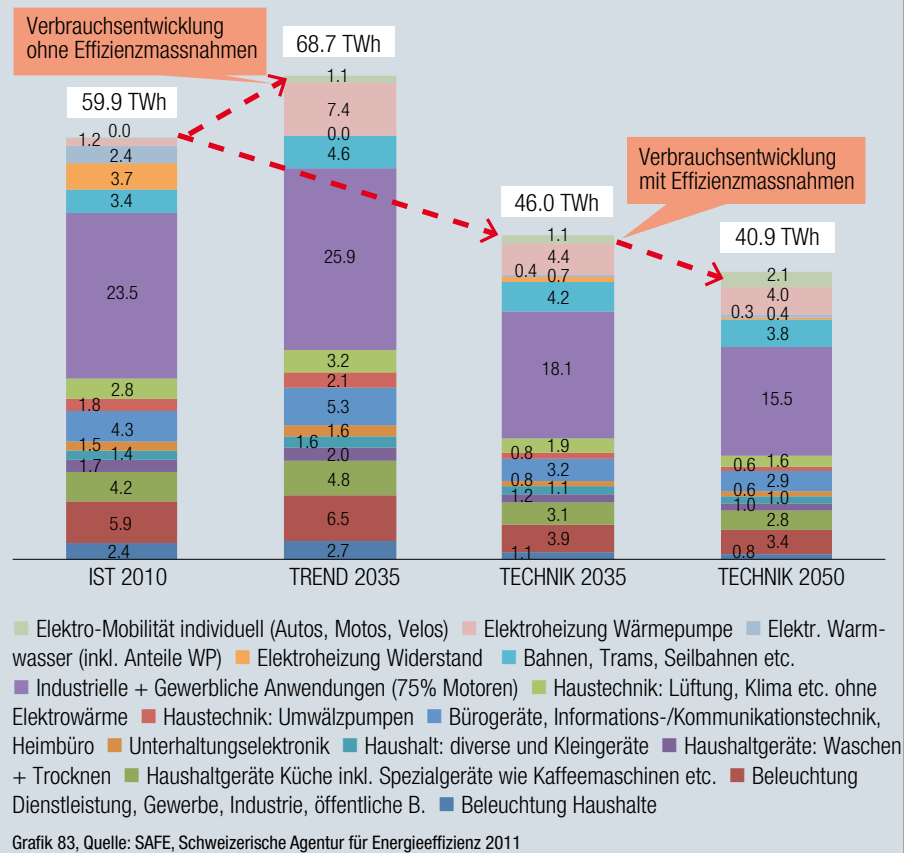
Teil 3 zeigt, mit welchen Energiequellen die laufenden Atomkraftwerke und das Wachstum des Stromverbrauchs gedeckt werden können: Mit Energieeffizienz, Windenergie, Solarstrom, Geothermie, Wärmekraft-Kopplung und Biomasse.



Grafik 82: Herkömmliche Glühlampen wandeln weniger als 10 Prozent der Elektrizität in Licht um. Stammt der Strom aus thermischen Kraftwerken (Kohle, Atom), liegen die vorgelagerten Energieverluste nochmals bei 60–70 Prozent. Insgesamt verpuffen 97 Prozent der Energie als Abwärme. Leuchtstoffröhren mit elektronischem Vorschaltgerät und LED-Lampen setzen bis zu 95 Prozent des Stroms in Licht um. Stammt der Strom aus Wind- oder Sonnenkraft, sind Wirkungsgrade von 90 Prozent möglich, 30-mal besser als mit Kohle und Glühlampe.

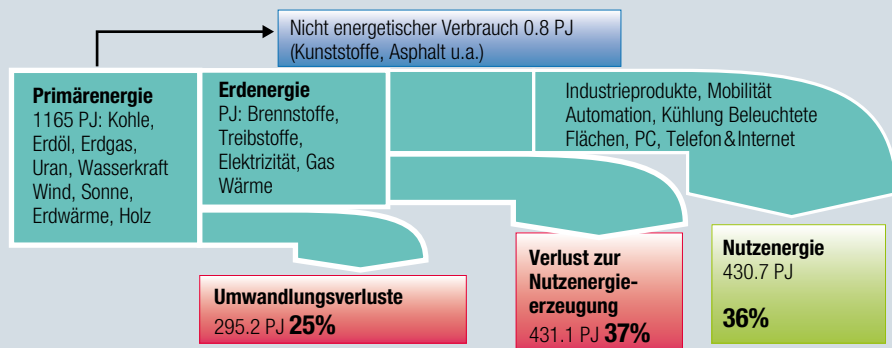
Die Potenziale

68 oder 46 TWh – Was Energieeffizienz leisten kann



Ohne Effizienzmassnahmen nimmt der Stromverbrauch weiter stark zu. Werden schlechte Geräte konsequent vom Verkauf ferngehalten, könnte der Stromverbrauch auf 46 TWh sinken, 26 TWh weniger als gemäss Trend.

Ein Grossteil der Energie verpufft ohne Nutzen



Grafik 84, Quelle: Dieter Imboden/ETH Zürich: Energy and Climate, Swiss Climate Change Day, 1. April 2008

Fast zwei Drittel des Energieverbrauchs kommen nie beim Verbraucher an.

Effizienz: Energiequelle ohne Umweltverbrauch

Am saubersten ist jene Energie, die wir nicht verbrauchen. Eine Studie der Schweizerischen Agentur für Energieeffizienz (SAFE) beziffert das Potenzial beim Strom auf einen Drittel des Verbrauchs.¹ Berücksichtigt wurden bei dieser Schätzung auch Wachstumsfaktoren wie Bevölkerung, Zunahme von Arbeitsplätzen, Gebäudeflächen und elektrischen Geräten sowie der Ersatz fossiler Energieträger durch Wärmepumpen und Elektromobile.

Hohe Stromeinsparungen sind nur dann realistisch, wenn Geräte nach Ablauf ihrer Lebensdauer durch Bestgeräte (A-Klasse bzw. *BAT*, *Best Available Technology*) ersetzt werden. Das Bundesamt für Energie schätzt, dass im Industrie- und Dienstleistungssektor ein Fünftel des Stroms wirtschaftlich – bei Kosten von 6 bis 11 Rappen pro kWh – eingespart werden könnte. Die bisherige Effizienzpolitik ist ungenügend. Sie hat schlechte Produkte nur selten vom Markt ferngehalten.²

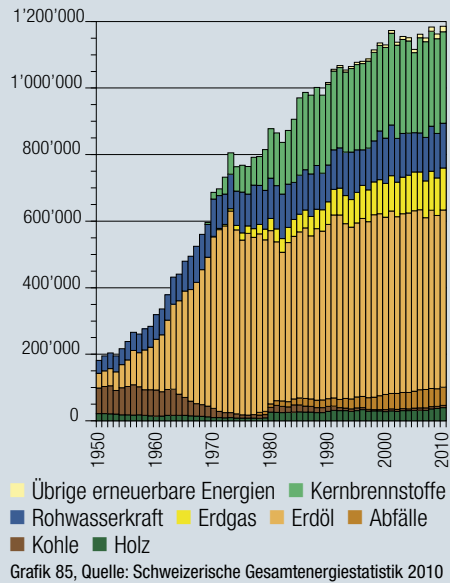
Während Jahrzehnten wurden Energieeffizienz-Vorschriften von Lobbyisten der Economiesuisse und von Kantonspolitikern sabotiert, die mit der Elektrizitätswirtschaft verbandelt waren. Sie verhindern bis heute ein klares Verbot der ineffizienten Elektro-Widerstandsheizungen. Die Gewinne der Elektrizitätswerke sind ihnen wichtiger als alles andere.

Im Energiegesetz von 1998 hat das Parlament dem Bundesrat sogar gesetzlich verboten, Verbrauchsvorschriften zu erlassen. Obschon in der Bundesverfassung steht: «Der Bund erlässt Vorschriften über den Energieverbrauch von Anlagen, Fahrzeugen und Geräten»,³ durfte der Energieminister jahrelang nichts umsetzen. Er was gehalten, «freiwillige» Vereinbarungen mit den Verkäufern dieser Produkte abzuschliessen, und letztere waren kaum an wirksamen Massnahmen interessiert. Das neoliberale Konzept der Freiwilligkeit vertraute blind den Kräften des freien Marktes. Bei der Energieeffizienz herrschte der organisierte Stillstand. Zur Freude der Stromverkäufer wuchs der Verbrauch jährlich um 1,5 Prozent, und auch der Gas- und Benzinverbrauch stieg weiter, obschon das CO₂-Gesetz eigentlich das Gegenteil verlangte.

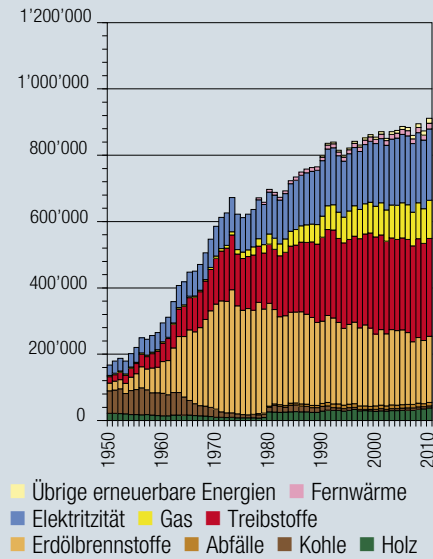
Erst im Jahr 2008 wurde dem Bundesrat die Kompetenz eingeräumt, eigene Verbrauchsstandards zu erlassen. Von einer konsequenten «A-Klasse für alles» sind wir aber noch weit entfernt. Die besten Geräte sind noch lange nicht obligatorisch. Für jede neue Vorschrift braucht es nach neuem Gesetz (Revision 2011) einen Beschluss der Landesregierung und eine Ausnahme-Bestimmung nach dem Cassis-de-Dijon-Prinzip, damit die Bestgeräte nicht durch minderwertige Importe unterlaufen werden.

Bei den meisten Geräten gilt heute nicht die A-Klasse, sondern nur die allerschlechtesten (z.B. Klasse E, F, G) werden vom Markt ferngehalten. Und für viele Stromfresser gibt es noch überhaupt keine Vorschriften, zum Beispiel Ventilatoren, industrielle Pumpen, Wärmepumpen, Motoren, Strassenbeleuchtungen und Kaffeemaschinen.

Bruttoverbrauch von Energie (inkl. Ausführüberschuss von Elektrizität)

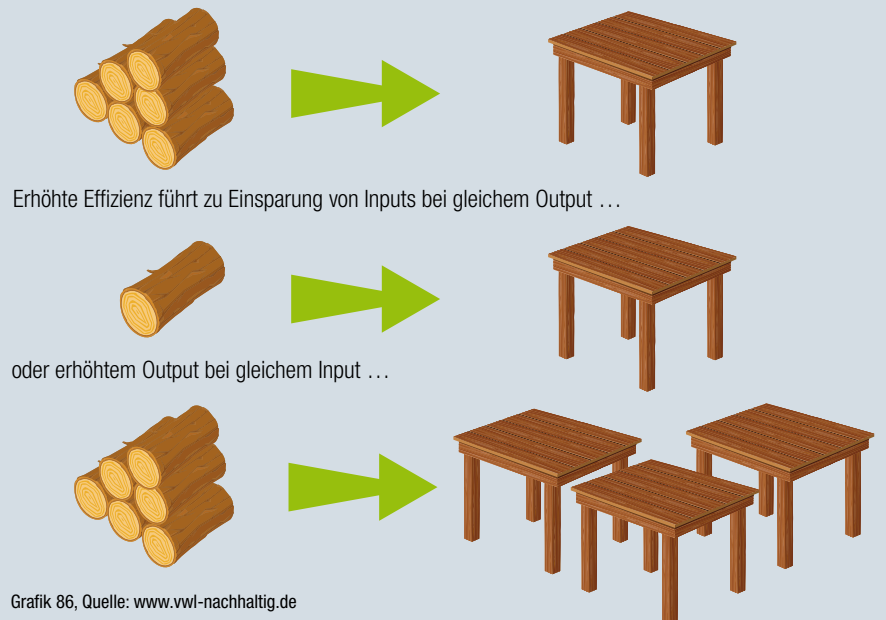


Endverbrauch



Energieverbrauch 1950–2010 in Terajoule (TJ). Der Verbrauch von Primärenergie ist viel stärker gestiegen als der Endverbrauch; die Energieeffizienz ist gesunken.

Weniger Verbrauch dank Effizienz?



Weil effiziente Geräte billiger laufen, steigt deren Gebrauch oft an. Die Einsparungen fallen dann kleiner aus als erwartet (sog. Rebound-Effekt).

Eine Kultur des Vermeidens

Vorschriften sind für sich genommen wenig innovativ. Gefragt wäre eine «Kultur des Vermeidens», angetrieben durch marktwirtschaftliche Anreize zur Minimierung von Umweltverbräuchen. Als Anreize geeignet sind Lenkungs- und Förderabgaben. Erstere werden zurückerstattet, Letztere kombinieren Emissionsabgaben nach dem Verursacherprinzip mit Sanierungsprogrammen. Kausalabgaben haben den Vorteil, dass sie nicht bloss die Beschaffung von Neuanlagen beeinflussen, sondern den gesamten Verbrauch und das Verbrauchsverhalten steuern. Sie belohnen sparsames Verhalten und die Verbesserung von Produkten durch Innovation. Die «externen Kosten», die die Gesellschaft belasten, werden so reduziert.

Kausalabgaben spielen besonders bei langlebigen Konsumgütern und Infrastrukturen eine entscheidende Rolle: Fabriken, Liegenschaften und Verkehrssysteme haben lange Erneuerungszyklen und müssen oft nachträglich verbessert werden. Das Gebäudesanierungsprogramm des Bundes, das aus einer Teilzweckbindung der CO₂-Abgabe finanziert wird, findet starken Anklang und soll aufgestockt werden.

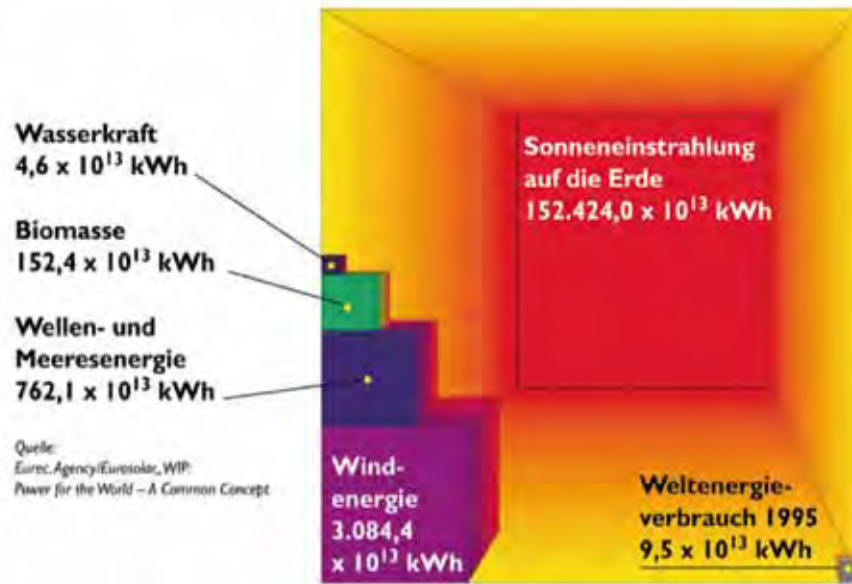
Seit 2010 gibt es in der Schweiz wettbewerbliche Ausschreibungen für Stromeinsparungen: Firmen, die Strom sparen wollen, erhalten Geld und müssen ihre Ergebnisse genauestens dokumentieren. In den ersten Pilotprojekten wurden Verbesserungen von Beleuchtungssystemen, Kälteanlagen, Lüftungs- und IT-Systemen, mechanischen Antrieben und das smart Metering getestet. Weitere Programme gab es zur Selbstkontrolle des Stromverbrauchs, für energieeffiziente Grossküchen, Wärmepumpen-Boiler, Motoren und Web-basierte Energiedatenanalysen. Das Bundesamt für Energie hat ein sehr hohes Kosten-Nutzen-Verhältnis von 1,63 Rp. pro eingesparte kWh errechnet.⁴

Das Programm würde es verdienen, ausgeweitet zu werden. Bis zu einem Kosten-Nutzen-Verhältnis von 10 Rp./kWh könnte mit einem Jahresbudget von 60 Millionen Franken eine Stromeinsparung von über 6000 GWh kumuliert erreicht werden. Dies entspräche einem Zehntel des Stromverbrauchs. Das sind niedrige Kosten, wenn man bedenkt, dass die Strombranche jährlich 10 Milliarden Franken umsetzt.

Nicht immer führen effizientere Produkte jedoch zu einer proportionalen Senkung der Verbräuche. «Rebound-Effekt» nennt man das Phänomen, wonach Effizienzsteigerungen ihr Ziel nur teilweise erreichen. Ein Beispiel ist die Einführung von Wolfram- statt Kohlefaser-Glühlampen. Diese verbrauchten für dieselbe Leuchtleistung nur ein Viertel so viel Strom. Viele Elektrizitätswerke fürchteten einen Einbruch des Umsatzes. Doch der Stromverbrauch stieg – nicht nur, aber auch – dank den effizienteren Lampen. Denn nun war die Beleuchtung plötzlich für viele neue Nutzungen erschwinglich geworden und wurde verstärkt nachgefragt.

Wegen dieses Rebound-Effektes genügt es nicht, Umweltprobleme allein mit Effizienz lösen zu wollen. Die Rest-Emissionen bleiben in der Regel bedeutend und müssen auf ein umweltverträgliches Niveau gesenkt werden. Dazu dient der Umstieg auf nachhaltige, erneuerbare Energien. Sie sind reichlich vorhanden und verursachen bei sachgerechter Nutzung nur wenig Umweltschäden.

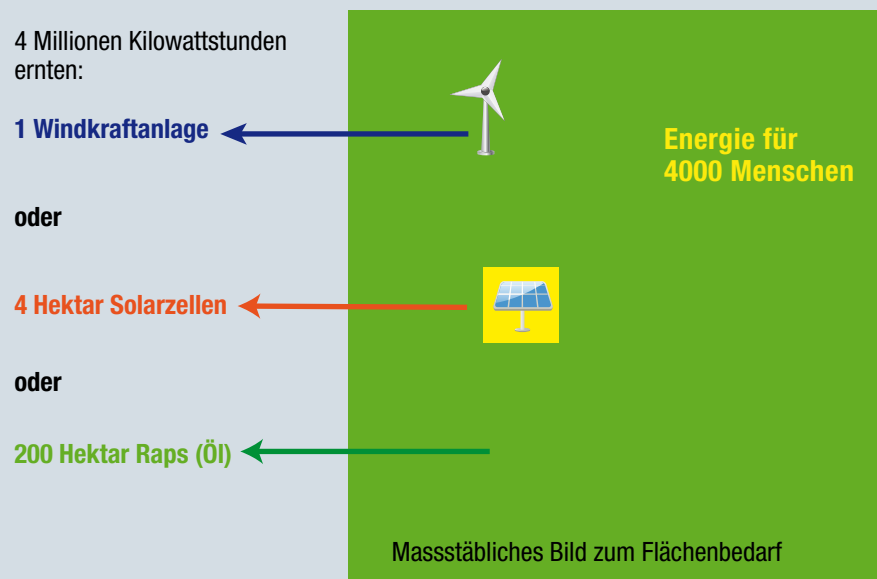
Die Potenziale der erneuerbaren Energien weltweit



Grafik 87, Quelle: Eurec/Eurosolar

Der jährliche Fluss von erneuerbaren Energien ist mehrere tausend Mal grösser als der menschliche Energieverbrauch.

Unterschiedliche Flächenproduktivität von erneuerbaren Energien



Grafik 88, Quelle: zVg

Wind- und Sonnenenergie liefern 10 bis 100 Mal mehr Energie pro Quadratmeter Bodenfläche als Biomasse. Illustrationen: © Color_life, istockphoto.com

Erneuerbare können Nichterneuerbare ersetzen

Das Potenzial von Sonne, Wind, Erdwärme, Wasserkraft und Biomasse übersteigt den menschlichen Energieverbrauch mehrere tausend Mal. Jedes Land verfügt über erneuerbare Energien. Eine Abhängigkeit von wenigen Anbietern wie bei Erdöl, Erdgas oder Uran besteht nicht. Erneuerbare Energien sind nicht per Definition besser als nichterneuerbare Energien. Ihre Vorteile kommen nur zum Tragen, wenn die Umweltverträglichkeit im Einzelfall nachgewiesen ist. Dies geschieht mittels Umweltverträglichkeits-Prüfungen und Lebenszyklus-Analysen. Es gilt Schäden für Mensch und Umwelt zu vermeiden und Grenzen zu respektieren.

Die Vorteile der erneuerbaren Energien kommen erst zum Tragen, wenn eine klare Regulierung besteht, die schlechte Projekte verhindert, etwa was Flächenverbrauch, Luft- und Lärmemissionen, persistente Abfälle oder Auswirkungen auf die Fauna, das Landschaftsbild und die Biodiversität anbelangt. Bei Solaranlagen auf Hausdächern ist die Umweltverträglichkeit meistens gegeben, bei anderen Anwendungen stehen wir vor einer Interessenabwägung. Besonders problematisch ist die Nutzung von Biomasse.

Industriell gewonnene «nachwachsende Rohstoffe» und Monokulturen von Soja, Palmöl oder Mais für Agrotreibstoffe sind das genaue Gegenteil einer echten «Energiewende». Sie ruinieren die Böden und benötigen oft fossil hergestellte Düngemittel und Pestizide. Nutzungsflächen für Nahrungsmittel geraten so in Gefahr, ebenso die Biodiversität und das Überleben von Regenwäldern, Feuchtgebieten und Naturlandschaften. Biomasse wird vom Deutschen Sachverständigenrat Umwelt (SRU) nur in Form von Abfällen und Reststoffen als Energiequelle empfohlen.⁵

In Einzelfällen können auch Staudämme, Wind- und Solaranlagen problematisch sein. Sie verändern Landschaften und gefährden im Extremfall seltene Tier- und Pflanzenarten. Trotz diesen Vorbehalten sind erneuerbare Energien prinzipiell sehr wohl geeignet, unser Überleben zu sichern. Sie nutzen natürliche Kräfte: Wasserströme, Sonnenstrahlen, Erdwärme oder Luftbewegungen, erzeugen keine Abfälle, wenig Unfälle und wenig Emissionen. Dank den grossen Potenzialen sind auch die Spielräume für eine umweltverträgliche Nutzung sehr gross.

Für die Nutzung von Solarenergie bestehen riesige Potenziale auf bestehenden Dächern und Fassaden, ohne dass zusätzliche Bodenversiegelung entsteht. Freiflächenanlagen beanspruchen zwar Bodenflächen, aber der spezifische Ertrag pro Quadratmeter ist 10 bis 20 Mal höher als beim Anbau von Energiepflanzen (Mais, Raps). Der Umfang der benötigten Bodenflächen ist deshalb relativ gering, und landwirtschaftlich unproduktive Böden eignen sich als Standorte oft sehr gut.

Eine der effizientesten Technologien punkto Flächenverbrauch ist die Windkraft. Die windstärksten und damit wirtschaftlichsten Standorte liegen oft fernab von Bevölkerungszentren, weshalb sich die Konflikte um landschaftliche Beeinträchtigungen mit der Zeit eher abschwächen werden. Die Nutzung peripherer Standorte erfordert aber den Bau adäquater Übertragungsnetze.

Windatlas Schweiz

Mittlere Windgeschwindigkeit 70 m über Grund

- 0 – 2.4 m/s
- 2.5 – 3.4 m/s
- 3.5 – 4.4 m/s
- 4.5 – 5.4 m/s
- 5.5 – 6.4 m/s
- 6.5 – 7.4 m/s
- 7.5 – 8.4 m/s
- ≥ 8.5 m/s



Grafik 89, Quelle: Meteotest/Suisse Eole

Die guten Standorte befinden sich im Jura; in den Voralpen und in den Alpen.

Aufbau einer deutschen Windfarm



Grafik 90, Quelle: Enercon

Waldwindpark Fasanerie in Gattendorf/Bayern: 5x E-82 mit 138 Meter Nabenhöhe.

Auch die Schweiz hat gute Windstandorte

Für die Windenergie bestehen in der Schweiz zahlreiche geeignete Platzierungsmöglichkeiten. Die Akzeptanz der Bevölkerung ist jedoch je nach Region recht unterschiedlich. Windturbinen verändern das Landschaftsbild. Um Lärmimmissionen zu vermeiden, müssen Mindestabstände zu bewohnten Gebäuden eingehalten werden. «Windenergieanlagen können Sie heute überall im Land aufbauen und wirtschaftlich betreiben», sagt Hans-Dieter Kettwig, Geschäftsführer des deutschen Marktführers Enercon. Diese Entwicklung wurde möglich dank längeren Flügeln und höheren Pfeilern. Die Anlagen werden immer leiser und effizienter. Die Steigerung der Produktivität geht jedoch einher mit einer erhöhten Sichtbarkeit der Anlagen.

Der deutsche Bundesverband Windenergie schätzt, dass durch die Weiterentwicklung der Technologie die mittlere Volllaststundenzahl bis 2020 an Land von durchschnittlich 1.750 h/a auf 2.490 h/a im Normalwindjahr ansteigen wird. Die spezifischen Gesteungskosten sinken deswegen je nach Standort zum Teil unter 10 Rp./kWh. Alleine in Bayern könnten, mit 2 Prozent der Landesfläche als Nutzungszone, 41'000 MW Windleistung installiert werden. Rund 10'000 Windturbinen könnten theoretisch 90 Prozent des Stromverbrauchs decken.⁶ Während in Deutschland gegen 30'000 Megawatt (MW) Windkraft installiert sind, ist ihr Stellenwert in der Schweiz mit 42 MW (2010) noch gering. Die Windenergie steht im Spannungsfeld zwischen Schutz des Landschaftsbilds und einheimischer Versorgungssicherheit. In vielen deutschen Bundesländern hat die Akzeptanz von Windturbinen im Laufe der Zeit zugenommen, doch parallel wuchsen auch dort die Nutzungsbeschränkungen. Deutsche Bundesländer mit intensiver Windnutzung schufen Nutzungszonen von rund 2 Prozent der Landesfläche. Für die Schweiz würde eine ähnlich intensive Zonierung zu rund 800 km² Nutzfläche führen. Ohne Zweifel wäre dies von den Potenzialen her in den Alpen und im Jura möglich.

Ende 2011 waren 924 Anlagen mit einer Leistung von mehr als 1900 Megawatt bei Swissgrid für eine kostendeckende Einspeisevergütung angemeldet. Nur 17 KEV-Anlagen mit einer erwarteten Jahresproduktion von 46 Mio. kWh (46 GWh) waren in Betrieb. Viele Anmeldungen stossen auf bewilligungsrechtliche Hindernisse. Würden alle realisiert, könnten 3675 GWh oder gut 6 Prozent des Endverbrauchs in der Schweiz erzeugt werden. Trotz der theoretisch guten Verfügbarkeit von Windstromimporten gibt es gute Gründe, die guten Standorte in der Schweiz zu nutzen:

- Windenergie hat ihre Produktionsspitze in der kalten Jahreszeit.
- Windenergie gehört zu den kostengünstigsten erneuerbaren Energien.
- Windenergie im Inland verzichtet auf ausländische Infrastrukturen.

Neben einer kantonalen Richtplanung, die keine Verhinderungsplanung sein sollte, können im Spannungsfeld von Landschaftsschutz und Versorgungssicherheit demokratische Verfahren zielführend sein. Betroffene Gemeinden, Bezirke und Kantone sollen selber entscheiden, ob sie einen Windpark wollen. Sie brauchen keinen Landschaftsvormund, solange nicht die nationale Gesetzgebung betreffend Schutz von Landschaft, Tieren oder Fauna verletzt sind. Es braucht eine Güterabwägung: Wie weit wollen wir eine Veränderung von Landschaften in Kauf nehmen, um die Auswirkungen der nichterneuerbaren Energien zu bremsen, etwa die Atomunfälle, den Anstieg der Meeresspiegel, Überschwemmungen, Trockenheit oder Gletscherschwund?

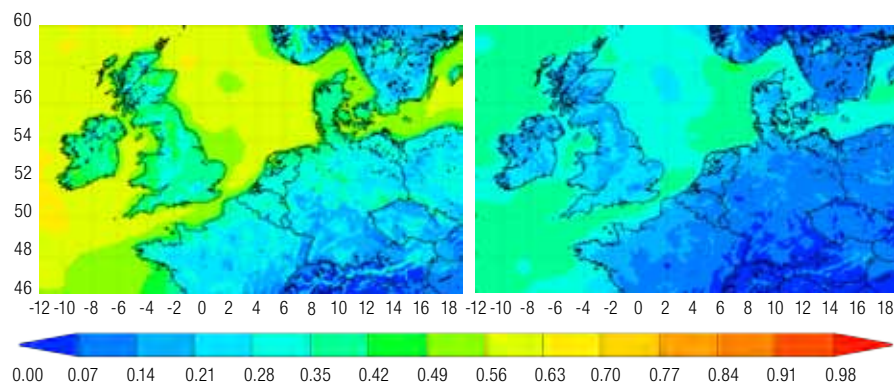
Offshore-Windnutzungszonen in Europa



Grafik 91, Quelle: Principle Power/EWEA

Auf den bereits bestehenden Offshore-Nutzungszonen für Windenergie (weiss) könnte der europäische Stromverbrauch gedeckt werden.

Höhere Produktivität im Winter



Grafik 92, Quelle: Forwind Center for Wind Energy Research, Universität Oldenburg (Deutschland)/EWEC 2011

Windenergie liefert von Oktober bis März doppelt so viel Strom wie von April bis September.

Wind überholt Atom bis 2020, kann Kohle bis 2040 ersetzen

Eine Studie der US National Academy of Science beziffert das Potenzial zur Stromerzeugung aus Windenergie onshore und offshore auf 1'300'000 TWh. Dies ist mehr als das 60-Fache des aktuellen Welt-Stromverbrauchs von 21'325 TWh (2010).⁷

Der Schätzung wurden nur Nutzungsflächen zugrunde gelegt, die weder urban genutzt noch bewaldet und zudem eisfrei sind. Für Offshore-Turbinen wurden die Standorte auf Meeresgebiete eingeschränkt, die maximal 92,6 km (50 Seemeilen) von der Küste entfernt liegen und weniger als 200 Meter Wassertiefe aufweisen.

Diese Schätzung ist eher konservativ. Der Bau von Windfarmen in der Nordsee erfolgt in grösseren Entfernungen als 50 Seemeilen vor der Küste; Auch Windfarmen auf hohen Türmen im Wald setzen sich in manchen Ländern durch. Und schwimmende Windturbinen werden im Atlantik bereits getestet.

Eine Untersuchung des Europäischen Umweltamtes (EEA) veranschlagt die technischen Potenziale der Windenergie in Westeuropa wie folgt:

- 75'000 TWh technisches Potenzial
- 30'400 TWh ökonomisch nutzbare Potenziale nach Abzug von Naturschutzgebieten und weniger interessanten Standorten
- 12'200 TWh «ökonomisch wettbewerbsfähiges Potenzial im Jahr 2020», davon 9600 TWh onshore und 2600 TWh offshore.

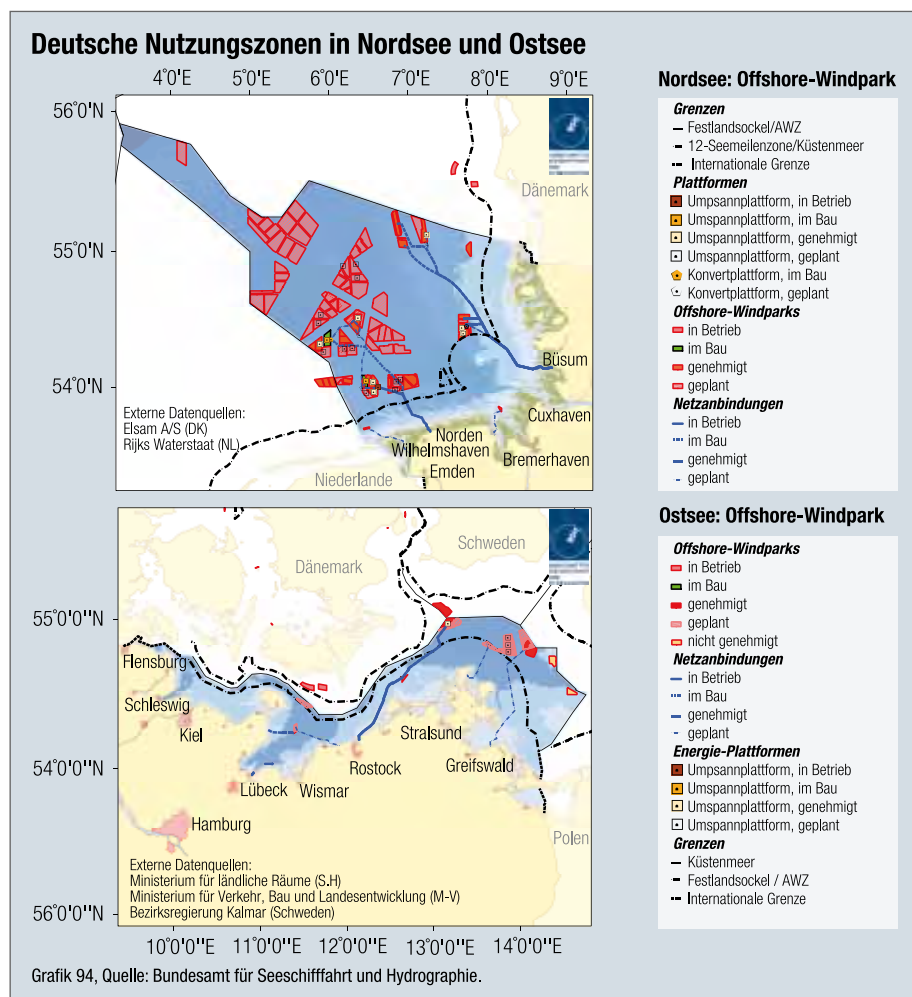
Die «wettbewerbsfähigen Potenziale» von 12'200 TWh sind mehr als dreimal so hoch wie der europäische Stromverbrauch (EU-27: 3200 TWh, 2009).⁸ In den letzten 30 Jahren wurde die Produktivität von Windturbinen laufend gesteigert. Die durchschnittliche Leistung stieg um 1000 %. Der niederländische Wind-Chronist Eize De Vries hält dies für ein «Zeichen einer neuen Ära» und schreibt, es handle sich um einen «historisch einmaligen Wachstumspfad, ein positiver Trend, der sich für Jahre fortsetzen wird».

Die Kosten der Windenergie sind um den Faktor 4 gefallen, wobei je die Hälfte dieser Kostenreduktion auf Skaleneffekte (Verbilligung dank Massenproduktion) und auf technologische Verbesserungen (Produktivität der Anlagen) zurückgeführt wird. In West- und Nordeuropa identifiziert die EU-Umweltagentur grosse Gebiete, in denen Windstrom für nur 3–6 €-Cents/kWh produziert werden kann. Dieser Kostenberechnung ist eine interne Verzinsung von 4 Prozent pro Jahr zugrunde gelegt («public investment rate of return») wie für institutionelle Investoren (z.B. Pensionskassen) und Elektrizitätswerke bei risikoarmen Investitionen üblich.

Für die Versorgungssicherheit ist die Windenergie wichtig, weil sie in Nordeuropa eine ausgeprägte Winterspitze aufweist. Windenergie eignet sich deshalb hervorragend in Kombination mit Photovoltaik und Laufwasser-Kraftwerken, deren Produktionsspitze auf die warme Jahreszeit fällt. Grösste Hürde für die Windenergie sind die langwierigen Bewilligungsverfahren und die Engpässe in der Netzanbindung. In vielen Ländern dauern die Bewilligungsverfahren Jahre. Mit der Erschliessung der offshore-Technik ergeben sich aber neue, ungeheure Möglichkeiten einer planmässigen Expansion hochproduktiver Standorte. Diese gigantischen Ressourcen lassen sich nur produktiv nutzen, wenn der Bau der Neuanlagen, die Netzerweiterung, die Verknüpfung mit Speichern, die Technologieentwicklung, Finanzierung und Rechtssicherheit von den Partnerländern koordiniert angegangen werden.



Robin Rigg in der Irischen See erzeugt mit 60 Turbinen der Marke Vestas V90-3 MW rund 550'000'000 kWh pro Jahr. Gesamtinvestitionen: 420 Millionen Euro. Quelle: E.on / E.on Offshore Factbook (2011).



Überblick über geplante und bereits genehmigte Windparks in der deutschen Nord- und Ostsee.

Offshore-Windenergie: Neues Rückgrat der Stromdrehscheibe Schweiz

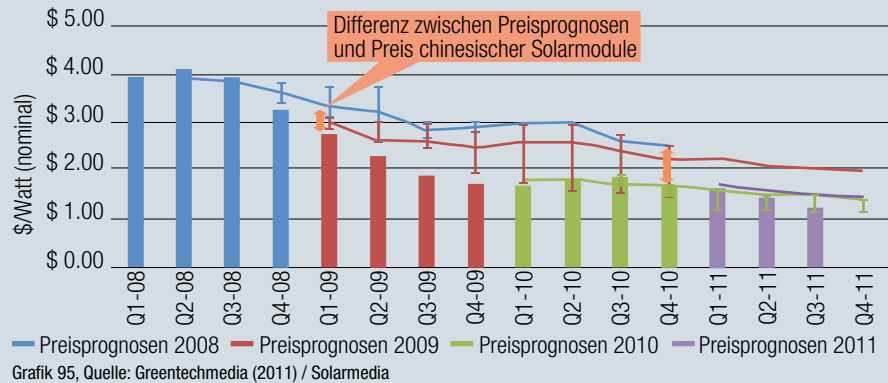
Um die enormen Potenziale der Offshore-Windenergie zu nutzen, haben zehn Nordsee-anrainer-Staaten den Bau eines neuen, gemeinsamen Stromnetzes beschlossen. Die Beihilfungsverfahren sollen beschleunigt, der Stromhandel vereinfacht werden, um die vorhandenen Wasserspeicher als Backup-Kapazitäten besser zu nutzen.⁹

Dank den Ausstiegsbeschlüssen in Deutschland, der Schweiz und Belgien ist auf den riesigen Konzessionsgebieten der Nord- und Ostsee sowie im Atlantik ein kontinuierlicher Zubau von Windfarmen über Jahrzehnte hinweg zu erwarten. Die rechtlichen Hürden, die den Bau von Windanlagen im Binnenland verzögern, wurden beseitigt. Allerdings steckt die Technik noch immer in einem frühen Nutzungsstadium. Starke Kostensenkungen können dank dem sukzessiven Ausbau der neuen Offshore-Kapazitäten erwartet werden.¹⁰ Das war schon bei der Nordsee-Ölförderung so, deren Kosten von anfänglich über 25 Dollar pro Fass innerhalb von drei Jahrzehnten auf 8 Dollar pro Fass gesenkt wurden. Der Europäische Windenergie-Verband EWEA erwartet einen Zubau von 250 GW Onshore- und 150 GW Offshore-Windenergie bis zum Jahr 2030, welche mit 1155 TWh ein Drittel des europäischen Stromverbrauchs decken können (1 GW = 1 Gigawatt = 1000 Megawatt). Dabei liefern die 150 GW im Meer wegen der höheren Jahreslaufzeit und der höheren Windgeschwindigkeit etwa gleich viel Strom wie die 250 GW an Land.¹¹

Diese Entwicklung ist von grosser Bedeutung, auch für Binnenländer wie die Schweiz. Hier entsteht ein neues Stromangebot mit Winterspitze, das die Versorgungssicherheit im Winter erheblich verbessert, ohne auf Strom aus fossilen Quellen angewiesen zu sein. Der Ausbau wird zudem in windstarken Zeiten zu tieferen Preisen an den Strombörsen führen. Umgekehrt wächst der Bedarf an Spitzen- und Regenergie für Schwachwindperioden. Für die Speicherkraftwerke entstehen damit neue Marktchancen in Europa. Flächenstaaten wie Deutschland und Frankreich verfügen nur über kleine Speicherkapazitäten. Sie regulieren ihren Spitzenbedarf mittels Erdgas, das wegen der Preisbindung an das Erdöl langfristig teuer sein wird als der Rückgriff auf Speicherkraftwerke. Interessant für Schweizer Stromanbieter ist auch der direkte Erwerb von Windfarmen an hoch produktiven Lagen in Europa (onshore und offshore). Trotz der geringen Küstenlänge an Nord- und Ostsee werden allein die Offshore-Potenziale in der deutschen Wirtschaftszone auf 630 TWh beziffert, entsprechend ungefähr dem deutschen Stromverbrauch. Das ökologisch wertvolle Wattenmeer bleibt dabei von Windturbinen verschont (Bild).¹² Die Bundesrepublik Deutschland wird diese Produktionsmöglichkeiten voraussichtlich gar nie ausschöpfen, weil sie den Bedarf übersteigen.

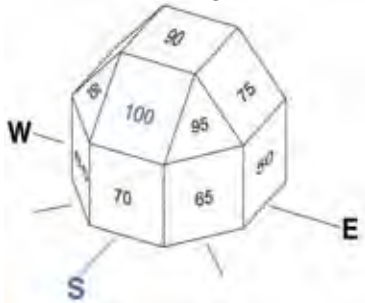
Würden die Schweizer Elektrizitätswerke etwa 5 Prozent der deutschen Windzonen dauerhaft pachten, könnten dort bis zu 50 Prozent des Schweizer Stromverbrauchs gedeckt werden. Die europäische Windkraft würde damit die bisherigen Beteiligungen an Atomkraftwerken ersetzen. Die Überschüsse würden im Stromhandel gewinnbringend veräussert. Flächenspezifisch würden diese Schweizer Investments etwa 2 Promille der Nordsee beanspruchen. Selbstverständlich würde es der Schweiz gut anstehen, sich am europäischen Netzausbau zu beteiligen. Denn diese Ausbauten werden die Versorgungssicherheit der Schweiz und die gewinnbringende Stromdrehscheibe massgeblich stärken. Deutschland ist dabei nur ein möglicher Partner unter anderen. Frankreich, die Niederlande und Dänemark verfügen über weit grössere verfügbare Windressourcen. Auch sie haben begonnen, diese Potenziale zu vermarkten, wenn auch nicht gleichermassen entschlossen und konsistent wie die Bundesrepublik.

Solarmodule: Tempo und Ausmass der Preissenkungen übertrifft alle Prognosen



Die Modulpreise sind viel rascher gesunken als die Analysten zuvor erwartet haben. Die billigsten Zellen gingen Ende 2011 für 55 Cents pro Watt über den Ladentisch.

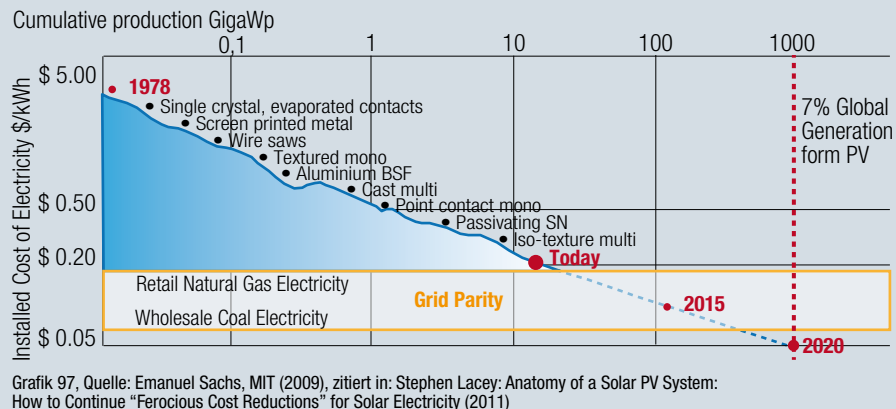
Nicht nur die Süd-Dächer bringen Stromertrag



Grafik 96, Quelle: Peter Toggweiler, Solarstrom mittels PV und CSP, Skript FHNW (2008)

Der Maximalertrag an Solarstrom liegt im schweizerischen Mittelland bei rund 1200 kWh/m² bei 30–45 Grad Neigung und Ausrichtung nach Süden). Die Grafik zeigt den Ertrag in Prozent dieses Maximums bei unterschiedlicher Ausrichtung und Neigung.

Solarstrom bis 2020 unter dem Preis von Kohlestrom



Grid parity (Steckdosenparität) tritt zuerst bei den Endverbrauchern auf, später auch bei den Grosshandelspreisen. US-Solar-Forscher Emanuel Sachs von der MIT prognostiziert Solarstrompreise, die den Kohlestrom unterbieten, und einen Solar-Weltmarktanteil von 7% bis 2020.

Photovoltaik – eine technisch-industrielle Revolution

Die Umwandlung von Sonnenlicht in Strom wird Photovoltaik (PV) genannt. Sie ist eine der attraktivsten Technologien zur Stromerzeugung. Ihr Stellenwert nimmt weltweit rasch zu. Solarstrom rangiert von den Potenzialen her weit vor der Windenergie und der Wasserkraft, wenn man alle technisch nutzbaren Flächen in die Betrachtung einbezieht. Die hohen Erwartungen in diese Technik beruhen auf folgenden Ursachen:

- Photovoltaik erlaubt eine vielseitige Anwendung, von Kleinst- bis zu Grossanlagen.
- Die Erzeugung von Solarstrom erfolgt niederschwellig, fast alle Stromverbraucher können diese Technik bei Bedarf nutzen.
- Die Verbesserung der Technologie verspricht weiter sinkende Gestehungskosten.
- Umweltbelastungen sind bei sachgerechter Nutzung kaum zu erwarten.

Von 2000 bis 2010 wuchsen die PV-Neuinstallationen jährlich um über 50% weltweit.¹³ Im Jahr 2010 stieg die Herstellung von Solarmodulen sogar um über 100%, wesentlich mehr als die Nachfrage.¹⁴ Die Überkapazitäten beschleunigen seither den Preisverfall. Lag der Preis von Solarzellen im Jahr 2008 noch bei 4 US-Dollar pro Watt, lagen im Herbst 2011 die billigsten Solarzellen aus China bei 55 US-Cents.¹⁵ Eine Marktbereinigung ist im Gang, die viele kleinere und mittlere Hersteller zum Aufgeben zwingt. Einem Modulabsatz von ca. 21 Gigawatt (GW) stehen Ende 2011 rund 50 GW an Produktionskapazitäten gegenüber.¹⁶

Beeindruckend ist, wie rasch manche Firmen ihre Produktion aufgestockt haben. Gleichzeitig wurden die Module nicht nur billiger, sondern auch besser. Inzwischen sind Solarzellen mit über 20% Wirkungsgrad erhältlich, die in Mitteleuropa einen Stromertrag von 200 kWh pro m² und Jahr erzeugen, in südlichen Breiten doppelt so viel.

Die gebäudeintegrierten Anwendungen beschränken sich nicht mehr auf Hausdächer südlicher Ausrichtung. Die Nutzung von Fassaden und Infrastrukturen ist dank tieferen Modulpreisen attraktiver geworden, und die Nutzung von Ost- und Westdächer führt zu einer besseren Streuung der Produktion im Tagesverlauf, ohne dass die Erträge stark einbrechen.

Eine Herausforderung ist die ästhetische und landschaftliche Integration. Die Rahmenbedingungen in der Schweiz sind suboptimal. Wegen des fehlenden Rechtsanspruchs auf die kostendeckende Vergütung werden viele Anlagen erst nachträglich auf den Gebäuden angebracht, was der Ästhetik abträglich ist.

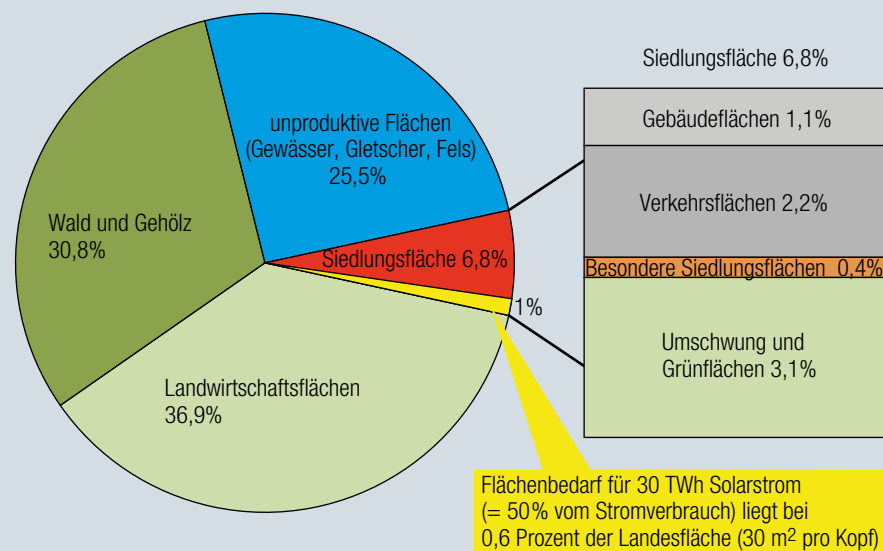
Auch beim Solarstrom wird die Diskussion über die Zulässigkeit von Freiflächenanlagen intensiv geführt. Es ist zwar richtig, dass auf bestehenden Dächern ein grosses ungenutztes Potenzial besteht, das man vorrangig nutzen sollte. Andererseits ist nicht zu übersehen, dass mit Freiflächenanlagen saisonal interessante Ertragsprofile möglich sind, die sich auf Dächern nicht zu gleich günstigen Kosten erzielen lassen.

- Generell liegen die Einspeisevergütungen bei Freiflächenanlagen bis zu 30 Prozent tiefer als bei dachgeständerten oder dachintegrierten Anlagen. Diese Kostendifferenzen werden mit steigendem Marktvolumen wichtiger.
- Je nach Standort lassen sich mit Freiflächenanlagen im Winter und Frühjahr hohe Erträge erzielen. Die Vorteile solcher Anlagen sind ähnlich wie jene von alpinen Stauseen.

Aus diesen Gründen sollte eine vermehrte Nutzung von PV-Anlagen an Weg- und Strassenrändern, auf alpinen Hängen, die durch Lawinenverbauungen optisch bereits verändert sind, sowie generell auf Infrastrukturbauten aller Art in einem gesetzlich geregelten Ausmass nicht nur zulässig sein, sondern Vorrang geniessen.

Flächennutzung in der Schweiz und Flächenbedarf für Solarstrom

Total 4'128'476 ha Arealstatistik der Schweiz (2005)



Grafik 98, Quelle: Bundesamt für Statistik: Arealstatistik (2005)

Die Gebäudeflächen reichen prinzipiell aus, um einen grossen Teil des Stromverbrauchs durch Photovoltaik zu decken.

Starke Schweizer Solarindustrie



Grafik 99, Quelle: Stefan Nowak

Die Schweiz weist auf der gesamten Wertschöpfungskette des Solarstroms gut positionierte Hersteller auf.

Solarstrom – grösste Energieressource der Schweiz

Die Schweiz war in der Nutzung der Photovoltaik einmal Weltmeister. Gemäss «Guinness Buch der Rekorde 2001» hatte das Land mit 1,82 Watt Solarkapazität pro Kopf 1999 noch die Nase vorn. Inzwischen ist Deutschland dank den Einspeisevergütungen Weltmeister geworden – mit über 300 Watt installierter Leistung pro Kopf (2011) – und die Photovoltaik hat die Wasserkraft überholt. Innerhalb Deutschlands schwingt Bayern mit 573 Watt oben aus, während die Schweiz auf weniger als 20 Watt kommt. In Bayern deckt der Solarstrom inzwischen über 6 Prozent des Stromverbrauchs.

Die Schweiz verfügt über sehr viel mehr Standorte, die produktiver sind als etwa in Bayern: im westlichen Mittelland, im Jura, in den Alpen und speziell auf der Alpensüdseite (Solaratlas Seite 46). Deshalb ist es plausibel, dass die Schweiz das Solarstrom-Niveau von Bayern rasch einholen kann, und zu günstigeren Kosten, wenn die Anreize richtig gesetzt und die Nutzungsbewilligungen nicht länger blockiert bleiben.

«Sonnenexponierte Fassaden von alpinen Gebäuden mit Netzanschluss eignen sich für die Installation von netzgekoppelten PV-Anlagen besonders gut. Die von derartigen Anlagen produzierte Energie passt viel besser ins Lastprofil der Stromversorgung in Europa als die Energie von PV-Anlagen im Flachland und ergänzt die Energieproduktion von Laufkraftwerken sehr gut», fasst Heinrich Häberlin von der Fachhochschule Burgdorf die Ergebnisse seiner langjährigen Feldtests in den Schweizer Alpen zusammen.¹⁷

Der mittlere Winteranteil der im Langzeittest untersuchten Anlagen liegt bei hohen 46,2% (Jungfrauoch) bzw. 56,3% (Zwischenstation Schilthorn). Auch bei Anlagen in tieferen Höhenlagen (Mont Soleil, 1270 m.ü.M.) steigt der Winteranteil auf 38%, während die Anlagen im Flachland in den Monaten Oktober bis März nur 27,5% der Jahresproduktion erzielen.

Die Schweiz hat bereits heute eine leistungsfähige Solarindustrie. Bisher wurden vor allem Ausrüstungsmaschinen (Siliziumsägen, Beschichtungssysteme) und Wechselrichter hergestellt und exportiert.

Mit der Integration von Solarzellen in Gebäude und Infrastrukturen entsteht ein weites Feld von neuen Applikationen, die gut auf Schweizer Hersteller zugeschnitten sind: ästhetisch anspruchsvolle Produktveredelung, Nachführungssysteme, solar beheizte Solarzellen, schwimmende Solarzellen für alpine Stauseen, hängende Solarzellen für Brücken, Brückenpfeilern oder an Hochspannungsmasten. Um die hohen Beiträge im Winter zu liefern, aber auch zur Verhinderung von Schneebefall, ist Kreativität gefragt.

Auf Dächern und Fassaden, mit Aufständerung über Parkplätzen, Deponien, Strassen, Strassenrändern, Stützmauern, Staumauern, Leitplanken, Zäunen, Lärmschutzwänden oder schwimmend auf Stauseen bestehen Millionen Möglichkeiten für private Investoren, Solar-Genossenschaften oder örtliche Elektrizitätswerke zur Gewinnung von Strom. Meteorologischen und Ertragsstatistiken zeigen, dass die Stromerzeugung aus Solarstrom jahresweise betrachtet zuverlässiger ist als aus Wasserkraft oder Windenergie.

Strasseninfrastruktur als Standorte für Solaranlagen



Grafik 100, Quelle: Swissolar

100-kW-Pilotanlage auf der Schallschutzwand der A13 bei Domat/Ems.

Billigere Solarmodule machen Fassadennutzung attraktiv



Grafik 101, Quelle: Swissolar

Solarstrom von der Fassade, Maison pour Etudiants, Lausanne.

Ästhetische Integration auch in Altbauten



Grafik 102, Quelle: Swissolar

Überbauung Höhenrad, Stettlen (Kanton Bern).

Solarstrom oder Sonnenkollektoren für Wärme?

Jeder Hausbesitzer muss entscheiden, ob er sein Dach für die Wärmegewinnung oder für die Stromerzeugung nutzen will. Sonnenkollektoren liefern Warmwasser. In gut isolierten Gebäuden liefern sie auch Beiträge an die Beheizung. Für einen kostengünstigen Betrieb sollten sie örtlich nahe beim Wärmebedarf liegen, während Solarzellen flexibler sind.

Das Herzstück eines Wärmekollektors ist ein schwarz beschichtetes Absorberblech. Dieses wandelt die Sonnenstrahlung in Wärme um. Durch Rohrleitungen zirkuliert eine Flüssigkeit (meist Wasser mit Frostschutz, z.B. Glykol) und überträgt die Sonnenwärme an einen Wasserspeicher. Mit einigen hundert oder einigen tausend Litern Speicher werden Schlechtwetterperioden überbrückt. Mit voluminösen Saisonspeichern (oft unterirdisch) kann die Energie der Sommermonate in den Winter transferiert werden.

Wegen der sinkenden Preise für Solarmodule verwischen sich neuerdings die Grenzen zwischen effizienter Wärmegewinnung und Stromerzeugung. Verschiedene Anbieter lancieren Systeme, die mit Solarstrom auch Warmwasser bereitstellen. Sie stellen damit die Regel auf den Kopf, dass Strom die höherwertige Energie ist.

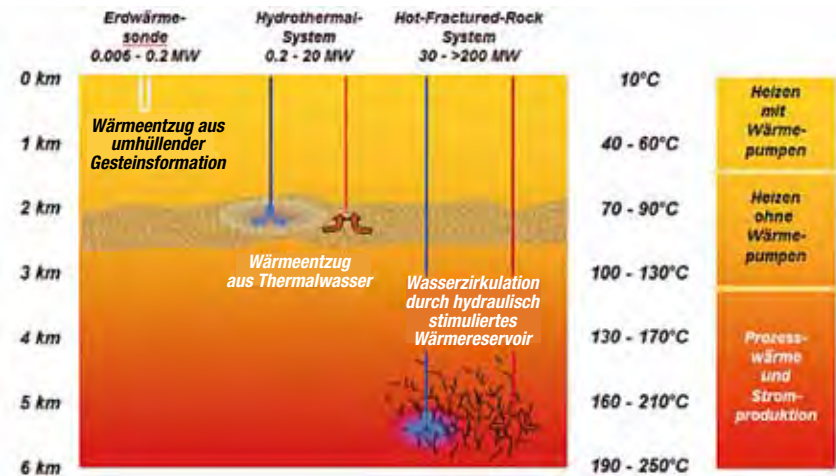
Wird eine Photovoltaik-Anlage mit einer Wärmepumpe kombiniert, die gemittelt über den jährlichen Betrieb aus einer Kilowattstunde Strom 2,8 Kilowattstunden Wärme für Brauchwasser erzeugt, dann ist der energetische Flächenertrag pro Quadratmeter ähnlich hoch wie bei einem Wärmekollektor. Bei Altbauten kann der Einbau von Photovoltaik mit Wärmepumpe günstiger sein als die Verrohrung für Wärme. Zudem kann der Solarstrom während Abwesenheiten ins Netz verkauft werden, was mit Wärmeüberschüssen nicht geht. Zweitwohnungen sind deshalb prädestiniert für Photovoltaik.

Im Winter reicht der Solarstrom für Warmwasser nicht vollständig aus. Wie bei den meisten Sonnenkollektoren muss mit Fremdenergie zusätzlich geheizt werden. Dieser Bedarf kann ebenfalls mit erneuerbaren Energien gedeckt werden, zum Beispiel mit Holzpellets oder bei einem «smart grid» und flexiblem Wärmespeicher mit Windstrom.

Verschiedentlich wird vorgeschlagen, die Stromerzeugung verstärkt an produktivere Standorte im Ausland zu verlagern. Dies würde voraussetzen, dass die Redundanz der Netze aus dem Süden erhöht wird. Wegen der Übertragungskosten müsste der Solarstrom aus dem Ausland sehr viel billiger sein als aus der Schweiz, um wirtschaftlich zu bleiben. Dies ist bei sinkenden Modulpreisen immer seltener der Fall.

Ein international vernetztes System lohnt sich, wenn Ressourcen für jene Jahreszeiten erschlossen werden, in denen der einheimische Strom knapp ist. Ebenso lohnen sich Verknüpfungen, die bestehende Speicherkraftwerke besser an den EU-Strombinnenmarkt anbinden. Die Verknüpfung der Schweiz mit Nordsee-Windenergie ist unter beiden Gesichtspunkten viel sinnvoller als der Import von Solarstrom aus dem Süden. Sommerliche Stromimporte wären auch dem erklärten Ziel abträglich, die Stromversorgung in der Ganzjahresbetrachtung zu 100 Prozent auf einheimische Energiequellen auszurichten.

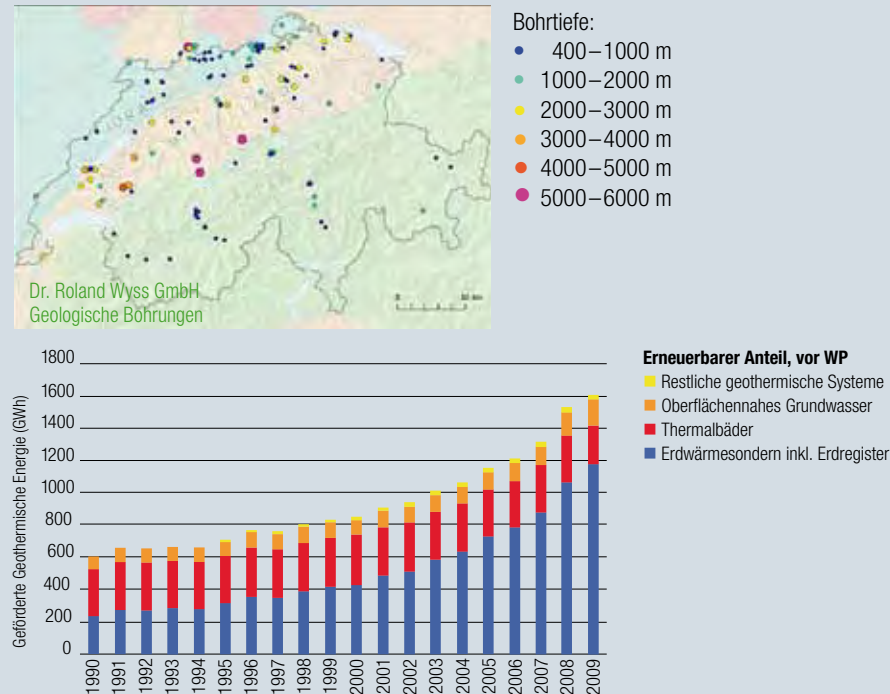
Erschliessungsmethoden der Geothermie



Grafik 103, Quelle: Geothermal Explorers

Die Geothermie hat sich zur Wärmeengewinnung bewährt, die Stromerzeugung aus grosser Tiefe ist noch im Pilotstadium.

Bohrungen in der Schweiz (> 400 m)



Grafik 104, Quelle: Geothermie.ch, Roland Wyss

Die Verbreitung von Erdsonden zur Wärmeengewinnung ist in der Schweiz erfolgreich. Tiefenbohrungen erschliessen Wärmeschichten mit höheren Temperaturen. Versuche zur Stromerzeugung waren bisher nicht erfolgreich.

Geothermie: Bewährte Wärme-, unsichere Stromquelle

Die Nutzung von Erdwärme ist in der Schweiz mit über 50'000 installierten Erdsonden weit verbreitet. Bohrungen für die Wärmeengewinnung erfolgen in Tiefen von einigen wenigen bis zu einigen hundert Metern. Die Temperaturen in dieser Tiefe genügen noch nicht zum Heizen, können aber mittels Wärmepumpen unter Energiezufuhr (Elektrizität oder Erdgas) gesteigert werden, bis der Wärmeträger Heiztemperaturen erreicht. Die heute typische Geothermie-Anlage erzeugt somit keinen Strom, sondern verbraucht welchen, und dies vorwiegend in der kalten Jahreszeit.

Die Stromerzeugung aus nichtvulkanischer Erdwärme ist von einer kommerziellen Nutzung noch deutlich entfernt. Die grossen Stromkonzerne haben den Strom aus Geothermie zwar stets propagiert, aber sie haben selber kaum Geld investiert, um die Technik voranzubringen. Und ob das Erzeugungsprofil der Geothermie mit Bandenergie tatsächlich so geeignet ist, wie die Branche stets vorgibt, lässt sich füglich in Frage stellen, denn bei der Atomenergie und bei der Kohle ist bereits deutlich, dass ein Grossteil der Bandenergie – Nachtstrom, besonders in der Sommerzeit – keine Verwendung findet.

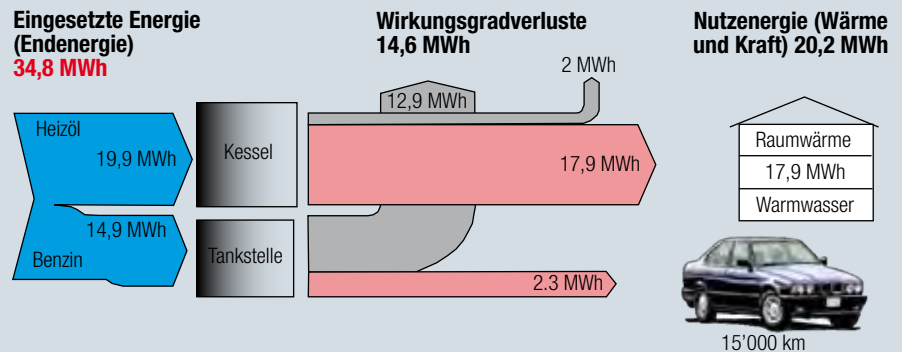
Der Verdacht besteht, dass die ehemaligen Monopolisten im Stromsektor die Geothermie nur deshalb propagieren, weil sie als einzige die Monopolstellung der Stromkonzerne wieder festigen könnte. Geothermie war stets Teil jener Stromlücken-Rhetorik, die darauf abzielte, viel Geld in Grossprojekte zu investieren, deren mangelnder Reifegrad die Laufzeiten der Atomkraftwerke verlängern würde. Statt auf rasche Lösungen mit Biomasse, Photovoltaik oder Windenergie zu setzen, werden Wege postuliert, die auch in zehn bis zwanzig Jahren noch keine nennenswerten Strommengen liefern.

Es gilt hier, die Proportionen zu wahren: In Deutschland wurde seit 1990 eine Jahreserzeugung von über 40'000 GWh mit Windenergie aufgebaut. Demgegenüber kam die Geothermie bis 2010 nur auf 27 GWh. Die tiefe Geothermie beschlägt 0,3% des deutschen Wärmemarktes und 0,02% der Stromerzeugung, trotz hervorragenden Rahmenbedingungen. In der Praxis sind die hydrothermalen Vorkommen zu klein, um einen relevanten Strombeitrag zu leisten. Zudem besteht ein Fündigkeitsrisiko.

Die Tiefenbohrungen zur Stromerzeugung haben eine Reihe von Rückschlägen erlitten. In Basel und Staufen (Südbaden) waren die induzierten Erdstösse so stark, dass die Bohrungen abgebrochen werden mussten. Die Nutzungsmöglichkeit von petrothermalen Ressourcen – also Hitze von 200 Grad Celsius aus 3–5 km Tiefe im Untergrund, gewonnen mittels Wasserzirkulation in künstlich erzeugten Klüftungen – ist technisch zwar nachgewiesen, beschränkt sich aber noch auf Pilotanlagen mit kleiner Leistung (1–2 MW).¹⁸ Aus diesen Gründen ist eine starke Expansion dieser Technik kurzfristig wenig wahrscheinlich.

Fazit: Zur Wärmeengewinnung taugt die Geothermie gut und sollte gefördert werden. Sie ist aber auf Elektrizität als Hilfsenergie angewiesen. Die geothermische Stromerzeugung ist noch nicht marktreif und bedarf weiterer Forschung. Grosse Strombeiträge sind wohl frühestens ab 2030 zu erwarten. Bis dann wird aber der Umstieg auf andere Energieträger – Wind und Sonne – bereits weit fortgeschritten sein.

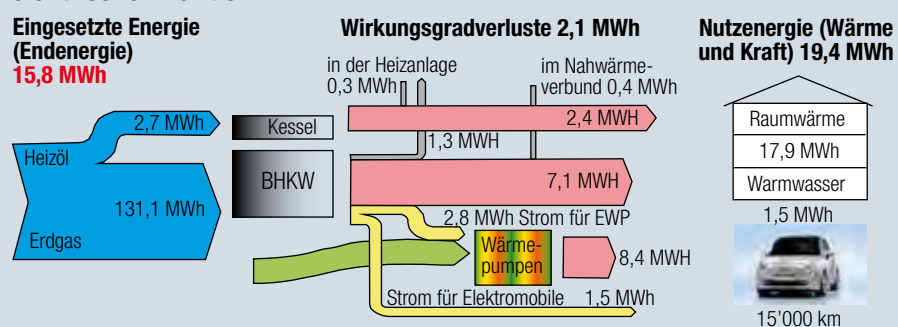
Verbrauch heute: schlechte Effizienz bei Wärme und Mobilität



Grafik 105, Quelle: EnergieSchweiz / Bundesamt für Energie (2011)

Die Exergie (Arbeitsfähigkeit) fossiler Heizenergie wird schlecht genutzt. Verbrennungsmotoren haben einen miserablen Wirkungsgrad.

Bessere Wirkungsgrade dank Wärmekraft-Kopplung, Wärmepumpen und elektrischer Traction



Grafik 106, Quelle: EnergieSchweiz / Bundesamt für Energie (2011)

Der Verbrauch fossiler Energie und die CO₂-Emissionen sinken um 55 Prozent.

Strategie mit Wärmekraft-Kopplung für die Schweiz

Endenergiebedarf	Heizleistung	Energie-Verbrauch 2006 (TWh)		
		Gas	Öl	Total
< 80 MWh	< 40 kW	2.8	12.2	15.0
80 – 200 MWh	40 – 100 kW	2.8	9.4	12.2
0.2 – 1 GWh	100 – 500 kW	4.7	9.9	14.6
1 – 2 GWh	500 – 1'000 kW	3.8	10.3	14.1
2 – 20 GWh	1 – 10 MW	4.2	13.2	17.4
20 – 50 GWh	10 – 25 MW	0.9	1.7	2.6
> 50 GWh	> 25 MW	7.2	0.1	7.3
Total		26.5	56.8	83.3
Priorität Wärmepumpen		Priorität fossile WKK		

Grafik 107: Ersatzstrategie für fossile Kleinheizungen: Kleinanlagen bis 500 kW werden alle ersetzt, für grössere Heizungen ab 500 kW wird Stromerzeugung mit Wärmekraft-Kopplung zur Pflicht. Quelle: Hanspeter Eicher (2011)

Wärmekraft-Kopplung: Potente Brückentechnologie

In der Schweiz wird die Hälfte aller fossilen Energie in Heizungen verbrannt, um Raumwärme und Warmwasser bereitzustellen. Dabei entstehen etwa 20 Millionen Tonnen CO₂ oder rund 50 % der gesamten CO₂-Emissionen. Diese Wärme wird heute grösstenteils in konventionellen Heizkesseln erzeugt. Diese nutzen die physikalischen Eigenschaften der fossilen Brennstoffe nur ungenügend aus. Sie könnten durch energieeffizientere Technologien – die sogenannte Wärmekraft-Kopplung – einen doppelt so hohen Nutzungsgrad erreichen.

Wärmekraft-Kopplungen (WKK) und Blockheizkraftwerke (BHKW) sind Anlagen, die gleichzeitig Strom und Wärme produzieren – zum Heizen, für Warmwasser, für Prozesse oder zum Kühlen. Statt des Bezugs von Strom aus dem Netz und Wärme vom Heizkessel produziert eine WKK-Anlage beide Energieformen selber. Weil im Winter mehr Wärme gebraucht wird, steigt auch die Stromproduktion – dies entspricht dem Bedarf.

Aus thermodynamischer Sicht geht bei der Erzeugung von Wärme im Heizkessel die Arbeitsfähigkeit (Exergie) des Brennstoffs verloren. Wärme ist Anergie, sie lässt sich nicht mehr in andere Energieformen umwandeln – im Gegensatz zur Exergie: Aus Strom wird z.B. Licht, Bewegung, Wärme.

Wärmekraft-Kopplung nutzt durch Erzeugung elektrischen Stroms die Exergie des Brennstoffs. Wird ein Teil des Stroms für Wärmepumpen genutzt, die Ölheizungen ersetzen, lässt sich eine grosse Menge zusätzlicher Elektrizität erzeugen, ohne dass die CO₂-Emissionen ansteigen. Der Einbau von Wärmekraft-Kopplung ist vor allem in grossen Heizkesseln rationell und spezifisch kostengünstig. Der Baselbieter Energie-Unternehmer Hanspeter Eicher hat dazu folgendes Konzept skizziert:¹⁹

- Kleinere Heizkessel und Elektroheizungen, die rund 41,6 TWh Gas, Öl und Strom verbrauchen, werden nach Ablauf ihrer Nutzungsdauer durch Wärmepumpen oder andere Energiequellen (Holzpellets, solar usw.) ersetzt. Bis 2030 werden so ca. 50 % der Anlagen ersetzt werden, vorwiegend solche unter 100 kW.
- Wärmekraftkopplungsanlagen werden in allen grossen Heizungsanlagen installiert (Schulen, Verwaltungsgebäude, Spitäler, grosse Überbauungen). Da diese Anlagen nur die Grundlastwärme liefern, wird ein Teil der bisherigen Heizkessel für die Spitzenlast weiterhin benötigt. So ist es möglich, die Wärmekraftkopplungsanlagen ohne zusätzliche Abschreibungen schnell zu realisieren. Insgesamt könnten ca. 2500 Anlagen installiert werden, die ein Strompotenzial von schätzungsweise 10,6 TWh liefern. Dies entspricht ungefähr der Produktion des AKWs Leibstadt.

Potenzielle Wärmekraft-Kopplung bis 2030 (Eicher 2011)

Elektrische Leistung Wärmekraftkopplung	2500 MW
Elektrische Leistung Wärmepumpen	1700 MW
Zusatzstromproduktion WKK (Winterhalbjahr)	10,6 TWh
Stromverbrauch Wärmepumpen	3,6 TWh

Ergänzt wird diese Strategie durch Effizienzgewinne, durch den Einsatz von Biomasse (mittelgrosse Anlagen) und Solarenergie anstelle fossiler Brennstoffe. Neue Baustandards führen zu einer kleineren Dimensionierung der Heizungen in Neubauten und in sanierten Altbauten.

Stromerzeugung aus Biogas



Grafik 108, Quelle: EnergieSchweiz, H.-Chr. Angele

In der Nacht wird Methan gespeichert, um für die Stromerzeugung die höheren Tagesstarife zu nutzen.

Wärmekraft-Kopplung = Wärme und Strom aus dem Heizkessel

Wärmebereitstellung mit Heizkessel

Fossiler Brennstoff oder Holz
100 PJ
(1 PJ = 0,27 TWh)

1 Mio. Heizkessel
(Verluste 10%)

Nutzwärme
90 PJ

Blockheizkraftwerk und Wärmepumpe

Fossiler Brennstoff oder Holz, 100 PJ
(1 PJ = 0,27 TWh)

Umgebungs-
wärme 26 PJ

Verluste

BHKW
(35% / 55%)

WP (JAZ 4)

Nutzwärme
55PJ

Nutzwärme
35PJ

Nutzwärme
90 PJ

Elektrizität
26 PJ
ins Netz

Grafik 109, Quelle: EnergieSchweiz, Michael Kaufmann (2010) / Eigene Bearbeitung

Mit Wärmekraft-Kopplung wird die Leistungsfähigkeit fossiler und biogener Brennstoffe besser ausgenutzt.

Holz, Biogas und Biomasse: Die (fast) Alleskönner

Im Schweizer Wald und in biogenen Abfällen schlummern grosse ungenutzte Energie-reserven. Ihre Nutzung liesse sich vervielfachen, so eine Studie des Bundesamts für Energie über die Potenziale von Holz, Gülle, Gras und Abfällen. Rund ein Zehntel des Stromverbrauchs liesse sich damit decken, und es bliebe genug Holz zum Heizen übrig:

«Unter dem neuen Stromversorgungsgesetz soll der Anteil der neuen erneuerbaren Energien bis 2035 auf 10% des gesamten Elektrizitätsverbrauchs, d.h. ca. 5.6 TWh, gesteigert werden. 100% dieses Zielwerts [könnten] durch die Erzeugung von Strom aus Biogas- und Holzverga-sungsanlagen erbracht werden.»²⁰

Die Reichweite der einheimischen Biomasse lässt sich weiter erhöhen, wenn die Gebäu-dehüllen besser gedämmt werden. Schätzungsweise gegen die Hälfte aller Liegenschaf-ten könnte mit Hilfe von Holz, Fernwärme aus Abfällen und Abwässern oder mit Biogas beheizt werden, wenn ein Gebäudestandard auf dem «Minergie»-Niveau durchgesetzt würde (30–50 kWh Verbrauch pro m² Wohnfläche und Jahr, entsprechend 3–5 Litern Heizöl). Dank den gestiegenen Ölpreisen ist Wärme aus Holz heute wettbewerbsfähig. Technische Neuerungen wie die vollautomatischen Holz-Pellet-Öfen machen die Nut-zung komfortabler und reduzieren die Luftemissionen beträchtlich. Sie verbreiten sich deshalb sehr rasch.

Holz, Biogas und Biomasse sind CO₂-neutral. Die Sonne liefert die Energie. Die Foto-synthese bildet mittels Lichtenergie aus Kohlendioxid und Wasser energiereiche organi-sche Verbindungen – Kohlenhydrate. Durch Verbrennung oxidieren diese Kohlenhydrate wieder zu CO₂ und Wasser, wobei die anfallende Energie genutzt werden kann. Da somit ein Kreislauf besteht, führt dies – im Gegensatz zu den fossilen CO₂-Quellen – nicht zu neuen CO₂-Emissionen und deshalb nicht zur Erwärmung der Atmosphäre.

Auch aus Kompost, Hofdünger (Gülle, Mist) und aus der Verwertung von Gras kann Strom und Wärme gewonnen werden. Biogas wird in Deutschland ins Erdgasnetz einge-speist und ist ein sinnvoller Ersatz für Benzin oder Diesel. Der Landwirt wird Energie-wirt – eine verlockende Perspektive angesichts der Sättigung der Märkte für landwirt-schaftliche Produkte.

Wenig sinnvoll ist die Umwandlung von Holz und Energiepflanzen in Treibstoffe. Die Wirkungsgrade sind schlecht, die Verluste mithin sehr gross. Es wäre sinnvoller, Strom (für Elektrofahrzeuge) oder Biogas (für Gasfahrzeuge) einzusetzen, denn die Holzpro-duktion ist in der Schweiz beschränkt und kann mit weit besseren Wirkungsgraden in Wärmekraft-Kopplungsanlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung verwendet werden. Auch in normalen Heizungen kann Holz die fossilen Energien im Verhältnis 1:1 ersetzen. Die CO₂-Reduktionen sind in diesen Verwendungen viel ergiebiger als bei der Umwand-lung in Treibstoff.

Weil Holz vielseitig verwendbar, aber nur beschränkt vorhanden ist, sollten wir jene Ver-sorgungswege beschreiten, die den höchsten ökologischen Nutzen bringen. Dies ist in Holzheizkraftwerken am ehesten der Fall, denn der energetische Wert (Exergie) wird hier maximal ausgenutzt. Und am wirksamsten ist die Substitutionswirkung von Holz wahrscheinlich in Grossanlagen mit Nah- und Fernwärmenetzen von bereits bebauten Stadtgebieten, die wegen der Auflagen des Heimat- und Denkmalschutzes oft nicht so effizient saniert werden können wie die Neu- und Ersatzbauten in den Agglomerationen und im ländlichen Raum. Grossanlagen können zudem kostengünstig mit den notwendi-gen Rauchgasreinigungen ausgestattet werden.

Teil 4

Höchstgelegene Windenergieanlage Europas (2.465 m.u.M.) im Gebiet Nufenen/Gries, Obergoms (Wallis). © Bild Swisswinds/SIG

Drei Strategien für den Umstieg

So werden die Atomkraftwerke ersetzt	129
Drei Strategien mit langfristig 100 % Erneuerbaren	131
Strategie mit Gas und Wärmekraft-Kopplung	133
Einheimische Erneuerbare senken Abhängigkeiten	135
Wirtschaftliche Optimierung: Ja, aber wie?	137
Verstärkung der Netze nach Nord und Süd	139
Kabel – wenn möglich – unter den Boden!	141
Risiken minimieren	143
Ästhetik, Umweltschutz, Partizipation	145

In **Teil 4** werden drei grundlegende Optionen für eine saubere Stromversorgung bis 2030 durchgerechnet (Seiten 128–137). Sie führen zu einem recht unterschiedlichen Mix an neuen Kapazitäten, unterscheiden sich in den gesetzlichen Rahmenbedingungen, beim Importanteil und bei den Kosten. Alle drei Strategien gewährleisten aber an jedem Tag und in jedem Monat des Jahres die volle Versorgungssicherheit mit Strom aus eigenen Kraftwerken, selbst bei wachsendem Stromverbrauch. Alle drei Strategien ermöglichen starke CO₂-Reduktionen und verzichten auf neue Atomkraftwerke wie auch auf fossile Grosskraftwerke.

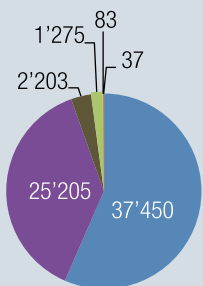
Darauf werden die technischen Anforderungen an die Transportinfrastrukturen aufgezeigt, insbesondere an die neuen Netze durch Europa (Seiten 138–145). Bei einer Strategie mit dezentraler Stromerzeugung verändert sich nicht nur der Netzbedarf, sondern auch die Eigentümerstruktur an neuen Kraftwerken. Wie in Deutschland werden die Grosskonzerne Marktanteile verlieren zugunsten von kleinen und mittleren Kraftwerken in Bürgerhand (Grafiken Seite 140, 144).

Drei Strategien für den Umstieg

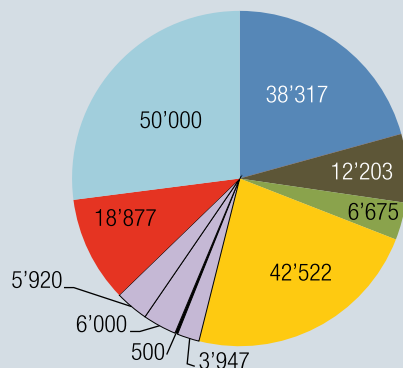
Erneuerbare Stromerzeugungs-Potenziale 2030

(inkl. CH-Kraftwerke an EU-Standorten und Stromerzeugung für den Stromhandel)

Stromerzeugung 2010, 66 TWh



Potenziale 2030, 185 TWh

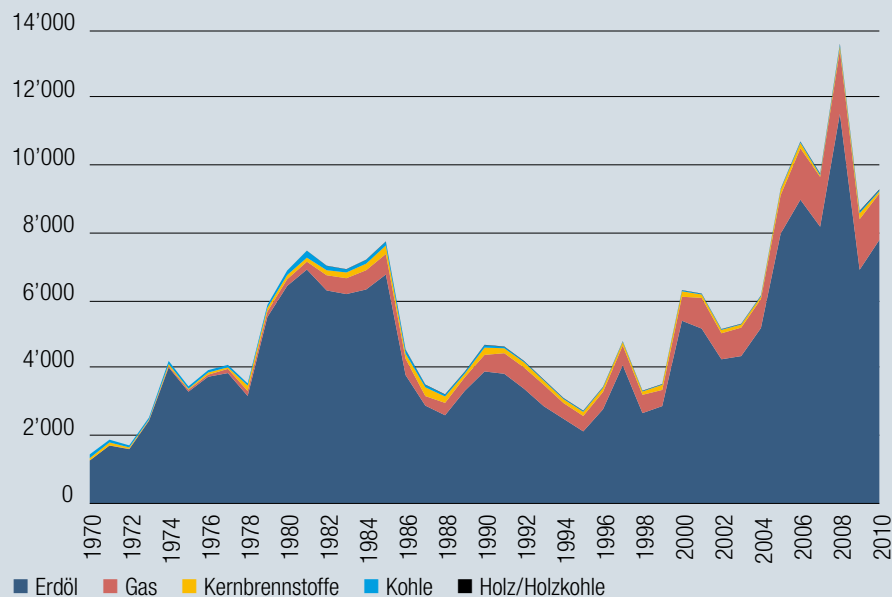


■ Wasserkraft ■ Atomkraft Schweiz ■ Wärmekraftkopplung fossil
■ Ökostrom aus ARA, KVA, Biogas und Holz ■ Photovoltaik Schweiz ■ Windenergie CH
■ Geothermie ■ CH-Windbezugsrechte EU onshore ■ CH-Windbezugsrechte EU offshore
■ Bestgerätestrategie ■ Reserve Windkraft Nordsee

Grafik 110, Quelle: Studien von Verwaltung und Industrie (siehe Quellverzeichnis, Teil 1, 15)

Die Schweiz könnte das Dreifache des heutigen Stromverbrauchs decken. Die Grafik skizziert die verschiedenen Handlungsmöglichkeiten.

Ausgaben für Energieimporte (in Mio. CHF)



Grafik 111, Quelle: Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2010

Die Ausgaben für Importe von nicht-erneuerbaren Energien sind in jüngster Zeit deutlich gestiegen.

So werden die Atomkraftwerke ersetzt

Aus den Angaben der Industrie und aus offiziellen Studien des Bundesamtes für Energie lassen sich neue Produktionsmöglichkeiten von mindestens 185 TWh identifizieren, also das Dreifache der heutigen Stromerzeugung der Schweiz.¹ Dieses Strompotenzial setzt sich aus vielfältigen Quellen zusammen: Solarenergie, Windenergie, Biomasse und Energieeffizienz sind die wichtigsten. Die bereits hoch entwickelte Wasserkraft wird modernisiert. Energiebezüge aus dem Ausland sind in unterschiedlichem Ausmass denkbar, doch sie werden nicht zwingend grösser im Vergleich zu heute. Da die meisten Nutzungstechniken von erneuerbaren Energien kurze Bauzeiten aufweisen, kann dieser Strom durchaus bis 2030 bereitgestellt werden. Voraussetzung ist, dass die regulatorischen Grundlagen dafür geschaffen werden: kostendeckende Vergütung, Revision des Bewilligungsrechts, Netzausbau, Vorschriften für Energieeffizienz. Der Ersatz der Atomkraftwerke sowie der Öl- und Gasheizungen bindet auf jeden Fall Geldmittel, egal welche Kraftwerke entstehen. Dies wird den Strompreis um einige wenige Rappen verteuern. Aber realwirtschaftlich dürfte die Energierechnung sinken, weil weniger teures Öl importiert wird und weil die Verwendung effizienter wird. Mit erneuerbaren Energien befreien wir uns zudem aus der Abhängigkeit von arabischen und russischen Lieferungen. Auch die CO₂-Emissionen und Strahlenrisiken gehen zurück. Im Jahre 2010 betrugen die Endverbraucherausgaben für Energie 30,5 Mrd. CHF (ca. 24 Mrd.€); für rund 10 Mrd. CHF (netto) wurde Energie importiert (Grafik). Durch die Umstellung auf Strom können sich die Konsumenten vor Preissprüngen schützen. Interessant ist, dass auch in den Szenarien des Bundesrates die kostengünstigste Lösung bei den erneuerbaren Energien geortet wird:¹

Bundesrat/Prognos Szenario	Gesamtkosten (real in Mrd. CHF)
Szenario A: 4 neue AKWs, 13,3 TWh Importe	152
Szenario B: 3 AKWs, 5 neue Gaskraftwerke	169
Szenario C&E: 5 Gaskraftwerke, 22 TWh erneuerbar	157
Szenario D&E: 11,5 TWh WKK, 22 TWh erneuerbar	163
Szenario E: 22 TWh erneuerbar, 5,6 TWh Import	157

Aus dem Potenzial von 185 TWh neuer Stromerzeugung gilt es, eine Auswahl zu treffen. Vorausgesetzt wird hier, dass auch ausländische Kraftwerks-Beteiligungen der Schweizer Elektrizitätswerke regulativ gesteuert werden. Konkret heisst dies, dass Windstrom-Importe aus dem benachbarten Ausland mit Einspeisevergütungen fest vergütet werden, wie wenn sie im Inland stünden. Damit entsteht Kostensicherheit für die Konsumenten und die Schweiz kann die Auflagen aus dem EU-Vertrag geregelt erfüllen. Wie in Deutschland lässt sich mit der Höhe von Einspeisevergütungen das «Fine-Tuning» des Stromangebots steuern. Verzichtet die Schweiz auf Strategien mit erneuerbaren Energien, macht sie sich in Zukunft stark von Gaskraftwerken und Stromimporten abhängig, und von den damit einhergehenden Preisvolatilitäten. Um solche Risiken zu vermeiden und um die Versorgungssicherheit auf sichere Grundlagen zu stellen, werden hier drei verschiedene Strategien entwickelt:

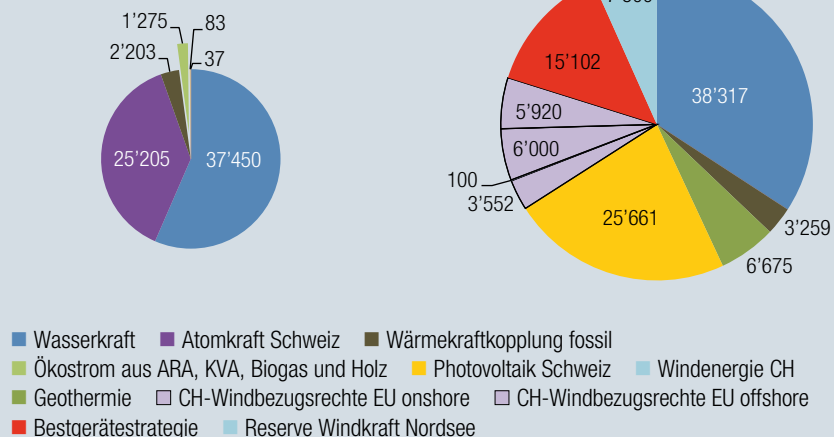
- solar & effizient
- Europäisch vernetzt
- Einheimisch mit Gas

Zwei dieser drei Wege basieren vollkommen auf erneuerbaren Energien. Die Strategie «inländisch mit Gas» kombiniert erneuerbare Energien mit Wärmekraftkopplung.

Strommix 2030 «solar&effizient»

Stromerzeugung 2010, 66 TWh (nur CH)

Strommix 2030 solar&effizient, 112 TWh



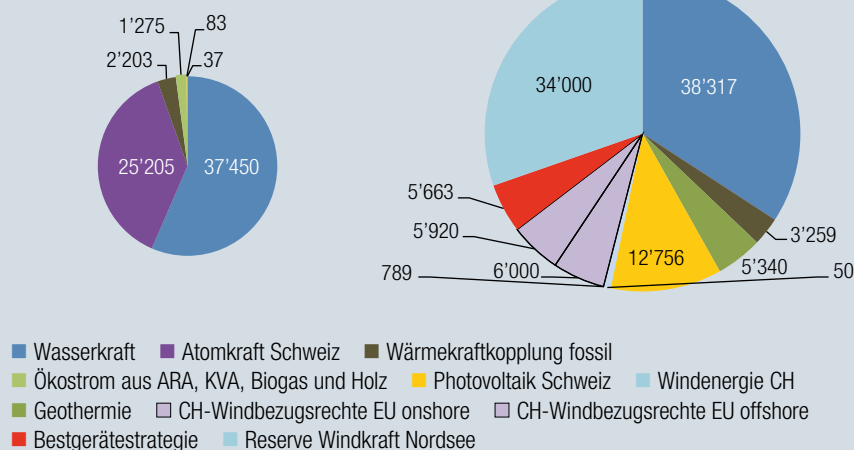
Grafik 112, Quelle: Eigenes Modell

Die «solar & effizient»-Strategie kombiniert eine Bestgeräte-Politik mit Solarenergie, Wasserkraftnutzung, etwas Wind, Biomasse und wenig Wärmekraftkopplung.

Strommix 2030 «europäisch vernetzt»

Stromerzeugung 2010, 66 TWh (nur CH)

Strommix 2030 europäisch vernetzt, 108 TWh



Grafik 113, Quelle: Eigenes Modell

Die «europäisch vernetzt»-Strategie deckt den zusätzlichen Bedarf aus möglichst kostengünstigem Import von erneuerbaren Energien aus dem angrenzenden Europa.

Drei Strategien mit langfristig 100 % Erneuerbaren

Alle drei Strategien sind in der Lage, die Zielgrösse von 112 TWh Stromerzeugung saison- und tagesgerecht bereitzustellen. In diesem Wert inbegriffen ist die Produktionsbasis im Ausland für den Stromhandel und eine Reserve für die Versorgungssicherheit. Der Kraftwerksbestand wird auf erneuerbare Energien getrimmt. Inländische Atomkraftwerke werden nicht durch ausländische Kohle- oder Atombeteiligungen abgelöst.

1. Die «solar&effizient»-Strategie basiert auf einer Bestgeräte-Politik für Geräte und Energieverbräuche jeglicher Art (80 % Bestgeräte vom Bestand), kombiniert mit einem starken Ausbau von solaren Dachanlagen und alpinen Solarstromkraftwerken, einer weiterhin starken Wasserkraftnutzung, etwas Wind, Biomasse und wenig Wärmekraftkopplung. Daraus ergibt sich eine 100 % erneuerbare Produktion, die in der Ganzjahresbetrachtung ausschliesslich aus einheimischen Energien gewonnen wird. Im Winter bleiben geringe Windstromimporte notwendig. Sie werden durch sommerliche Wasserkraft- und Solarstromexporte ausgeglichen. Übers Jahr gesehen bleibt die Schweiz «stromautark».

2. Die «europäisch vernetzt»-Strategie deckt den zusätzlichen Bedarf stärker durch Auslandsbeteiligungen und Importe. Die einheimische Wasserkraft wird durch Windenergie aus West- und Nordeuropa ergänzt, sowie durch kleine Mengen Solarstrom aus Südeuropa. Die Energieeffizienz (nur 20 % Bestgeräte vom Bestand) und die kleinere Zahl der Solaranlagen tragen deutlich weniger zur Deckung des Bedarfs bei. Die bestehende Wasserkraft und die neuen Windstromimporte werden mit etwas einheimischer Biomasse und Windkraft kombiniert. Der Importanteil ist im Winter recht hoch. Solange diese Stromimporte aus Beteiligungen in Schweizer Hand stammen und mit Einspeisevergütungen vergütet werden, ist die Liefer- und Kostensicherheit nicht in Frage gestellt. Weil die Winterbeiträge aus Windkraft stammen, könnten diese Importe langfristig die billigsten überhaupt sein. Die Schweizer Stromfirmen können besonders profitieren, indem sie die Stromimporte auf jene Phasen fokussieren, in denen am Markt billige Windstromüberschüsse vorhanden sind, und in der übrigen Zeit auf Speicherseen zurückgreifen.

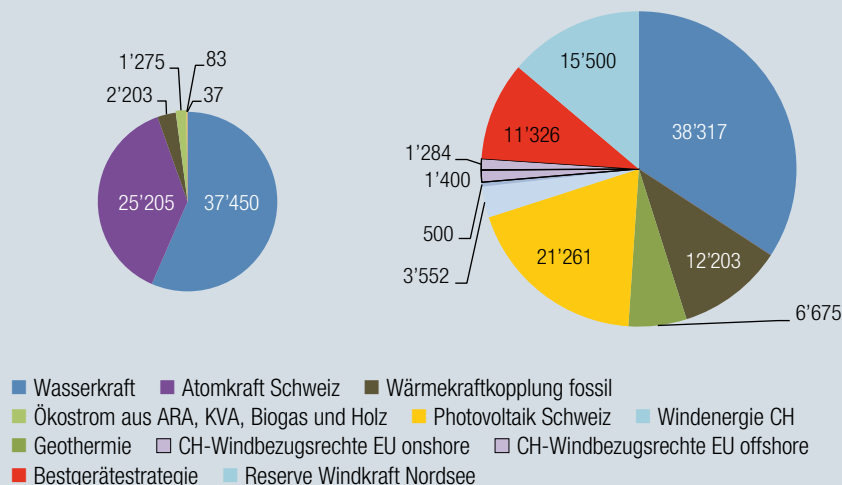
Beide Strategien liefern eine robuste Versorgungssicherheit. Sie können als «first best» und «second best» angesehen werden. Die Strategie mit Windstrom-Importen könnte sich automatisch ergeben, wenn es politisch nicht gelingt, die Rahmenbedingungen hinreichend zu verbessern. Sie wäre dann quasi das «Weiter-wie-bisher»-Szenario: ungenügende Effizienzvorschriften, keine Solaranlagen in den Alpen, Restriktionen auf den Hausdächern, eine Blockade der Einspeisevergütungen trotz Warteliste und fehlende Standorte für Windturbinen. Da die Atomlobby neue Atomkraftwerke im Inland trotzdem kaum durchsetzen kann, würde sich die Nachfrage ins Ausland, und dabei zwangsläufig auf einen grossen Teil Windenergie verlagern.

Ein Energievertrag mit der EU wäre für die zweite Strategie vorteilhaft. Er würde die Stromdurchleitung rechtlich absichern und die Leitungsreservationen der Atomlobby beenden. Der Stromhandel würde auf sichere Grundlagen gestellt.

Strommix 2030 «binnenorientiert mit Gas»

Stromerzeugung 2010, 66 TWh (nur CH)

Strommix 2030 binnenorientiert + Gas, 112 TWh

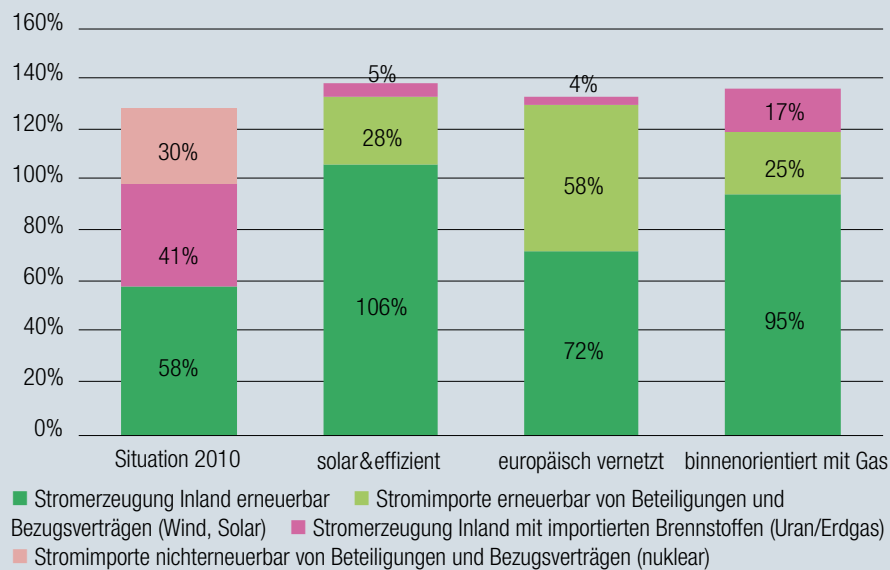


Grafik 114, Quelle: Eigenes Modell

Die Strategie «einheimisch mit Gas» basiert auf einer rein inländischen Stromerzeugung, aber das Erdgas kommt aus dem Ausland.

3 Strategien einheimischer Stromerzeugung und Importe, gesamte Verfügbarkeit in Prozent des Landesverbrauchs

(100% = max. Landesverbrauch, Überschüsse für den Export)



Grafik 115, Quelle: Eigenes Modell

Bei der Strategie «solar&effizient» ist die Abhängigkeit vom Ausland am geringsten.

Strategie mit Gas und Wärmekraft-Kopplung

Eher im Sinne einer Reserveoption wurde die dritte Strategie formuliert:

3. Die Strategie «einheimisch mit Gas» basiert auf einer rein inländischen Stromerzeugung. Alle Kraftwerke stehen innerhalb der Landesgrenzen. Zu diesem Zweck werden die Solarstromanlagen stark ausgebaut und die Strategie bewegt sich auf einem anspruchsvollen Effizienzpfad (60% Bestgeräte) als das europäisch-vernetzt-Szenario. Um den Winterbedarf zu decken, werden Heizungen mit mehr als 1 MW Leistung obligatorisch zur Wärmekraft-Kopplung angehalten – mit Vorschriften oder Einspeisevergütungen. Diese dritte Strategie beinhaltet deswegen ebenfalls einen erheblichen Anteil an (vorläufig) nicht erneuerbaren, importierten Energien zur Stromerzeugung, namentlich Erdgas. Später könnte es gelingen, das Erdgas durch synthetisches Methan zu ersetzen, das aus Stromüberschüssen von Sonnen- und Windkraftwerken gewonnen wird. Ein gewisser Auslandsanteil bleibt auf der Ebene Primärenergie damit wahrscheinlich bestehen.

Obschon in dieser Strategie die Stromerzeugung hauptsächlich im eigenen Land erfolgt, ist sie durch den Bezug von Erdgas stärker vom entfernten Ausland abhängig als die ersten zwei Strategien. Deswegen ist sie auch mit eher grösseren Liefer- und Preisrisiken befrachtet als bei der Nutzung von kostensicheren erneuerbaren Energien aus dem Inland oder aus den Nachbarländern.

Bei der Strategie «solar&effizient» ist die Abhängigkeit vom Ausland am geringsten. Übers ganze Jahr betrachtet ist die Stromerzeugung im Inland 6 Prozent grösser als der Stromverbrauch (Grafik unten).

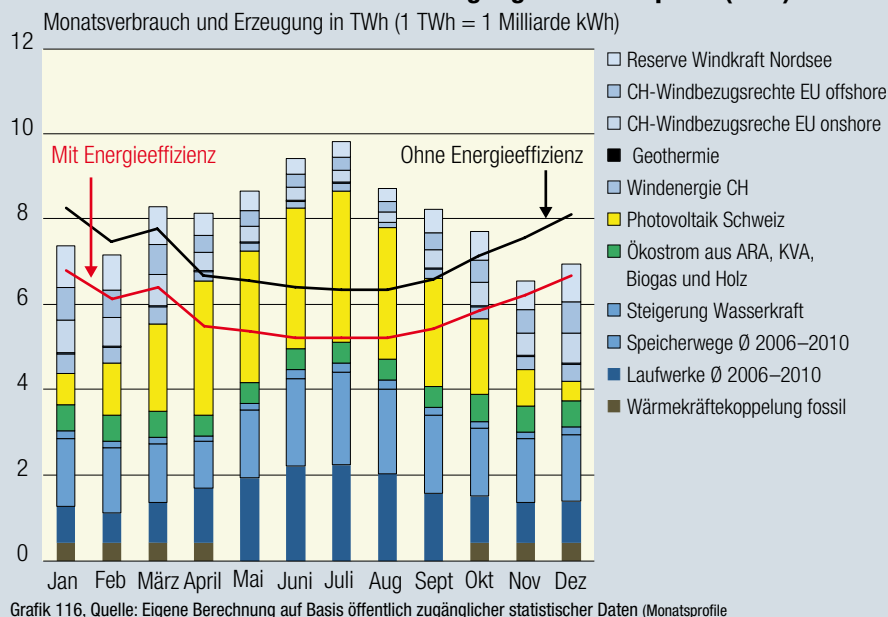
In der Strategie «europäisch vernetzt» steigt die Auslandsabhängigkeit auf 28 Prozent. Windenergie wird schwergewichtig in der kalten Jahreszeit importiert, die Importe sind grösser als heute. Trotzdem sind die Risiken auch hier noch vertretbar, denn dank den Speicherseen kann die Schweiz ein grosses Reservepolster für windschwache Tage vorhalten.

In der Strategie «einheimisch mit Gas» erfolgt die Stromerzeugung zwar zu über 100% aus inländischen Kraftwerken und ein Teil dieser Produktion muss exportiert werden. Die Stromversorgung im Sommer basiert hier auf einem hohen Inlandsanteil, doch im Winter ist die Abhängigkeit vom Erdgas ähnlich gross wie beim Einkauf von Windstrom in Strategie 2.

Da sich Erdgas in grossen Mengen schlecht lagern lässt, ist die Versorgungssicherheit mit Windenergie aus den Nachbarländern eher sicherer als jene mit Gas. Windkraftwerke können nicht, wie eine Pipeline, von leichter Hand abgestellt werden, und sie sind kostensicher.

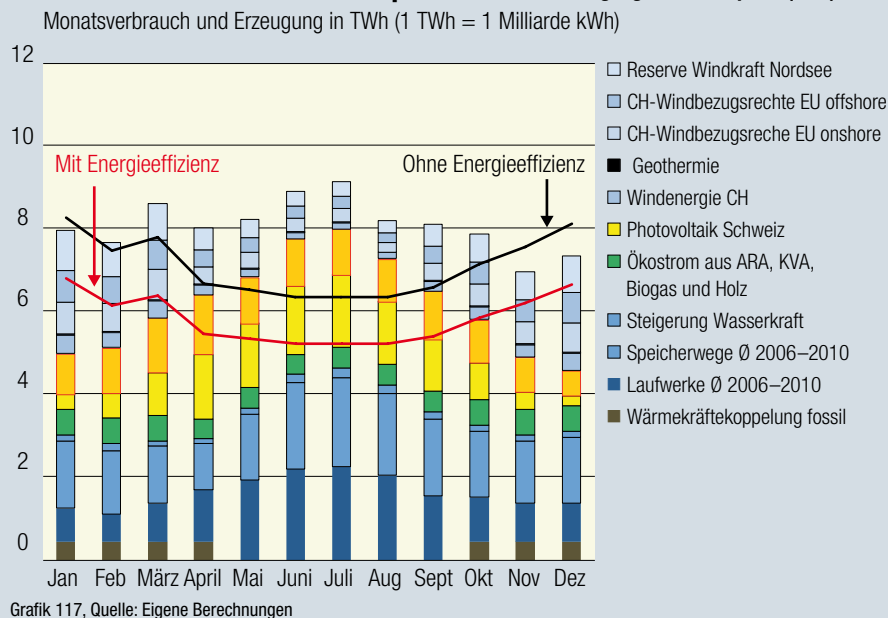
In der Europäischen Union ist die Gasförderung seit 2001 rückläufig. Selbst in Russland bestehen erhebliche Probleme, die Gasförderung weiter zu steigern. Auf längere Sicht werden sich die Erdgaspreise wegen der Ölknappheit weiter erhöhen. Die Nachfrage nach Benzin dürfte teilweise auf Erdgas überschwappen, weil es eine Vielzahl von funktionsfähigen Erdgasfahrzeugen gibt. Von Preissicherheit kann beim Erdgas keine Rede sein.

Szenario «solar&effizient»: Stromerzeugung im Monatsprofil (TWh)



Stromstrategie «solar & effizient» zeigt im Monatsprofil während 6 Monaten Überschüsse und ist während 6 Monaten auf Importe angewiesen. Die Importabhängigkeit ist ähnlich gross wie heute.

Szenario «solar&effizient» mit alpiner PV: Stromerzeugung im Monatsprofil (TWh)



Stromstrategie «solar & effizient» zeigt im Monatsprofil während 7 Monaten Überschüsse und ist während nur 5 Monaten lang auf (kleine) Importe angewiesen. Die Importabhängigkeit ist ähnlich gross wie heute.

Einheimische Erneuerbare senken Abhängigkeiten

Die Grafiken mit den Monatsdaten illustrieren die Neuausrichtung der Beschaffung je nach Jahreszeit und die Auswirkungen der Bestgerätepolitik. Werden Solaranlagen vorwiegend auf Hausdächern im Unterland erstellt, ergibt sich eine gewisse Überproduktion im Sommer während des Tages (Grafik oben). Sie muss zwischen Mai und August exportiert werden, kann aber die höheren Bezüge im Winter mengenmässig ausgleichen. Die Strategie «solar & effizient» kommt während sechs von zwölf Monaten ohne Stromimporte aus und ist im Winter auf Windkraft aus dem Ausland angewiesen, in ähnlichen Mengen wie dies heute mit Atomstromimporten geschieht.

Die Grafik unten zeigt die Beschaffungsstruktur mit demselben Mix, wenn die Hälfte der Solarstromanlagen an alpinen Standorten installiert wird. Es resultiert eine gleichmässige Verteilung der Solarstromproduktion über alle Jahreszeiten. Die Überschüsse im Sommer sind rückläufig. Besonders im Frühjahr ergibt sich eine bessere Ergänzung der Wasserkraft. Insgesamt resultiert ein höherer Beitrag aus inländischen Quellen dank der besseren Produktivität der Solar-Kraftwerke an Höhenlagen. Eine zu 100% Prozent einheimische Versorgung wird mit dieser Strategie während 7 von 12 Monaten erreicht. Der übrige (geringere) Bedarf wird aus europäischen Windkraftwerken beigesteuert, wobei der Importanteil im Winter sogar tiefer liegen könnte als mit dem heutigen Strommix.

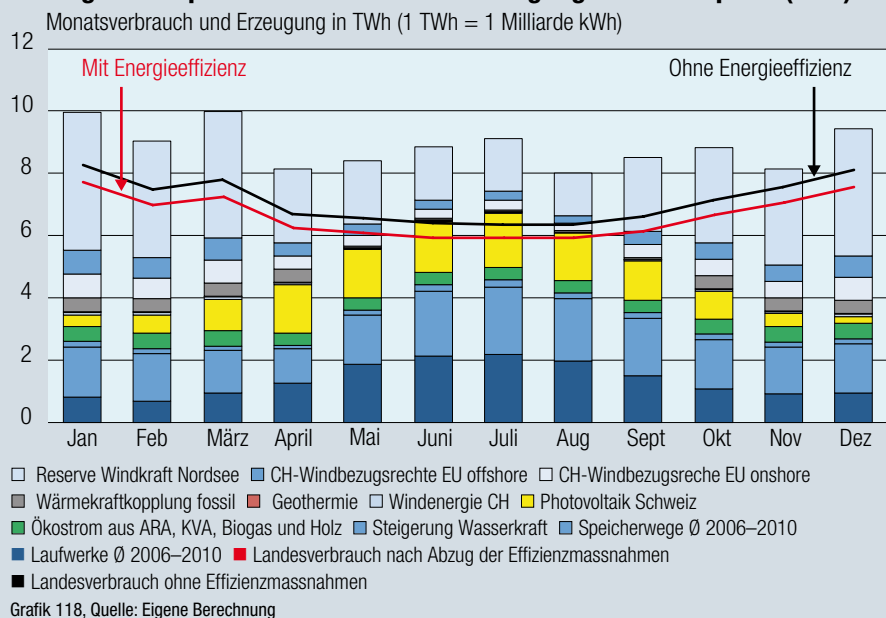
In der «solar & effizient»-Strategie werden Effizienzverbesserungen mit grossem Ehrgeiz verfolgt. Mögliche Effizienzgewinne werden, so die Annahme, zu 80% realisiert. Auch sie sind ein wichtiger Beitrag zur Versorgungssicherheit und zur Senkung der Auslandsabhängigkeit. Leider wurde sie auf Druck der Elektrizitätswirtschaft lange vernachlässigt; nach wie vor fehlen Vorschriften und Anreize. Wer in der Schweiz mit Strom heizt, erhält viel tiefere Tarife als Haushalte und Gewerbe.

Es gibt in der Schweiz Hunderttausende von ineffizienten Elektro-Widerstandsheizungen, die für die Verwertung von Nachtstrom aus Kohle- und Atomkraftwerken subventioniert werden. Ihr Ersatz und die Tarifierung dieses Stroms zu Gestehungskosten würde den Strombezug der übrigen Konsumenten sogar verbilligen.

Dazu kommen Millionen von veralteten Motoren und anderen Elektrogeräten, die durch bessere Anlagen ersetzt werden können. Der Ersatz dieser Anlagen senkt die Kosten der Verbraucher und ist kaum mit negativen Nebenwirkungen verbunden.

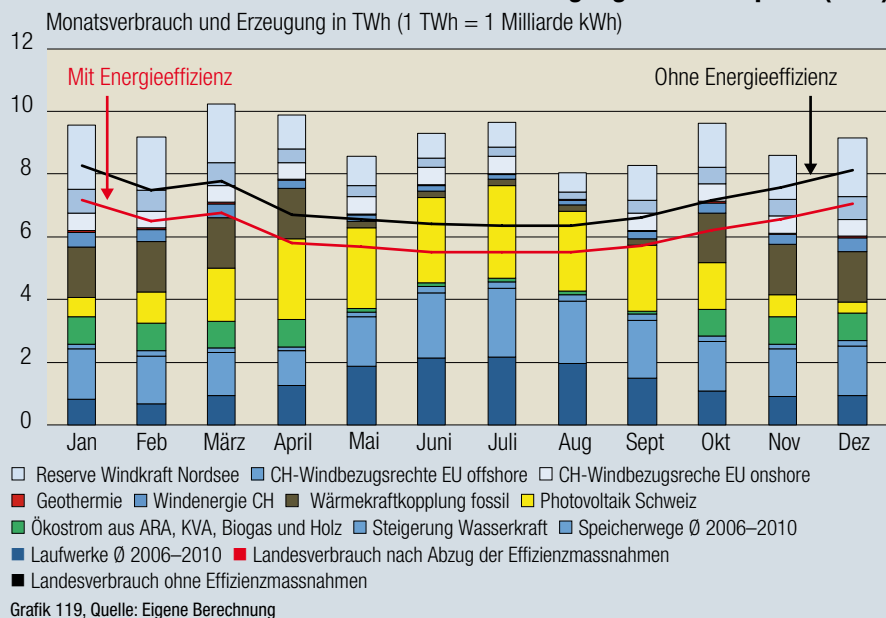
Mit der Ausdehnung des Stromhandels und mit der Verdrängung der Grundlast-Kraftwerke (Kohle und Atom) durch erneuerbare Energien wird das Interesse der Stromkonzerne sinken, Strom unter dem Marktpreis zu verkaufen. Eine Ersatzstrategie von Elektro-Widerstandsheizungen könnte deshalb Mehrheiten gewinnen, sobald die Vorteile richtig kommuniziert werden.

Strategie «europäisch vernetzt»: Stromerzeugung im Monatsprofil (TWh)



Die Stromstrategie «europäisch vernetzt» setzt während neun Monaten auf Stromimporte zu minimalen Kosten. Diese können von der Strombörse oder aus eigenen Beteiligungen im Ausland stammen.

Szenario «binnenorientiert mit Gas»: Stromerzeugung im Monatsprofil (TWh)



Die Stromstrategie «einheimisch mit Gas» setzt auf 100 Prozent inländische Erzeugung, ist aber im Winter auf Gasimporte angewiesen.

Wirtschaftliche Optimierung: Ja, aber wie?

Die «europäisch vernetzt-Strategie» verfolgt die Idee, erneuerbare Energien dort zu erzeugen, wo sie am reichlichsten und am kostengünstigsten sind. Sonnenenergie aus dem Süden wird mit Windenergie aus ganz Europa verknüpft, und zwar an Standorten mit den niedrigsten Erzeugungskosten. Ob sich diese geografisch diversifizierte Strategie tatsächlich als besonders kostengünstig erweist, lässt sich heute nicht mit Sicherheit sagen. Erhebliche Zusatzkosten sind nämlich durch den Ausbau der Stromnetze zu erwarten, um die erneuerbaren Energien in die bevölkerungsreichen Zentren zu transportieren. Der internationale Stromhandel nimmt seit Jahren zu. Die Europäische Union ist daran, die Netzverknüpfungen laufend zu verbessern und hat dafür erhebliche Mittel gesprochen. Ob dazu eine neue Ausbaustufe kommt, das sogenannte «Supergrid» basierend auf Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungsleitungen (HGÜ), ist noch ungeklärt. Möglicherweise bleibt es bei regionalen Verknüpfungen, die eng auf die effektiven Kraftwerksausbauten abgestimmt werden. Dies würde verhindern, dass neue Anbieter von Atomstrom aus Frankreich oder Osteuropa die neuen Netze für ihre Zwecke missbrauchen und mit nichterneuerbaren Energien «zupflastern».

Wegen der rasanten Preissenkungen insbesondere für Photovoltaik und der voraussichtlichen Kostenreduktionen der Offshore-Windenergie ist eine Kostenoptimierung mit Unsicherheiten verbunden.

Die Kosten einer europäisch integrierten Strategie scheinen heute wohl auf den ersten Blick tiefer, weil sich die Einspeisevergütungen für Windenergie in Europa auf einem Niveau von 3–9 €/kWh bewegen (onshore), während die Photovoltaik im Jahr 2012 auf 18 bis 24 €/kWh zu veranschlagen ist (Angaben für Deutschland). Die Kosten für Photovoltaik sinken jedoch so rasch, dass über die «wirtschaftlichste» Kombination keine sicheren Aussagen gemacht werden können. Zudem hat die Windenergie Mühe, mangels Standortbewilligungen an Land, und muss zunehmend auf die Standorte im Meer ausweichen. Dort werden die Gestehungskosten erst mit der Zeit sinken und bewegen sich vorerst auf einem Niveau (ca. 18 €/Cent/kWh), der von der Photovoltaik bald unterboten werden dürfte.

Fazit: Bezieht man die Kosten der nötigen Netzredundanzen in die Betrachtung mit ein, ist die Nutzung von zweit- und drittklassigen lokalen Ressourcen in der Schweiz mit Photovoltaik und Windenergie nicht zwingend teurer als das Engagement in weit entfernte Windfarmen mit hoher Standortqualität. Mitentscheidend sind das saisonale Profil und der «Wert» lokaler Eigenproduktion.

So oder so wird der Ausbau der Wind- und Solarenergie den übrigen Kraftwerkspark stark beeinflussen, denn die Produktionsüberschüsse drücken die Preise, belasten dadurch insbesondere die Erzeuger von Bandenergie und beeinflussen den Stromhandel. Schon heute sind manche städtische Stromverteiler aus der Schweiz daran, Windfarmen in Europa zu erwerben. Sie werden sich auch an Offshore-Windkraftwerken beteiligen. Es ist zu erwarten, dass diese Kraftwerke im Winter erhebliche Überschüsse produzieren und dadurch die einheimischen Solarkapazitäten von kleinen Investoren zur richtigen Jahreszeit ergänzen.

Nötige Transfer-Kapazitäten eines Supergrids aus Sicht der EU-Kommission



Grafik 120: Die EU will die Netze in Europa verstärken. Die Schweiz riskiert, grossräumig umgangen zu werden. Quelle: Tom Howes, EU-Kommission

Norned-Verbindung: 700 MW Gleichstrom – 580 Kilometer Distanz



Grafik 121, Quelle: Tennet AG

Die neue Gleichstromleitung von den Niederlanden nach Norwegen spielte ihre Baukosten in wenigen Jahren ein.

Verstärkung der Netze nach Nord und Süd

Gemessen am Eigenverbrauch ist die Schweiz sehr gut mit den Nachbarländern vernetzt. Die Schliessung von Atom- und Kohlekraftwerken wird dazu führen, dass mehr Platz für den Transport von Wind- und Solarstrom frei wird. Zur Vernetzung der Windfarmen in Nordeuropa wird ein europaweiter Netzausbau unumgänglich sein. Die Kosten sind keineswegs prohibitiv.

Das 580 km lange Gleichstrom-Unterseekabel von Holland (Eemshaven) nach Norwegen (Feda) für 600 Millionen Euro verschaffte den Holländern Zugang zu den grossen Stromspeichern in Norwegen. Dies dämpfte die Strompreise und brachte dem Netzbetreiber sofort hohe Deckungsbeiträge – sprich Gewinne. Die Leitung hatte nach zwei Monaten Betrieb bereits 8 Prozent der Baukosten eingespielt, wie die Übertragungsgesellschaft Tennet berichtete! Da die Netzgebühren staatlich reguliert werden, kommen diese Gewinne nach erfolgter Abschreibung der Anlagen ganz den Konsumenten zugute.

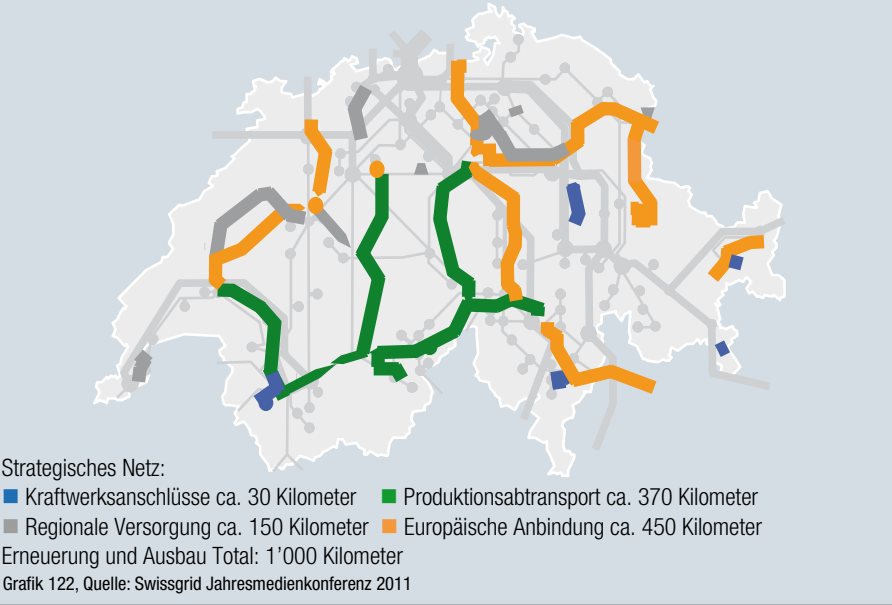
Auslandverbindungen der Schweiz NTC Net transfer capacity (2011)	Importe MW	Exporte MW
Österreich	296	1200
Deutschland	1104	4000
Frankreich	3000	1100
Italien	1660	1405
Total	6060	7705

Die grössten Netzengpässe bestehen nicht an den Landesgrenzen, sondern innerhalb der Nachbarländer Deutschland, Frankreich und Italien. Ein übergeordnetes Netz mit Gleichstromleitungen könnte dazu beitragen, Engpässe zu beseitigen. Es entstehen neue Handelsbeziehungen für die Verwertung von saisonalen Überschüssen, und das Netz eröffnet neue Speichermöglichkeiten. Damit erhöht sich die Versorgungssicherheit. Die Verknüpfung vieler neuer Kraftwerke in einem einzigen offenen Netz wirkt aber auch preisdämpfend.

Netzverstärkungen wären auch notwendig, wenn klassische Grosskraftwerke gebaut würden – eine Folge des Verbrauchsanstiegs. Geht es nach der EU, wird sich ein neues «Supergrid» vom Norden Deutschlands bis nach Norditalien erstrecken und von Spanien über die Schweiz bis nach Osteuropa. Ob es gebaut wird, ist offen. Die grossen Schweizer Stromkonzerne müssten an einer guten Netzanbindung eigentlich ein eminentes Interesse haben, denn nur so können die Milliarden-Investitionen in die neuen Pumpspeicherwerke amortisiert werden.

Innerhalb der Schweiz müssen die neuen Pumpspeicher-Kapazitäten in den Alpen besser an die Bevölkerungszentren angebunden werden. Entsprechende Aktionspläne sind in Erarbeitung. Es wäre aber falsch, die Kosten des Netzausbaus allein den neuen Kraftwerken anzulasten. Vielmehr sollten nicht nur die Pumpspeicherwerke, sondern alle erneuerbaren Energien Wind- und Solar-Kraftwerke kalkulatorisch von den Netzgebühren befreit werden, wenn sie das Versorgungssystem sicherer machen.

6 Mrd. CHF für eine sichere und nachhaltige Energiezukunft



Für den strategischen Netzausbau sollen 6 Milliarden Franken investiert werden. Ein Ausstieg aus der Atomenergie wäre laut Swissgrid bis 2020 möglich.

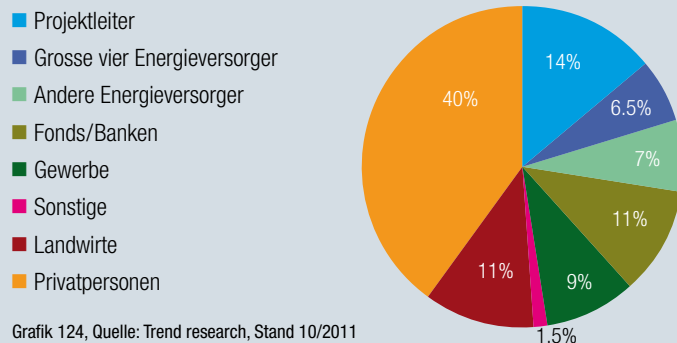
Anbindung der Nordsee-Windenergie in vier Clustern



Grafik 123, Quelle: IWES: Windenergie Report Deutschland 2010

Der Übertragungsnetzbetreiber TenneT will die Offshore-Windparks in vier grossen Clustern (BorWin, Sylwin, DolWin und HelWin) zusammenfassen und mittels Gleichstromkabeln mit dem Festland verbinden.

Erneuerbare Energien in Deutschland in Bürgerhand Verteilung der Eigentümer an der bundesweit installierten Leistung zur Stromerzeugung aus Erneuerbaren-Energien-Anlagen 2010 (53.000 MW)



Der überwiegende Teil an Kraftwerken mit erneuerbaren Energien befindet sich im Eigentum von privaten Investoren. Die alten Stromkonzerne spielen bloss eine Nebenrolle.

Kabel – wenn möglich – unter den Boden!

Auch beim Netzausbau ist neues Denken gefragt. Heute werden Engpässe oft nur sehr punktuell angegangen. Ein grosses, zusammenhängendes Transitnetz mit Gleichstrom könnte die Stromverluste, die Kosten und den Elektrosmog, die bei Wechselstrom ein Problem sind, erheblich senken.

Beispiele aus Deutschland und Frankreich zeigen zudem, dass Gleichstromkabel relativ problemlos auch über lange Strecken (50–70 km) unterirdisch geführt werden können. Mit Erdkabeln müsste es möglich werden, den Elektrosmog in bevölkerungsreichen Gebieten wirksam zu senken.

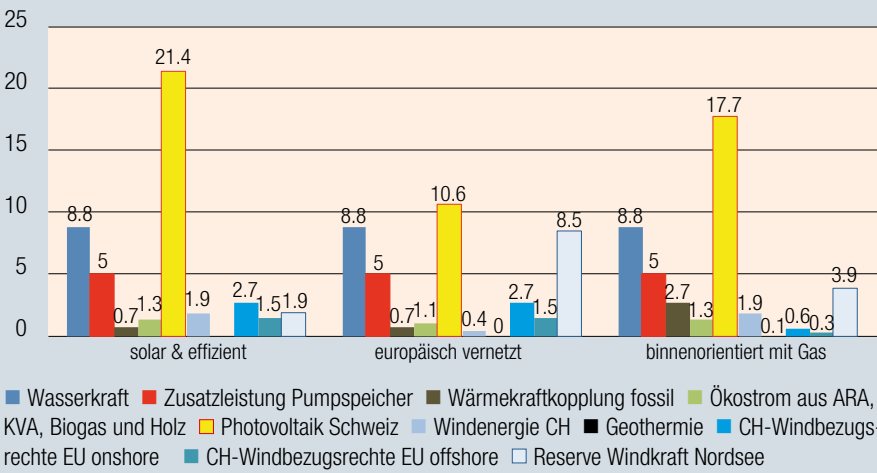
In Deutschland hat der Netzausbau für die Integration der Windenergie bereits begonnen. In der Nordsee sind vier Cluster von Windfarmen vorgesehen, deren Elektrizität mit Gleichstrom-Sammelkabeln ins Binnenland geführt wird. Auch im Binnenland muss die dezentrale Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien ans Netz angebunden werden, wogegen sich die Netzbesitzer – oft Betreiber von Kohle- und Atomkraftwerken – häufig wehren, weil sie Marktanteile verlieren und die Auslastung ihrer Grundlast-Kraftwerke absinkt.

Der gesetzliche Vorrang für Atomstrom zwischen Frankreich und der Schweiz verhindert, dass Stromimporte aus erneuerbaren Energien direkt von Frankreich in die Schweiz transportiert werden können. Diese Barrieren müssen beseitigt werden. Die EU-Kommission hat die Öffnung der Hochspannungsnetze in ihrem Hoheitsgebiet durchgesetzt, spricht aber noch immer von grossen Markthindernissen, bedingt durch Netzengpässe und durch die Dominanz weniger Grosskonzerne.

Die Öffnung und der Ausbau der Netze verbessern insbesondere die Marktposition der kleinen Erzeuger und der Stadt- und Gemeindewerke. Sie waren früher «gefangene Kunden», abhängig vom oberliegenden Netzbetreiber. In Zukunft können sie in völlig neuen Segmenten im In- und Ausland investieren, und viele haben bereits damit begonnen.

Die Eigentumsstrukturen in einer «erneuerbaren Welt» werden ganz andere sein als bisher. In Deutschland befindet sich der überwiegende Teil der Kraftwerke mit erneuerbaren Energien in Händen von Privatpersonen (40 Prozent), Bauern (11 Prozent) sowie Banken, Projektierer und Gewerbe (siehe Grafik unten). Die grossen Stromkonzerne befinden sich mit einem Anteil von 4 Prozent in einer Minderheitsposition – sehr lange haben sie die Wind- und Solarenergie boykottiert.³

Nennleistung Kraftwerkpark 2030 in Gigawatt (1 Gigawatt = 1000 Megawatt)



Grafik 125, Quelle: Eigene Berechnung

Die Grafik zeigt den Kraftwerkpark der drei Strategien in Gigawatt (tausend Megawatt) installierter Leistung (Zielhorizont 2030).

Regulative Anforderungen und Risiken

Technische und regulatorische Erfordernisse	solar & effizient	europäisch vernetzt	einheimisch mit Gas
Nutzungsvorrang für erneuerbare Energien auf Dächern, Fassaden und für eine gesetzlich zu definierende, geeignete Bodenfläche pro Kanton oder Gemeinde	x	x	x
Nord-Süd-Netzverstärkung in Europa	x	xx	
Einspeisevergütungen für erneuerbare Energien	xx	x	
Einspeisevergütungen oder Erzeugerbonus für Wärme-Kraft-Kopplung			x
Bestgerätevorschriften	x	(x)	x
Verbot neuer Atomkraftwerke, Verschärfung der Haftpflicht, Restriktionen für Gaskraftwerke	x	x	x
Gefahren und Risiken	solar & effizient	europäisch vernetzt	einheimisch mit Gas
Gaspreise / Lieferengpässe			!
Zusammenarbeit mit Nachbarländern (Windkraft gegen Spitzenstrom)		!	
Zusammenarbeit mit Nachbarländern (Zugriff auf Erdgas und Erdgasreserven)			!
Kosten für Netzausbauten (eher gering für die Schweiz, bedeutend in den Nachbarländern)		(!)	
Kosten für den Ausbau der Solarkraftwerke (mit der Zeit abnehmend)	!		
Zusatzkosten für Wärme-Kraft-Kopplung			!
Genehmigungen für Standorte	!	! (vorwiegend Nordsee)	
weitergehende CO ₂ -Kompensationskosten			!

Grafik 126

Risiken minimieren

Die Versorgungs- und Umweltrisiken nehmen mit einer Erneuerbaren-Energien-Strategie generell ab. Die Kapazitäten steigen. Je nach Strategie steigt die Nennleistung von Solarstrom um 10 bis 20 Gigawatt, die Windenergie um 0,4 bis 1,9 Gigawatt. 1,1 bis 1,3 Gigawatt leisten neue Biomasse-, Kehricht-, Klärschlamm- und Biogas-Kraftwerke. Bis zu maximal 12 Gigawatt zusätzliche Leistung kommt aus europäischen Windfarm-Beteiligungen, und maximal 2,7 Gigawatt an zusätzlicher Leistung könnten Wärmekraft-Kopplungs-Anlagen einbringen, wenn die Variante mit Erdgas zum Zuge kommen sollte.

Die Kraftwerke im Ausland in Schweizer Hand bilden die Grundlage für den Stromhandel. Sie kommen als Reservepolster für den Winter auch der Schweiz zugute, wenn Solar- und Wasserkraft weniger ergiebig sind. So bleibt die Versorgungssicherheit auch bei starkem Verbrauchswachstum oder in hydrologisch schwachen Jahren gewährleistet.

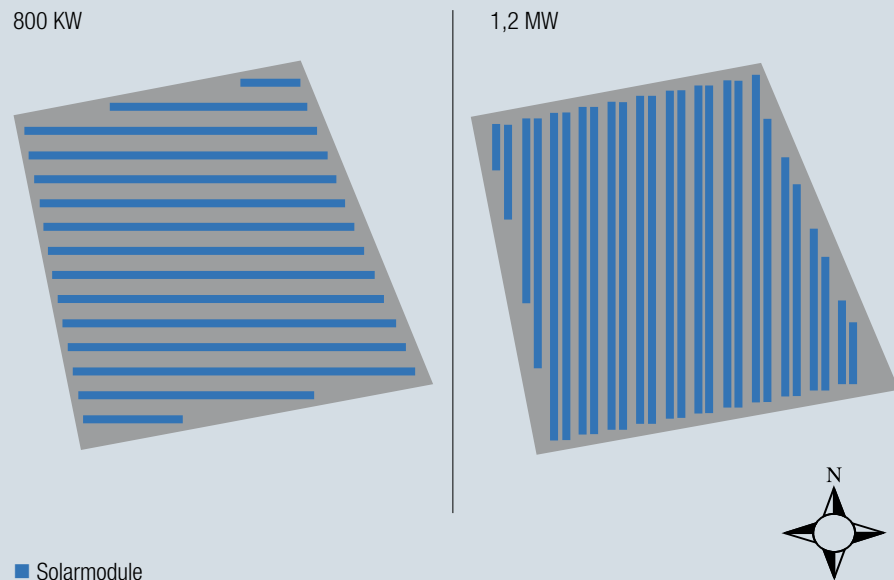
In der Schweizer Politik gibt es noch immer erheblichen Widerstand gegen erneuerbare Energien und die Kriegskassen der konventionellen Energieverkäufer sind stets gut gefüllt, um an Volksabstimmungen massiv Einfluss zu nehmen. Die Atom-, Erdöl- und Gaskonzerne und der Wirtschaftsverband Economiesuisse lieben es, Spielverderber zu sein. Sie verfolgen seit Jahrzehnten eine rundum destruktive Politik gegen Klimaschutz und erneuerbare Energien. Das Bewusstsein, dass die Bevölkerung durch die alten Atomreaktoren erheblichen Risiken ausgesetzt ist und dass man beim Erdgas keineswegs mit einer auf Jahrzehnte billigen Versorgung rechnen kann, ist in der Schweiz nicht sehr ausgeprägt.

Die neuen Mehrheiten im Parlament eröffnen aber Chancen. Es gibt Hoffnung. Die Schweiz ist ein föderalistisch strukturiertes Land. Es gibt Basisinitiativen von Gemeinden und Städten mit eigenen Netz- und Kraftwerksgesellschaften. Der Druck von unten, die Bereitstellung und Abgeltung von sauberen, erneuerbaren, dezentralen Energien zu verbessern, ist erheblich. Um zu gewinnen, sind eher viele kleine Schritte angesagt als ein einziges Gesamtpaket, das von der Atomlobby mit viel Geld an der Urne versenkt wird. Bei sinkenden Gestehungskosten für Solarstrom und Windenergie wächst die Akzeptanz. Die Zeit der nuklearen Albträume geht vielleicht schneller vorbei, als manche für möglich halten.

Um sich durchzusetzen, brauchen die erneuerbaren Energien aber nicht nur eine technische Weiterentwicklung, die zu tieferen Preisen führt. Es geht um viel mehr. Der gesamte regulative Rahmen muss erneuert werden: Abschaffung des Deckels für Einspeisevergütungen und Schaffung von echter Verantwortlichkeit bei den fossilen und atomaren Energien. CO₂-Emissionen müssen nach und nach stärker besteuert werden. Auf Ausnahmen für Gaskraftwerke, Flugverkehr, Schiffsverkehr und auf Geschenke an Grossunternehmen ist schrittweise zu verzichten.

Für Atomkraftwerke ist eine Regelung zu schaffen, welche die Haftpflichtversicherung auf mindestens 200 Milliarden Euro erhöht und die für den überschüssenden Teil der Kosten Ersatzabgaben vorsieht. Solche Versicherungssummen lassen sich international vernetzt durchaus organisieren, es fehlte bisher bloss der politische Wille.

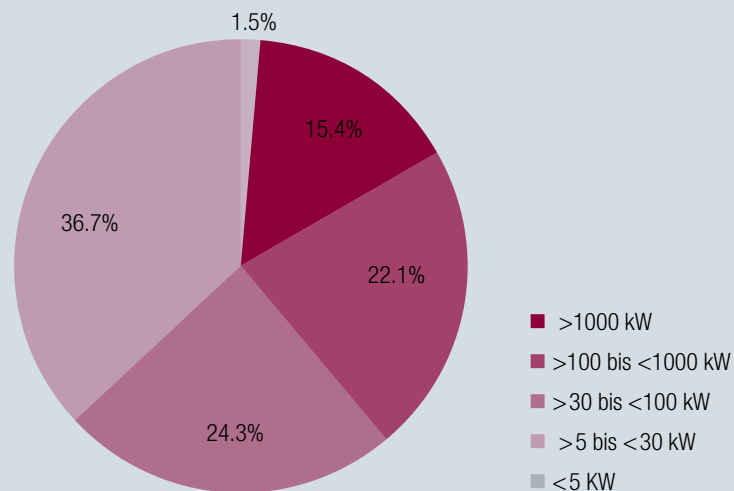
Bessere Flächennutzung in Ost-West-Ausrichtung



Grafik 127, Quelle: Photon Solar-Magazin Oktober 2011

Billigere Solarzellen ermöglichen die platzsparende Anordnung in Ost-West-Richtung.

Neu installierte Leistung nach Anlagengrösse von Solaranlagen (PV) in Deutschland 7'800'000 Kilowatt – 380'000 Anlagen, Oktober 2009 bis September 2010



Grafik 128, Quelle: Daten: Bundesnetzagentur

62,5 Prozent der neuen Solarleistung in Deutschland wurde in kleinen und mittleren Anlagen unter 100 kW Leistung installiert (2010).

Ästhetik, Umweltschutz, Partizipation

Auch in der Raumplanung sind neue Verfahren nötig. Der Bund sollte von jedem Kanton ausreichende Zonen zur Gewinnung von erneuerbaren Energien einfordern. Die Kantone sollten aber innerhalb bestimmter Vorgaben frei sein zu bestimmen, welche Techniken sie nutzen wollen, wobei die Flussläufe angesichts des bereits starken Ausbaus der Wasserkraft keine neuen Beeinträchtigungen erfahren sollten.

Bei den erneuerbaren Energien ist die Berücksichtigung des Umweltschutzes genauso wichtig wie bei den nichterneuerbaren Energien. Auf Agrotreibstoffe und neue Grosskraftwerke mit Wasserkraft sollte die Schweiz verzichten. Auf die ästhetische Integration der Photovoltaik sollte Wert gelegt werden. Billigere und effizientere Zellen können sich als platzsparend erweisen. So lässt sich mit einer Ost-West-Anordnung auf derselben Fläche bis zu 50 % mehr Leistung montieren als in der herkömmlichen Südausrichtung, ohne dass die Produktionskosten bedeutend steigen.

Mit der Variation der Einspeisevergütungen lassen sich der Ausbau des Kraftwerksparks und die Berücksichtigung von Umwelthanliegen steuern. Der einzigartige Erfolg dieses Instruments in Deutschland ist Beweis genug für den Weg, den es nun zu beschreiten gilt. Die Mehrzahl der neu installierten Leistung in Deutschland sind Kleinanlagen, die bürgernah aufgestellt die Akzeptanz der Bevölkerung geniessen. Das deutsche Modell wird weltweit kopiert, auch von solchen Giganten wie China oder Indien.

Die grosse Zahl der angemeldeten Projekte in der Schweiz ist Beweis genug, dass dieses Vergütungsmodell die dezentrale Stromerzeugung wirksam voranbringt. Einspeisevergütungen ermöglichen Anlagen für jedermann und machen die Projekte «bankable». Die Struktur der Eigentümer im Stromsektor verändert sich dadurch stark, der Markt wird vielfältig und die Stromerzeugung wird «demokratischer», weniger monopolistisch. Einspeisevergütungen sind das wichtigste Rezept eines sicheren und erschwinglichen Energiesystems, das auf unakzeptable Risiken verzichtet.

In der Schweiz gibt es viele umsatzstarke Solarfirmen und Zulieferer der Solar-, Wind, Wasserkraft- und Biogasindustrie. Sie produzieren auf Weltklassenniveau, exportieren aber mangels guter Rahmenbedingungen den grössten Teil ihrer Erzeugnisse. Die Firmen heissen Meyer-Burger, ABB, Oerlikon Solar oder Sputnik (SolarMax) mit Umsätzen von einigen Dutzend Millionen bis mehrere Milliarden Franken.

Die Schweiz verfügt damit über ein solides industrielles Fundament für den ökologischen Umbau. Dieser schafft neue Arbeitsplätze und holt einen Teil der Wertschöpfung in die Schweiz zurück, der heute für Öl und Gas ins Ausland fliesst. Sauberer Strom spielt beim Ersatz von Erdgas, Erdöl und Kohle eine zentrale Rolle: Wärmepumpen, Elektrofahrzeuge oder Verbrennungsmotoren mit synthetischem Methan können fossile Heizungen und Antriebe ersetzen. Die technischen Bausteine einer Vollversorgung mit erneuerbaren Energien sind heute erfunden. Die grosse Lücke besteht nicht in der Forschung, sondern bei der Durchsetzung. Fukushima könnte sich als wichtigster Türöffner erweisen.

Teil 5

Die Rahmenbedingungen für den Umstieg

Beispiel Deutschland: Strom «50% erneuerbar» bis 2020	149
Wie Deutschland bis 2030 auf 100% kommen kann	151
Weshalb Einspeisevergütungen überlegen sind	153
Die konkreten Vorteile der kostendeckenden Vergütung	155
Einspeisevergütungen bestimmen das Tempo	157
Der KEV-Deckel blockiert Zehntausende Projekte	159
Solarstrom ist immer Spitzenstrom	161
Keine Kostenexplosion durch die KEV zu erwarten	163
Wie die «KEV» zu reformieren ist	165
Der Preis des Umstiegs: 0 bis 10 Franken pro Haushalt im Monat	167
Mehrkosten von heute sind Ersparnisse von morgen	169
Erneuerbare drücken Strom-Börsen-Preise nach unten	171
Zum Beispiel der 16. Juli 2011	173

Teil 5 erläutert die zentralen Erfolgsrezepte, die in Deutschland ein dynamisches Wachstum der erneuerbaren Energien bewirkten (Seiten 148–153). Es wird gezeigt, welche Absenkung der Einspeisevergütungen in den kommenden Jahren zu erwarten ist und zu welchen Gestehungskosten die Ersatzenergien heute und morgen bereit stehen (Seiten 152–157).

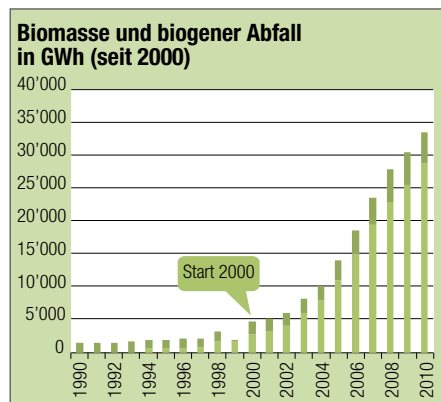
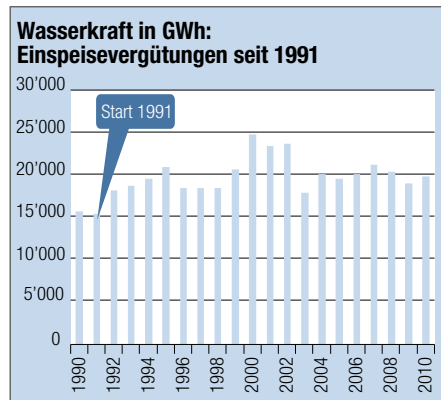
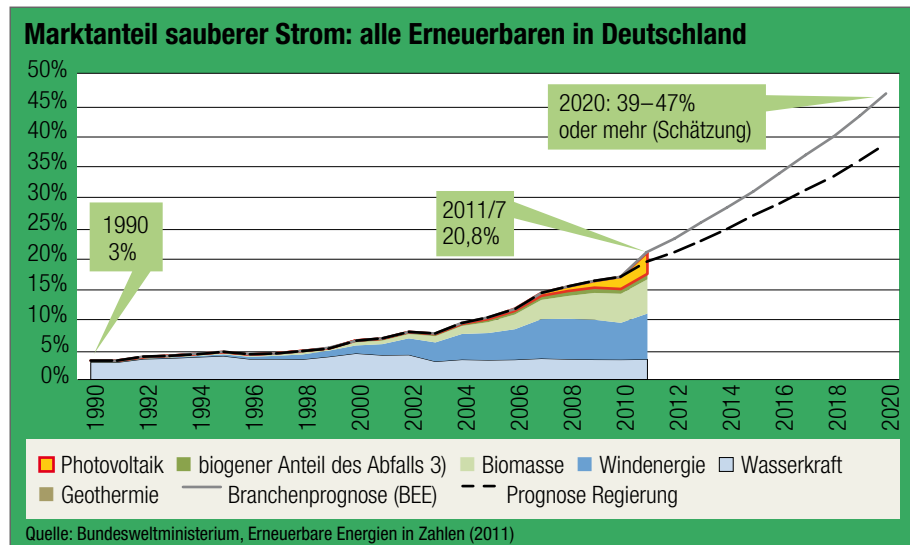
Ein besonderes Augenmerk schenkt dieser Teil der diskriminierenden Behandlung von Solarstrom in der aktuellen Gesetzgebung (Seiten 158–165).

Windenergie und Solarstrom werden über die Frist bis 2030 keine namhaften Mehrkosten mehr verursachen (Seiten 166–167), wenn man sie mit den Neubaukosten von Atomkraftwerken und mit den Preisrisiken neuer Gaskraftwerke gegenüberstellt. Die Vorteile, die die Konsumentinnen und Konsumenten von einem Umstieg auf erneuerbare Energien erwarten können, werden nicht länger verschwiegen:

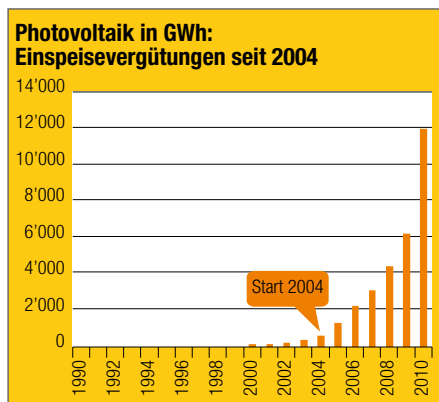
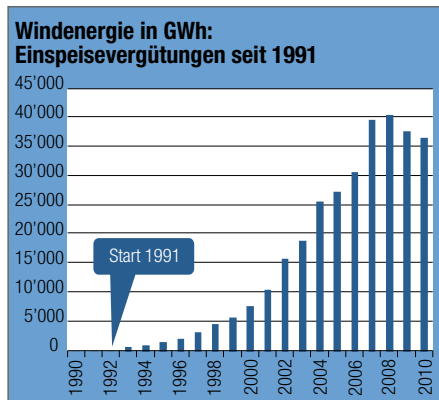
- eine Reduktion der Strom-, Erdgas- und Erdölrechnung, wenn die neuen Kraftwerke ins Alter kommen (168–169)
- tiefere Preise an der Strombörse, wenn die Sonne scheint und der Wind bläst (Seiten 170–173)
- weniger Liefer- und Preisrisiken dank eigenem, kostenstabilem Strom, neue Arbeitsplätze, weniger Umweltverschmutzung und Menschengefährdung dank einer neu aufblühenden Branche.

Die Rahmenbedingungen für den Umstieg

Was die Einspeisevergütungen in Deutschland bewirkten



Grafik 129: Der Strom aus erneuerbaren Energien legte in Deutschland dank Einspeisevergütungen sehr rasch zu. Die «Start»-Beschriftung zeigt jeweils den Beginn der ungedeckelten kostendeckenden Vergütung.



Quelle: Bundesweltministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Erneuerbare Energien in Zahlen (2011).

Beispiel Deutschland: Strom «50 % erneuerbar» bis 2020

Ein Land, das die politische und technische Blockade der erneuerbaren Energien erfolgreich beseitigt hat, ist die Bundesrepublik Deutschland. Der Atomausstieg wird nicht mehr diskutiert, sondern verbindlich umgesetzt. Das Land hat, verglichen mit anderen Ländern, wenig Sonne und nur mässigen Wind. Zentral waren nicht die Ressourcen, sondern der politische Wille.

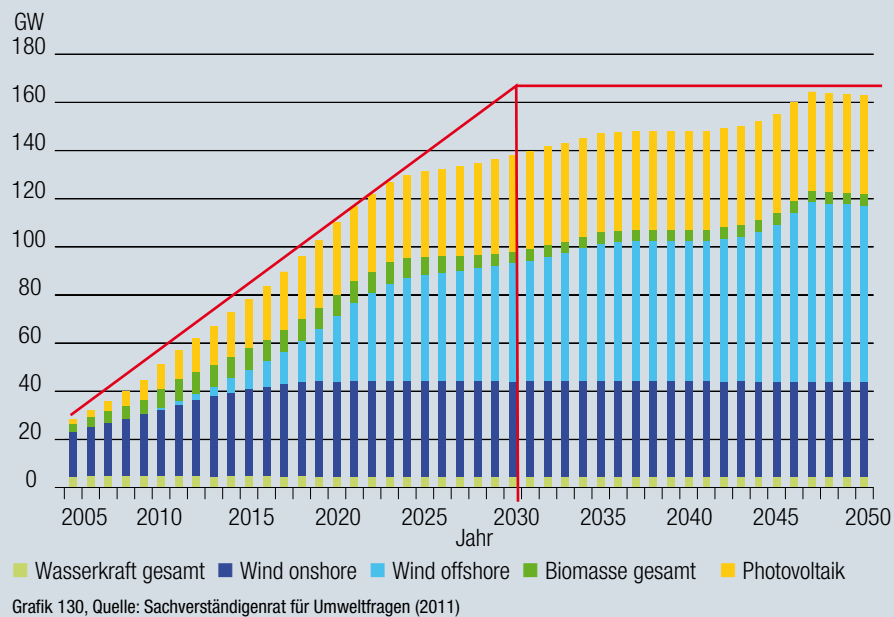
Die Dominanz der Atom- und Kohlekonzerne wurde in jahrelangen Auseinandersetzungen schrittweise zurückgedrängt, die Gebietsmonopole der Stromlieferanten dank den Marktformen der EU aufgebrochen. Alle Konsumenten können ihren Stromlieferanten selber wählen und jederzeit wechseln, wie in allen EU-Ländern (noch nicht aber in der Schweiz). Für den sauberen Strom waren das Stromeinspeisegesetz (1990) und das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG, 2000) entscheidend. Beide schufen attraktive Bedingungen für Investoren, die bereit waren, ihr Geld in kleine oder grosse Kraftwerke mit erneuerbaren Energien anzulegen. Die hohe Rechtssicherheit der Einspeisevergütungen war dabei zentral:

- Einspeisevergütungen erlauben den kostendeckenden Betrieb über die Laufzeit einer Anlage
- sie berücksichtigen die unterschiedliche Ressourcenqualität verschiedener Standorte
- sie berücksichtigen die unterschiedlichen Gestehungskosten verschiedener Techniken und verschiedener Leistungsklassen
- sie gewährleisteten das Recht auf Netzzugang und die Pflicht der Netzbetreiber, den Strom abzunehmen und zu vergüten
- Bürokratische Schikanen der Netzbetreiber wurden abgebaut.

Es gab dann unterschiedliche Zyklen. Die Wasserkraft war in Deutschland schon vor 1990 stark ausgebaut und nahm bloss um 10 Prozent zu. Die Geothermie bewegt sich bis heute auf bescheidenstem Niveau (2010: 7,5 MW). Die Windenergie wuchs ab 1991 in sensationellem Tempo von 55 MW auf 27'200 MW (2010). Die Leistung der Biomasse-Kraftwerke vermehrte sich von 85 MW auf 4910 MW, die Kraftwerke für biogene Abfälle von 499 MW auf 1480 MW. Die Einspeisevergütungen für Photovoltaikstrom wurden erst 2004 eingeführt. Ihr Bestand wuchs seither auf ca. 24'800 MW (Ende 2011).

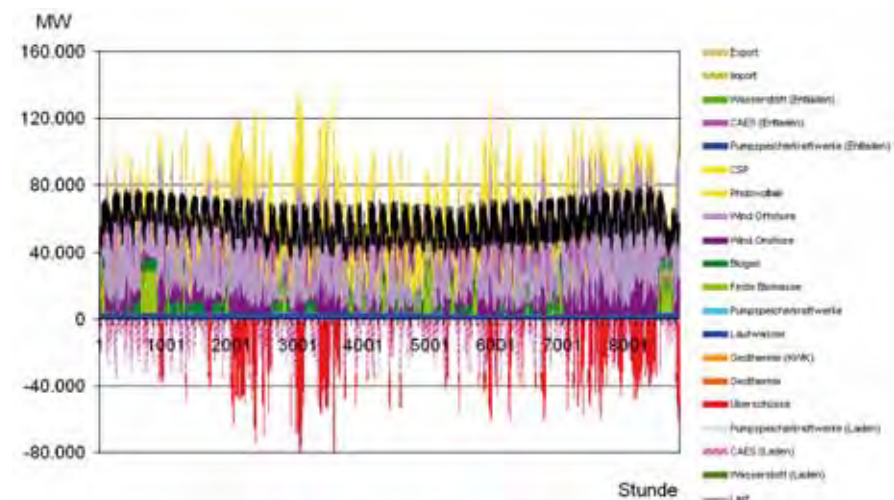
Nötig waren flankierende Massnahmen: Vorrangregelungen im Baugesetz, günstige Kredite der KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau), eine dezentrale Regionalplanung (anstelle zentralistischer Verbote wie in Frankreich), die Beteiligung der Standortgemeinden an Steuererträgen, Beschleunigung des Netzausbaus, Sonderregeln für energieintensive Betriebe und Forschungsinitiativen in unzähligen Hochschulen. Die Erfolge sind messbar: 1990 stammten 3,1 Prozent des Stromverbrauchs aus erneuerbaren Energien, vornehmlich Wasserkraft, Mitte 2011 waren es 20,8 Prozent. Gemäss dem Nationalen Aktionsplan soll dieser Anteil bis 2020 auf 38,5 Prozent steigen¹. Der Bundesverband Erneuerbare Energien (BEE) rechnet gar eher mit 47 Prozent² und dürfte der Wahrheit wohl näher kommen, denn wo die Rahmenbedingungen stimmten, waren die Ausbauten stets grösser als die Prognosen. Auch die deutschen CO₂-Emissionen gingen seit 1990 um 25 Prozent zurück. Dank Wärmepumpen und Elektrofahrzeugen werden sie weiter sinken. Den Beweis, dass CO₂-Reduktionen und Umweltschutz weder zu Nullwachstum noch zu Wirtschaftskrise führen, hat Deutschland erbracht.

100% sauberer Strom schon um das Jahr 2030



Die grössten Potenziale für sauberen Strom sieht der deutsche Sachverständigenrat in der Windenergie. Sinkende Gestehungskosten werden auch die Chancen der Photovoltaik verbessern.

Sauberer Strom das ganze Jahr: deutscher Strommix aus 100% erneuerbaren Energien



Bei 100% erneuerbarem Strom ist Bandenergie kein Thema mehr. Gefragt sind flexibel einsetzbare Kraftwerke und Speicher, die den Strom aus Wind und Sonne ergänzen.

Wie Deutschland bis 2030 auf 100 % kommen kann

Seit der Einführung von Einspeisevergütungen wurden im deutschen Erneuerbare-Energien-Sektor über 360'000 Arbeitsplätze geschaffen (2010)³. «Cleantech» ist ein Wirtschaftsfaktor geworden, den keine Regierung länger ignorieren kann. Viele Investitionen erfolgten in strukturschwachen Regionen, etwa in Nord- und Ostdeutschland, aber auch in den ländlichen Gebieten Bayerns und Baden-Württembergs. Die Bauern zählen genauso zu den Gewinnern wie die deutsche Maschinenindustrie.

Geht der Ausbau im bisherigen Tempo weiter, ist eine Vollversorgung mit erneuerbarem Strom bereits bis 2030 wahrscheinlich. Das jüngste Gutachten des deutschen Sachverständigenrates für Umweltfragen (SRU) skizziert jedenfalls nahezu ein solches Tempo in Varianten. Wie aber wird die Spannungshaltung im Stromnetz garantiert, wenn immer weniger Bandenergie aus Atom- und Kohlekraftwerken ins Netz fließt? Der SRU beschreibt den Weg so:⁴

«Die nutzbaren Potenziale an erneuerbaren Energien in Deutschland und Europa erlauben es bei einem entsprechenden Ausbau von Speichern und Netzen, zu jeder Stunde des Jahres die maximal anzunehmende Nachfrage nach Strom zu bedienen. Die Sicherheit der Versorgung kann somit, trotz der Schwankungen in der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien, zu jeder Zeit gewährleistet werden. Die bereits heute verfügbaren Technologien insbesondere zur Nutzung von Wind- und Sonnenenergie sind dafür ausreichend. (...)

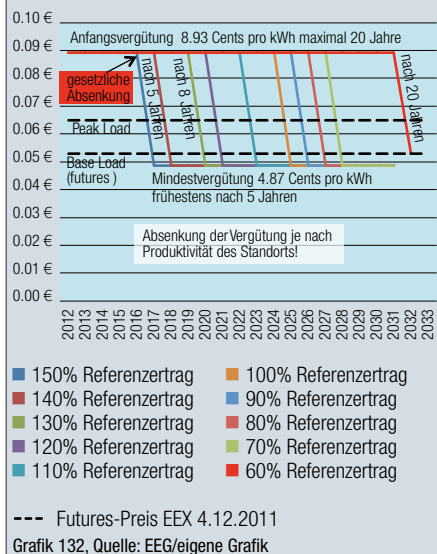
Weder eine Verlängerung der Laufzeit von Atomkraftwerken noch der Bau neuer Kohlekraftwerke mit Kohlendioxidabscheidung und -speicherung sind notwendig. Bereits der Bestand an konventionellen Kraftwerken mit einem geringen Zubau an Gaskraftwerken reicht als Brücke hin zu einer regenerativen Stromversorgung aus. (...)

«Die Anzahl notwendiger Abschaltungen und schneller Ab- und Anfahrvorgänge wird zur Bewältigung der sogenannten Residuallast erheblich steigen. Der Bedarf einer dauerhaft gleichmässigen Grundlast besteht damit nicht mehr.» (...)

Flankierend zum Ausbau der erneuerbaren Energien ist ein beschleunigter und hinreichend dimensionierter Netzausbau und vor allem -umbau erforderlich, um Versorgungssicherheit gewährleisten zu können. Investitionsanreize und Netzplanung müssen hierfür grundlegend geändert werden.»⁵

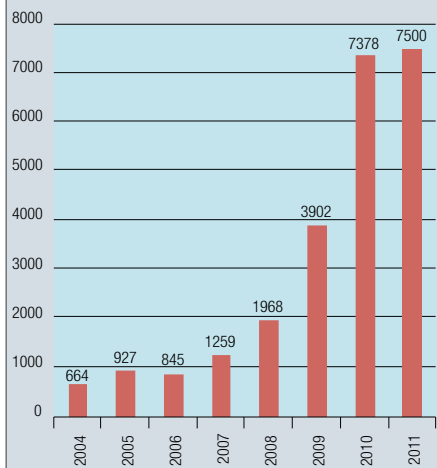
Seit Fukushima und dem Bekenntnis der Regierung Merkel zum Ausstieg investieren nun auch Atom- und Kohlekonzerne in erneuerbare Energien, insbesondere in grosse Offshore-Windfarmen. Neue Pumpspeicherwerke, Biomasse- und Gaskraftwerke (teilweise mit synthetischem Methan) sowie Druckluftspeicher und neuartige Batterien werden als Puffer für wind- und sonnenschwache Perioden postuliert und technisch entwickelt. Die Vernetzung mit bestehenden Speichern in Norwegen und in den Alpen wird ebenfalls verbessert. Ob sich die neuen Speicher gegen konventionelle Erdgas-Kraftwerke durchsetzen, hängt entscheidend von der Politik ab. Als problematisch erweist sich dabei der europäische Emissionshandel, der CO₂-Emissionen höchst unberechenbar und insgesamt nur ungenügend verteuert. Die Notierungen für eingespartes CO₂ leiden unter Preiszerfall. Deshalb werden noch immer Gaskraftwerke zugebaut statt neue Speicher. So lange nicht europaweit eine klar kalkulierbare tax on carbon (CO₂-Abgabe) eingeführt wird, bleibt die Rentabilität von neuen Speicherlösungen in der Schwebe.

Deutsche Einspeisevergütungen für Windstrom onshore in Euro-Cents/kWh (Inbetriebnahme 2012)



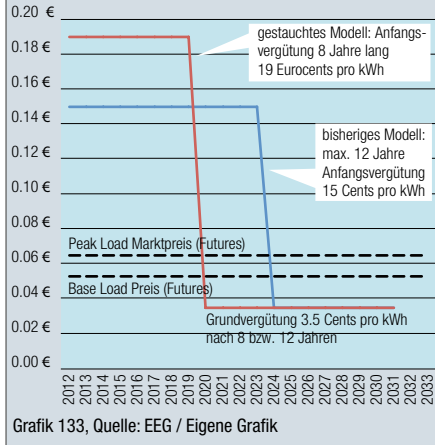
An windhöffigen Standorten werden die Einspeisevergütungen in Deutschland vorzeitig abgesenkt. Der gesetzliche Mindestpreis liegt frühestens nach fünf Jahren unter dem Marktpreis und läuft nach spätestens zwanzig Jahren aus.

Jährliche Solarstrom-Installationen in Deutschland (Megawatt)



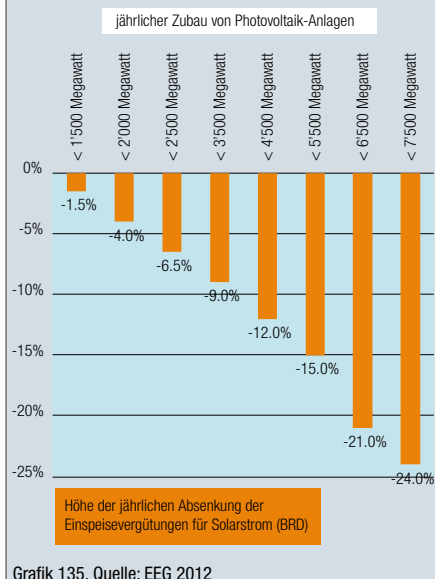
Der «atmende Deckel» hat den Zubau 2011 gedämpft.

Deutsche Einspeisevergütungen für offshore in Windstrom gemäss EEG 2012: Variante 8 und Variante 12 Jahre möglich



Bei der Offshore-Windenergie sinken die Vergütungen nach acht bis zwölf Jahren unter den Marktpreis. Die Vergütungsdauer verlängert sich je nach Wassertiefe (1,7 Monate pro m > 20 m Tiefe) und Distanz zur Küste (0,5 Monate pro Seemeile > 20 Seemeilen).

«Atmender Deckel» für Solarstrom-Vergütungen



Je grösser der Zubau, desto stärker werden in Deutschland die Vergütungen für Solarstrom im Folgejahr gesenkt.

Weshalb Einspeisevergütungen überlegen sind

Einspeisevergütungen sind gesetzlich garantierte Mindestvergütungen. Sie haben viele Vorteile im Vergleich zu anderen Förderinstrumenten wie Quoten, Investitionsbeihilfen oder Steuererlasse.

Sie sind im Idealfall – wie in Deutschland – «nach oben offen». Der Zubau von neuen erneuerbaren Energien ist unbeschränkt möglich. Eine gewisse Mengensteuerung erfolgt nicht über einen Deckel, sondern über die Absenkung der Vergütungshöhe für Neuanlagen («atmender Deckel» bei der Photovoltaik, Grafik): je stärker der Zubau, desto grösser die Absenkung, bis die «Grid Parity» erreicht ist, also die Parität der Einspeisevergütungen mit dem Normalstrom aus der Steckdose.

Bei den kostenmässig marktnahen Techniken wie der Windenergie werden die Vergütungen dann nur noch wenig abgesenkt. Die Hersteller erhalten so eine verbindliche Referenz.

Quoten und Zertifikate für Strom aus erneuerbaren Energien funktionieren genau umgekehrt: Der Ausbau wird von Anfang an begrenzt («die Menge gedeckelt»). Je mehr Anlagen zugebaut werden, desto stärker schrumpft der Spielraum für weitere Installationen. Bei einer Erfüllung der Quote kommt es zum Preiszerfall der Zertifikate. Die Zielerreichung bestraft alle Beteiligten, dass es «genug» oder gar «zu viel» erneuerbare Energien im Netz gibt – eine absurde Mechanik, wenn man die Folgekosten der nichterneuerbaren Energien bedenkt. Doch genau deswegen werden Quotenmodelle von jenen propagiert, die, wie der Atomkonzern Axpo oder die Economiesuisse, für die Atom-, Gas- oder Öl-Lobby unterwegs sind.

Die Modelle unterscheiden sich auch stark hinsichtlich der Akteure. Quotenmodelle auflegen den Ausbau der erneuerbaren Energien den bisherigen Stromverkäufern. Ihnen obliegt es, die im Voraus begrenzten sauberen Strommengen zu beschaffen. Sie entscheiden dann allein, wann und wo investiert wird. Zumeist verweigern sie den kleinen Einspeisern eine rentable Vergütung, obschon der kundennahe Strom vom Hausdach teure Netzausbauten ersparen würde und in der Bevölkerung auf ein riesiges Interesse stösst. Kleine Kraftwerke sind für die Stromkonzerne wenig interessant, weil diese meist nicht mehr in ihrem Eigentum stehen. Die Stromkonzerne setzen dann bloss auf grosse Wasserkraftwerke, allenfalls noch auf grosse Freiflächen-Solaranlagen, Windfarmen oder Geothermie. Nur selten gelten sie freiwillig den Strom von dörflichen oder städtischen Solarstrom-Anlagen, von bäuerlichen Biomasse-Kraftwerken oder dezentralen Wärme-kraft-Kopplungsanlagen ab.

Ob kleine oder grosse Kraftwerke zu den günstigsten Kosten führen, lässt sich im Voraus nicht sagen. Grossanlagen produzieren meist etwas günstiger, doch der Solarstrom vom Hausdach verursacht beim Netzausbau geringere Kosten. Wichtig ist der Einbezug aller Kosten, auch der Nachteile bei der Nutzung von Freiflächen.

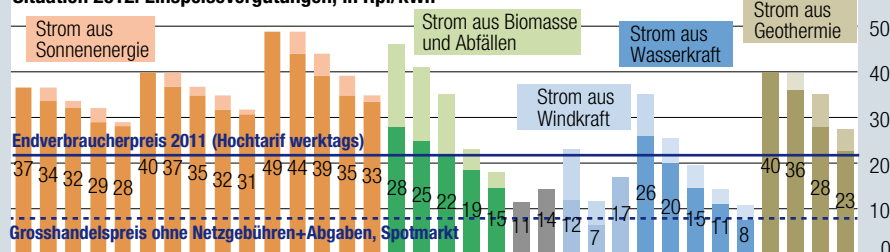
- Nur mit Einspeisevergütungen können die bestehenden Dächer und die dezentralen bäuerlichen Potenziale an Biomasse erschlossen werden.
- Nur ein für alle Kleinanlagen offenes System kann weitere Kostenreduktionen herbeiführen, ohne dass Mitnahmeeffekte entstehen.
- Nur mit der kostendeckenden Vergütung kann die Vergütung der Produktivität des Standorts angepasst werden.

Für die Konsumenten ist die langfristige Senkung der Kosten das Entscheidende. Nur mit Einspeisevergütungen werden die neuen Techniken rasch verbilligt.

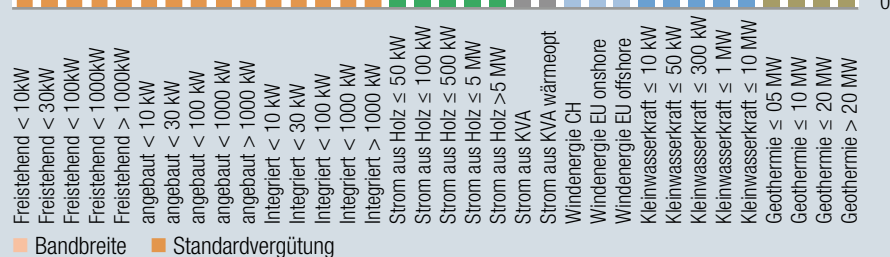
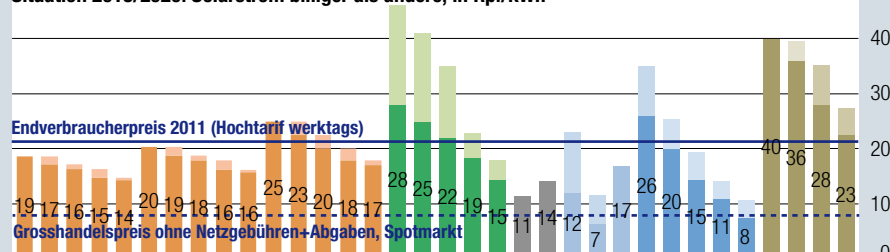
Einspeisevergütungen in der Schweiz

Ansätze 2012 und Schätzung für 2015 oder später

Situation 2012: Einspeisevergütungen, in Rp./kWh



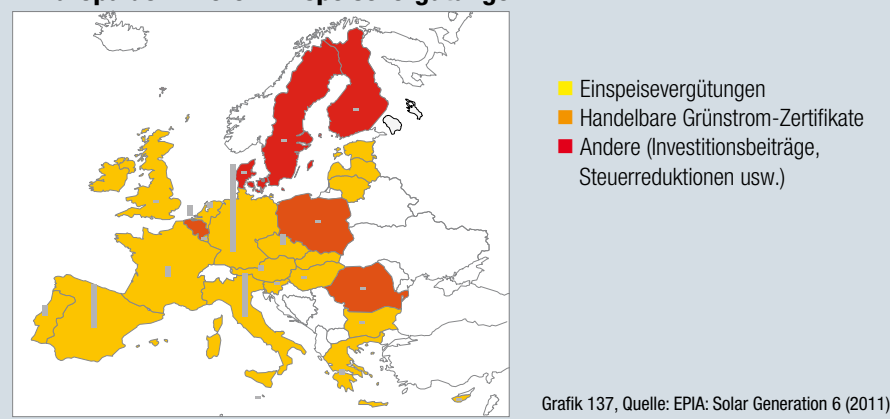
Situation 2015/2020: Solarstrom billiger als andere, in Rp./kWh



Grafik 136, Quelle: Bundesamt für Energie (Daten 2012), eigene Schätzung für Vergütungen 2015/2020

Solarstrom wird billiger sein als Strom aus kleinen Biomassen, Klein-Wasserkraftwerken oder aus Geothermie.

In Europa dominieren Einspeisevergütungen



Grafik 137, Quelle: EPIA: Solar Generation 6 (2011)

Im Bild: Regelungen für Solarstrom in Europa. Einspeisevergütungen haben sich durchgesetzt.

Die konkreten Vorteile der kostendeckenden Vergütung

Verursacherprinzip. Einspeisevergütungen werden nicht aus der Staatskasse geleistet, sondern über den Strompreis verursachergerecht finanziert. Der Stromsektor trägt seine Kosten. Einspeisevergütungen sind keinesfalls zu verwechseln mit Subventionen. Letztere kommen aus der Staatskasse und werden nicht verursachergerecht angelastet. Saubere Energien werden durch die KEV-Umlage verbilligt, schädliche verteuert. So lange die Internalisierung der externen Kosten nicht anderweitig durchgesetzt ist, sind Einspeisevergütungen naheliegend.

Wettbewerb. Einspeisevergütungen beleben den Wettbewerb. Neue Investoren können in den Markt eintreten und bringen Potenziale (zum Beispiel Hausdächer) ans Netz, an die zuvor niemand im Strom-Establishment dachte. Die Investoren beschaffen ihre Anlagen in einem hoch kompetitiven Markt, der – anders als bei Grosskraftwerken – wenig anfällig ist auf sichtbare und unsichtbare Korruption. Vergütet wird nur der Strom, der ins Netz fliesst. Also muss der Investor dafür sorgen, dass die Anlage funktioniert. Die Gefahr von «weissen Elefanten» besteht nicht.

Tiefe Markteintrittsschwelle. Der Rechtsanspruch auf Einspeisevergütungen hat Millionen Investoren angelockt, die Strom einspeisen. Die Gestehungskosten wurden schnell und wirksam gesenkt, die Versorgungssicherheit dank dezentralen Strukturen gestärkt. Ein wachsender Teil der Strom- und Wärmegewinnung erfolgt verbrauchernah.

Ressourcengerechte Entschädigung. Mit Einspeisevergütungen wird der Strom fair entschädigt. Kraftwerke mit kleiner Leistung erhalten eine etwas höhere Vergütung als grosse. Innovationen werden in der ganzen Bandbreite gefördert, alle vernünftigen Potenziale berücksichtigt. Mit einer Quote wäre dies nicht der Fall. Dort werden nur die besten Standorte und die billigsten Techniken genutzt, alle übrigen scheiden als unproduktiv aus dem Rennen. An den produktivsten Standorten – zum Beispiel an den windhöufigsten Kreten – kommt es mit Quotenmodellen zu Nutzungskonflikten und letztlich zum Stillstand (siehe die Entwicklung der Windenergie an der Küste Grossbritanniens).

Regionale Wirtschaftsimpulse. Einspeisevergütungen behalten das Geld im eigenen Land. Sie stärken die Wertschöpfung, schotten den Markt aber nicht ab.

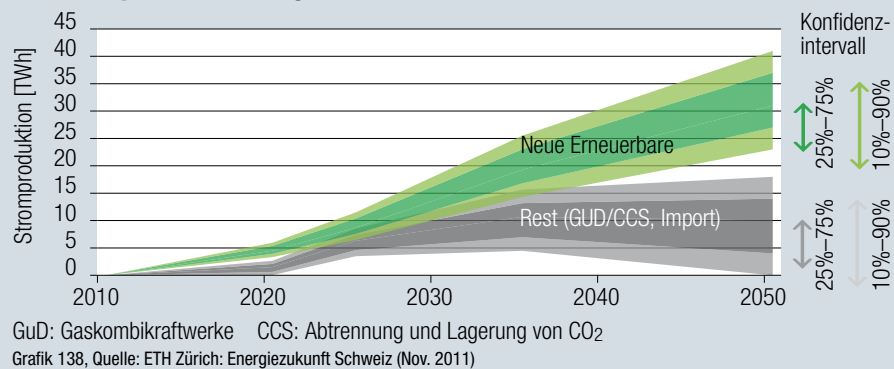
Beitrag zur Versorgungssicherheit. Mit Einspeisevergütungen steht der Strom im Versorgungsgebiet zur Verfügung, was bei Quotenmodellen nicht zwingend der Fall ist.

«Bankability». Vergütungssicherheit verbilligt die Finanzierung. Mit Einspeisevergütungen erhalten auch Kleininvestoren Kredite. Bei Quoten und beim US-System mit Steuerrabatten profitieren nur die marktbeherrschenden Konzerne. Viele Untersuchungen zeigen: Quotenmodelle verteuern den Strom, denn die Banken verlangen hohe Risikoprämien, wegen der Unsicherheit der Vergütungen.⁶ Nicht umsonst stellten Holland, Grossbritannien, Italien und Finnland schliesslich auf Einspeisevergütungen um.

Langfristige Planbarkeit. Gesetzliche Einspeisevergütungen gelten in der Regel für viele Jahre. Nur so gelingt es, langfristig die Kosten zu senken.

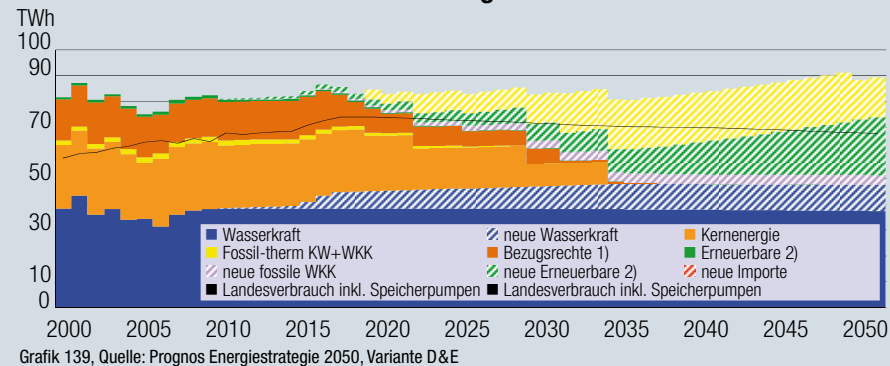
Technischer Fortschritt. Mit dem Erfolg der Einspeisevergütungen in über 60 Ländern, inklusive China und Indien, hat das deutsche Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) extrem wirksam zur Verbreitung der erneuerbaren Energien beigetragen. Die Lernkurve wurde beschleunigt, die Vergütungen wurden gesenkt und die Konsumenten entlastet.

ETH: Verspäteter Umstieg



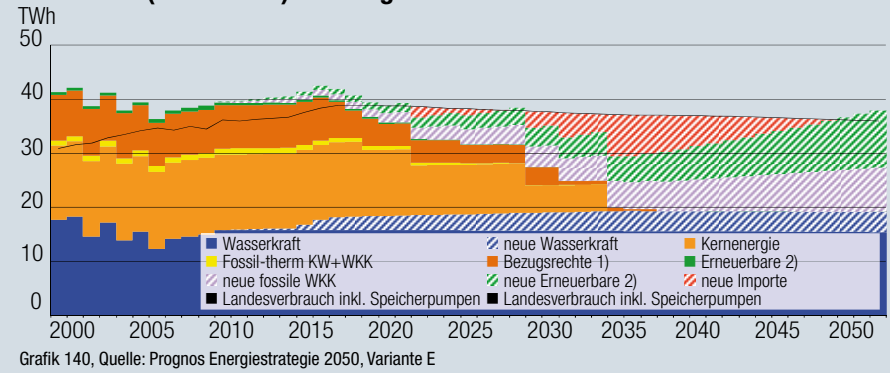
Die ETH schätzt den Beitrag der erneuerbaren Energien gering ein, eine Vollversorgung mit sauberem Strom sucht man im ETH-Szenario vergeblich.

Szenario dezentral & erneuerbar der Prognos



Prognos-Szenario mit Wärme-Kraftkopplung: Den inländischen erneuerbaren Energien wird noch immer sehr wenig zugetraut.

Szenario E (erneuerbar) der Prognos AG



Auch ein erneuerbares Szenario taucht in den Prognos-Studien erstmals klar auf. Die Herkunft der Stromimporte wird aber nicht aufgeschlüsselt, der Umstieg dauert lange.

Einspeisevergütungen bestimmen das Tempo

Früher war die bürgerliche Mehrheit im Bundesrat der treueste Fanclub der Atomlobby. Der Umstieg auf erneuerbare Energien wurde für unmöglich erklärt. Die Ausbaupotenziale von erneuerbaren Energien musste man in den «Energieperspektiven» des Bundesamtes für Energie mit der Lupe suchen, die von der Firma Prognos erstellt wurden. Mit Fukushima hat der Wind gedreht. Das gilt auch für die Szenarien der Prognos. Im Jahr 2007 bezifferte Prognos den maximalen Ausbau an Photovoltaik-Anlagen im allerbesten Szenario noch auf 2 Milliarden kWh.⁷ So viel Neuproduktion wurde in Deutschland in einem einzigen Monat (Juni 2010) erstellt. In der «Energiestrategie 2050» vom Mai 2011 liefert Prognos eine Schätzung von 10,397 Milliarden kWh.⁸ Wie durch ein Wunder haben die Experten eine neue einheimische Energiequelle entdeckt. Und man meint auch gleich, man könne sie auf drei Stellen hinter dem Komma genau schätzen! Nur ist diese Schätzung noch immer viel zu tief verglichen mit dem technischen Nutzungspotenzial. Noch immer geben Bundesrat und Prognos in allen Szenarien ein höchst gemächliches und unverbindliches Tempo vor. Die Risiken für die Bevölkerung, wie sie in Fukushima zu Tage traten, werden im Ergebnis weiter ignoriert.

Die renommierte ETH (Eidgenössische Technische Hochschule) war lange Zeit für ihre atomfreundlichen Tendenzen bekannt. Auch sie hat nach Fukushima dazu gelernt, veranlagt aber ebenfalls extrem lange Fristen für den Umstieg. Es stellt sich die Frage, ob die ETH erneut partikuläre Interessen berücksichtigt, namentlich die fossilen und nuklearen Technologien. Eine Vollversorgung mit erneuerbaren Energien fehlt jedenfalls konzeptionell in den ETH-Berichten, obschon die Preisentwicklung auf den Energiemärkten exakt in diese Richtung weisen. Fazit all dieser Studien: Während sich der saubere Stromanteil in Deutschland innert 20 Jahren von 20 % auf gegen 100 % erhöht (2010–2030), soll es in der Schweiz bis 2050 dauern um von 60 % auf 80 % zu kommen.

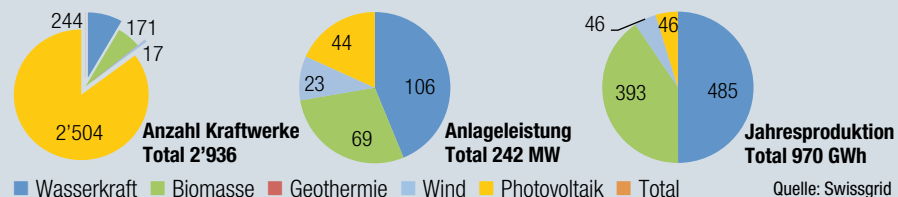
Besonders kritisch ist zu vermerken, dass der Bundesrat keine Restlaufzeiten anstrebt. Damit fehlt ein Referenzrahmen. Die Atomkonzerne werden dies zum Anlass nehmen, die erneuerbaren Energien weiter zu torpedieren.

Auch die Aufsichtsbehörden (das ENSI) sind alles andere als atomkritisch, und es wäre eine Überraschung, wenn sie ihre Pflicht wahrnehmen und der Atomindustrie je Grenzen setzen würden. Die Gefahr eines «passiven Ausstiegs» ist damit akut.⁹ In einem solchen Szenario würden die erneuerbaren Energien noch während Jahrzehnten behindert:

- Ohne terminierten Umstieg besteht ein hohes Risiko, dass der «Deckel» aus vorgeschobenen Kostengründen weitergeführt wird. Die Investitionsbereitschaft privater Investoren würde düpiert, die Basis für sauberen Strom verzögert.
- Die Atomindustrie wird Stilllegungen immer weiter hinausschieben, auch um Rückbau- und Entsorgungskosten zu sparen.
- Bei einem verzögerten Umstieg werden auch die Netze nicht hinreichend ausgebaut. Engpässe sind dann vorprogrammiert, wenn die Kapazitäten rasch erhöht werden.
- Unklar terminierte Schliessungen dürften die Stromimporte erhöhen. Die Schweiz wäre auf den Umstieg nicht vorbereitet. Die kundennahen, immer günstigeren Potenziale auf den Dächern bleiben ungenutzt.

Auch die Wirtschaft würde neue Risiken eingehen. Denn bei einer notfallmässigen Schliessung wären keine Ersatzkapazitäten vorhanden. Die Abhängigkeit von fossilen Energien würde zunehmen.

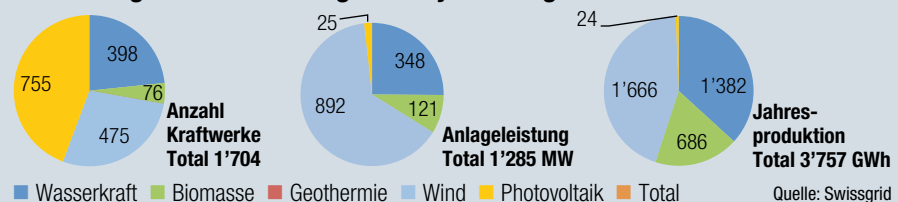
KEV-Anlagen in Betrieb Stand Dezember 2011



Anlagen in Betrieb				
Technologie	Anzahl	Leistung [kW]	Produktion [kWh]	
Wasserkraft	244	106	484'643	217
Biomasse	171	69	393'442	563
Geothermie	–	–	–	–
Wind	17	23	45'861	477
Photovoltaik	2'504	44	46'098	755
Total	2'936	242	970'046	012

Grafik 141: Dank der kostendeckenden Vergütung (KEV) gingen gegen 3000 Kraftwerke neu in Betrieb.

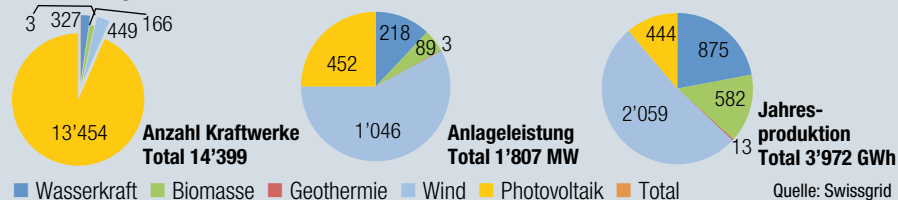
Anmeldungen mit KEV-Zusage in Projektierung Stand Dezember 2011



Anlagen mit KEV-Zusage				
Technologie	Anzahl	Leistung [kW]	Produktion [kWh]	
Wasserkraft	398	348	1'382'275	558
Biomasse	76	121	685'934	385
Geothermie	–	–	–	–
Wind	475	892	1'665'575	397
Photovoltaik	755	25	23'733	510
Total	1'704	1'386	1'386	1'386

Grafik 142: Gegen 2000 Anlagen sind in Bewilligungsverfahren blockiert, besonders stark Wind- und Wasserkraftwerke.

KEV-Anlagen auf der Warteliste Stand Dezember 2011



Anlagen auf der Warteliste				
Technologie	Anzahl	Leistung [kW]	Produktion [kWh]	
Wasserkraft	327	217'629	875'493	393
Biomasse	166	88'764	582'215	421
Geothermie	3	2'960	12'787	600
Wind	449	1'046'120	2'058'690	667
Photovoltaik	13'454	451'692	443'549	439
Total	14'399	1'807'165	3'972'736	520

Grafik 143: Gegen 15'000 Projekte stehen auf der Warteliste. Viele Solarstromanlagen könnten sofort gebaut werden. Nur das Parlament kann die Blockaden lösen.

Der KEV-Deckel blockiert Zehntausende Projekte

Nicht technische Hindernisse behindern den Umstieg, sondern politische Blockaden. In der Schweiz fehlt es an Rechtsansprüchen auf angemessene Vergütungen und es fehlt an Vorrangregelungen für geeignete Standorte, oft auch an einer wertschätzenden Grundhaltung gegenüber der sauberen Stromgewinnung. Die Stiftung Landschaftsschutz (SL), deren Stiftungsrat mehrheitlich aus Atombefürwortern besteht, blockiert zahlreiche Standorte für Wind- und Solarfarmen – auch ausserhalb von Schutzgebieten und in Gemeinden, die sich mehrheitlich für erneuerbare Energien aussprechen.

Auch Heimatschutzverbände blockieren Solarstrom-Anlagen, indem Dächer ohne ersichtlichen Grund unter Schutz gestellt werden. Dies geschieht oft gegen den Willen der Eigentümer und keineswegs bloss bei historischen Bauten. Allerdings sind von allen Dächern nur rund 10 Prozent blockiert, bei Standorten für Windenergie sind es viel mehr. Die massivste Blockierung geht jedoch vom Gesetzgeber selber aus. Die KEV-Umlage ist gesetzlich auf 0,9 Rp./kWh begrenzt. Dafür sind nicht Landschaftsschützer verantwortlich, sondern allein das Parlament. Der Deckel hat zu einem bürokratischen Apparat geführt, der Investitionen hemmt, die Planbarkeit erschwert und den sauberen Strom unnötig verteuert. Im Energiegesetz sind gleich mehrere Deckel verankert:

- Für alle Techniken steht ab 2013 eine KEV-Umlage von 0,9 Rp./kWh zur Verfügung.
- Die zulässige KEV-Umlage wird aber nur zu 0,35 Rp./kWh ausgeschöpft (Stand 2011), weil viele Anlagen in Bewilligungsverfahren blockiert sind. Auch haben die Stromkonzerne Projekte angemeldet, die sie nie bauen werden. Beides verhindert baureife Projekte, die später angemeldet wurden und deswegen keine KEV-Zusage erhalten.
- Keine Technologie (Wind, Sonne, Geothermie, Biomasse) darf für sich allein mehr als 30% der KEV-Mittel beanspruchen (Wasserkraft max. 50%).
- Für die Photovoltaik werden nach Gesetz anfänglich nur 5%, seit 2011 maximal 10% der Mittel freigegeben. Erst mit fortschreitender Kostensenkung steigt das zulässige Budget für Solaranlagen weiter an. Doch bis diese Anlagen die Wartefrist durchschritten haben, dürften andere Techniken das Budget bereits ausgeschöpft haben.
- Der Bundesrat kann Solarstrom beliebig weiter kontingentieren, so will es das Gesetz.

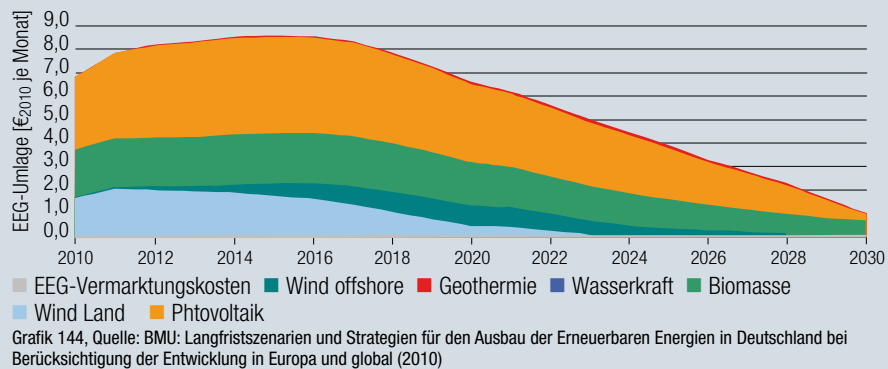
Bei der Einführung der KEV war die Photovoltaik noch sehr teuer. Ihre hohen Kosten «bedrohten» das Budget der anderen Technologien. Insbesondere die Vertreter der Gebirgskantone fürchteten, dass für die kostengünstigste Wasserkraft keine Mittel bereitstehen, denn die Planung und Bewilligung von Wasserkraftwerken dauert Jahre.

Inzwischen sind die Gestehungskosten der Photovoltaik stark gesunken. Sie liegen für Freiflächenanlagen (28 Rp./kWh, in Deutschland 22 Rp./kWh) bereits niedriger als für kleine Wasserkraftwerke (bis 35 Rp./kWh), und in den Gebirgsregionen scheint Solarstrom für 15 Rp./kWh inzwischen möglich. Die rigorosen Beschränkungen sind deshalb nicht mehr zeitgemäss. Auch Dach-Solarstromanlagen werden billiger als die Klein-Wasserkraft.

Alle angemeldeten KEV-Projekte zusammen könnten heute bereits die drei Atomkraftwerke Beznau I, II und Mühleberg ersetzen. Im Sinne einer flankierenden Massnahme bei der Beseitigung aller «Deckel» wäre zu überlegen,

- die Einspeisevergütungen von kleinen (und eher teuren) Dachanlagen etwas stärker als bisher abzusenken. Manche private Hausbesitzer wären bereit, auf hohe Renditen zu verzichten, wenn sie ihre KEV-Zusage rasch erhalten.
- An alpinen Standorten sollte die KEV auf die hohen Einstrahlungswerte abgestimmt werden. Exzessive Renditen bringen das System in Verruf.

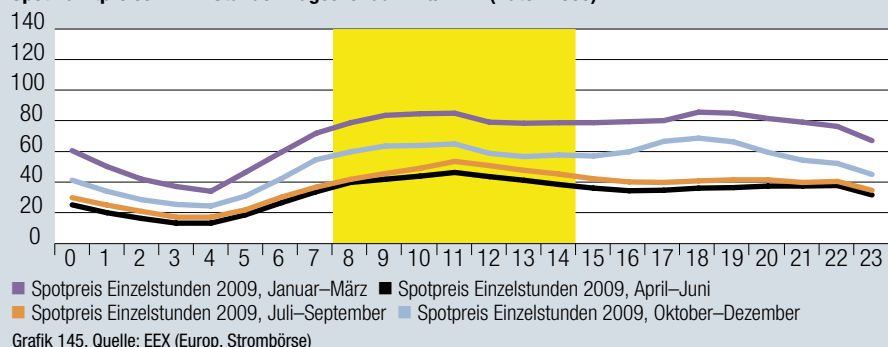
Entwicklung der deutschen EEG-Umlage (Referenzhaushalt 3500 kWh/a) bis 2030



Die EEG-Umlage beträgt ca. 8 Euro pro Monat und Haushalt. Die teuersten Anlagen fallen als erste raus, jeder Jahrgang an Neuanlagen erhält tiefere Vergütungen. Die EEG-Umlage sinkt trotz Ausbau der erneuerbaren Energien weiter.

Solarstrom ist immer mehr wert als Nachtstrom

Spotmarktpreise im 24-Stunden-Tagesverlauf in €/MWh (Daten 2009)



Solarstrom ist immer Spitzenstrom. Am Morgen und am Nachmittag werden Höchstpreise für Strom bezahlt.

Produktionsverlauf an einem sonnigen Tag



Solardach mit Ost-Süd-Ost-Ausrichtung (Basel/Wettstein). Solarstrom ist immer Spitzenstrom und deckt sich gut mit dem täglichen Bedarf. Für bewölkte Tage hat die Schweiz ausreichend Reserven dank Stauseen.

Solarstrom ist immer Spitzenstrom

Nach Ausbruch der Finanzkrise (2008/09) haben die Preise an der Strombörse stark nachgegeben. Die Differenz zwischen kostendeckender Vergütung und Grosshandelspreis wurde grösser. Billiges Erdgas war reichlich vorhanden. Die Gaspreise sind jedoch volatil und bei festen Bezugsverträgen folgen sie dem Ölpreis, die CO₂-Emissionen unterliegen zusätzlich dem EU-Emissionshandel. Der von den Atomkonzernen Axpo, Alpiq und BKW angedrohte Bau von Gaskraftwerken bringt Risiken mit sich, die schwer einzuschätzen sind und teuer werden können. Ein rasch wachsender Bestand an Kraftwerken mit erneuerbaren Energien wie in Deutschland wirkt demgegenüber wie eine Versicherung gegen hohe Öl- und Strompreise. «Deckel weg» führt zwar zu einem leichten Anstieg der Strompreise, schützt aber vor den Kosten einer Gasverteuerung und ist bloss von vorübergehender Natur, wie die Berechnungen aus Deutschland zeigen (Grafik oben).

Trotz den starken Kostensenkungen gibt es noch immer Stimmen, die Solarstrom als «minderwertig» denunzieren. Ausgerechnet das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) schreibt im Frühjahr 2011:

«Der Erlös für gelieferte Energie wird in der Regel von der Verfügbarkeit bestimmt. Solarstrom mit seiner wohl statistisch gesehen gut vorhersagbaren Verfügbarkeit, aber nicht auf Kommando abrufbaren Produktion gilt unter diesem Blickwinkel als «minderwertig».¹⁰

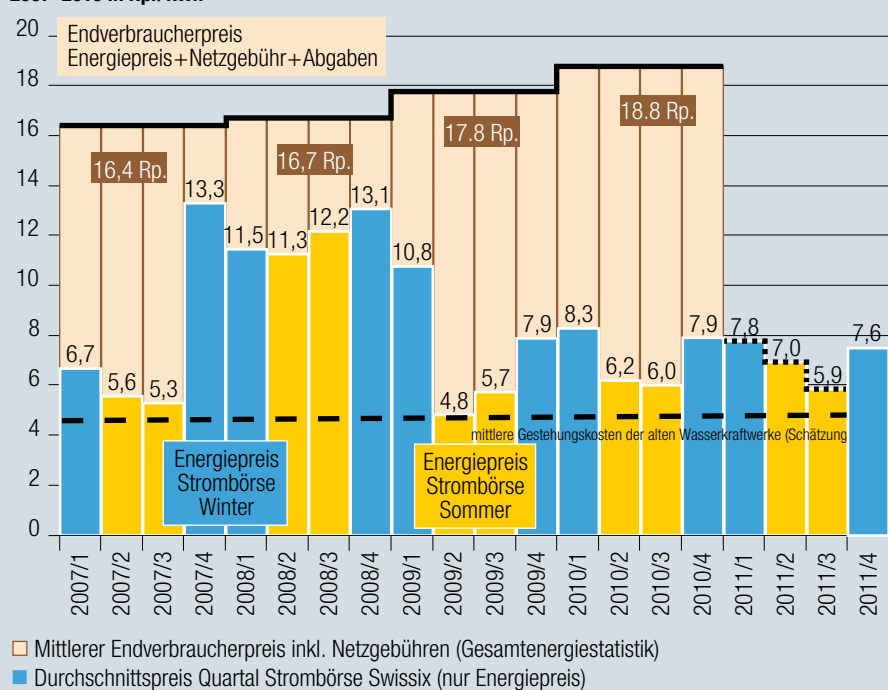
Diese Behauptung, die geringere Abgeltungen für Solarstrom rechtfertigen soll, ist unhaltbar. Der Wert von Strom bemisst sich nicht an der Verfügbarkeit eines Kraftwerks, sondern am Marktpreis. Dieser ist das Ergebnis von Angebot und Nachfrage. Weil Solarstrom stets am Tag eingespeist wird, fällt er in die Zeit des höchsten Bedarfs. Das belegt ein Blick auf die täglichen Lastkurven und auf die Preisnotierungen an der Strombörse. Er sollte deshalb auch entsprechend entschädigt werden. An der Strombörse SWISSIX liegen die Preise zur Tageszeit stets höher als in der Nacht.

Die Kontinuität der Lieferung ist für die Schweiz völlig sekundär. Die Spannungshaltung wird durch die bestehenden Reserve-Kraftwerke bereits ausreichend abgesichert. Der nationale Netzbetreiber (Swissgrid) beschafft die Regelenergie mittels Ausschreibungen. Ihre Kosten sind gering, denn die Stauseen und Speicherkraftwerke in der Schweiz verfügen über reichliche Reserven. Dies gilt selbst bei der Schliessung von Atomkraftwerken. Denn neue Pumpspeicher-Kapazitäten von 3–6 GW werden den Wegfall der gesamten Atom-Leistung noch vor 2020 kompensieren. Man sollte deshalb nicht Probleme erfinden, sondern, wo nötig, die richtigen Investitionen veranlassen.

Ohnehin bewirken die Ausgleichseffekte unterschiedlicher Standorte und Techniken, dass die neue Stromproduktion aus Sonne, Wind und Biomasse im koordinierten Verbund mit Sicherheit nie auf null fallen wird. Ihr Erzeugungsprofil hebt sich in einem Punkt sogar positiv von der Bandenergie der Kohle- und Atomkraftwerke ab. Letztere war nachts meist schwierig zu verwerten. Die Sonne hingegen scheint nachts nicht, und bei der Windenergie fallen die nächtlichen Lieferungen in die nachfragestarke, kalte Jahreszeit. Strom aus Biomasse steht wie die Wasserkraft aus Speicherseen auf Abruf bereit. Je mehr neue erneuerbare Energien, desto höher die Versorgungssicherheit.

Energiepreis an der Strombörse und Endverbraucherpreise

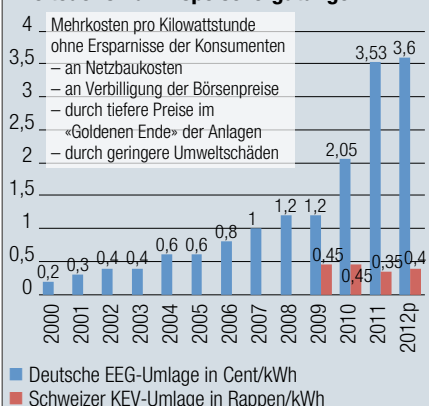
2007–2010 in Rp./kWh



Grafik 147, Quelle: SWISSIX / Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2010

Die Preise an der europäischen Strombörse haben sich trotz Schliessung von acht deutschen Atomkraftwerken nach unten bewegt, unter anderem dank erneuerbaren Energien.

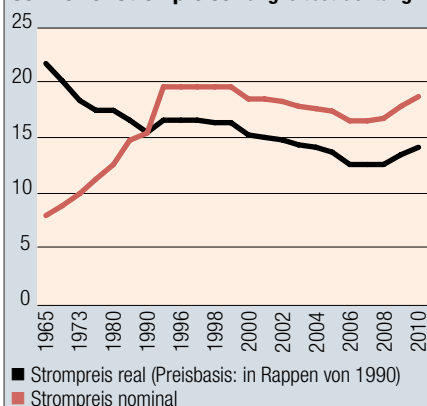
Wie teuer sind Einspeisevergütungen?



Grafik 148, Quelle: EEG/ENV

Die KEV-Umlage wird in der Schweiz nie auf das deutsche Niveau steigen, weil sich die Gestehtungskosten für Wind- und Solarstrom inzwischen verbilligt haben.

Schweizer Strompreise Langzeitbetrachtung



Grafik 149, Quelle: Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2010

Die Investitionen ab 1960 verteuerten den Strom nominell, Geldentwertung (Inflation) und die Stromschwemme ab 1990 sorgten für real sinkende Strompreise.

Keine Kostenexplosion durch die KEV zu erwarten

Wäre Strom wirklich knapp, wären die Preise längst gestiegen. An der Strombörse sind aber auch nach Fukushima eher sinkende Preistendenzen zu beobachten. Und dies, ob schon in Deutschland im Frühjahr 2011 acht Atomkraftwerke für immer abgeschaltet wurden. Für nur 7,1 Rappen wurde die Kilowattstunde «baseload» (Grundlast) im Jahr 2011 durchschnittlich an der Strombörse SWISSIX gehandelt, im Vergleich zu 7,1 Rappen 2010, 7,3 Rappen 2009, 12 Rappen 2008 und 7,7 Rappen 2007. Ursache ist der starke Zuwachs an erneuerbaren Energien (+23 GW Wind und Sonne) im europäischen Netz, die hohe Verfügbarkeit von Erdgas dank neuen Pipelines und dank Flüssiggas-Importen. Nur 2,2 bis 2,7 Eurocents / kWh kostete Erdgas am Spotmarkt 2010/2011. Daraus erzeugten Kombikraftwerke Strom für unter 7 Rappen pro kWh (die Eigner von russischen Erdgas-Bezugsverträgen bezahlten allerdings bedeutend mehr). Der rasante Zubau von Solar- und Windkraftwerken drückte ebenso auf die Preise wie der schleppende Wirtschaftsgang.

Auch die Politik trug das Ihre bei: Eine europaweite oder weltweite CO₂-Abgabe ist nicht in Sicht. Die EU hat ihre Klimaziele gebremst: Nicht 30 %, sondern nur 20 % CO₂-Reduktionen bis 2020 sind vorerst beschlossen. Dies alles dämpfte den Appetit auf erneuerbare Energien so sehr, dass der spanische Stromkonzern Iberdrola, mit 12'500 Megawatt grösster Windfarmbesitzer der Welt, im Februar 2011 die Wind-Investitionen von zwei auf eine Milliarde Franken halbierte. Es sei «zu viel Gas» am Markt.

Man sollte sich durch die Spotmarkt-Preise nicht irritieren lassen. Die meisten Netzbetreiber beschaffen ihren Strom mit langfristigen Bezugsverträgen, bei denen die Gestehtungskosten und nicht die Strombörsenpreise zentral sind. Die Gestehtungskosten von Wasserkraftwerken und Windfarmen verlaufen unabhängig von der Strombörse und unabhängig von den Öl- und Gaspreisen. Zudem dürfen die Schweizer Elektrizitätswerke den gefangenen Kleinkunden (und den Grosskunden, die freiwillig auf den Marktzutritt verzichten) keine Marktpreise verrechnen. Deshalb liegt das Preisniveau in der Schweiz etwas tiefer als in der Europäischen Union. Allerdings schwinden die Unterschiede wegen des starken Frankens. Weil seit Jahren nicht in neue Kraftwerke investiert wird, sind die meisten alten Anlagen inzwischen abgeschrieben. Die Schweiz lebt von den Reserven und profitiert von längst vergangenen Zeiten.

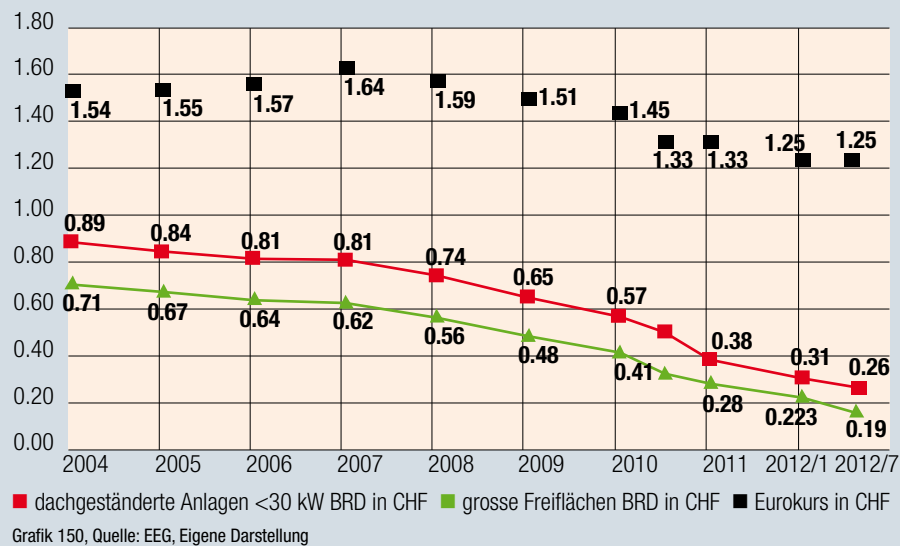
Irgendwann müssen die Kraftwerke erneuert werden, der Ersatz der alten Atomkraftwerke ist überfällig. Er führt unabhängig von der Technologie zu einem Kostenanstieg; auch der Bau neuer Atomkraftwerke würde die Strompreise erhöhen. Selbst wenn der Preis nun um einige Rappen ansteigt, wird sich die Schweiz weiter im europäischen Mittelfeld bewegen, und der Strom wird real billiger bleiben als in den 70er und 80er Jahren, weil die Wasserkraftwerke nicht ersetzt werden müssen.

Wie hoch sind die Kosten der Einspeisevergütungen zu veranschlagen? Das hängt sehr vom Zeitpunkt der Investitionen ab sowie von den gewählten Techniken. Die Kosten für Windenergie und Solarstrom sinken. Der Ausbau dieser Techniken in der Schweiz wird billiger sein als im Pionierland Deutschland. Bereits mit einer KEV-Umlage von ca. 2 bis 4 Rappen pro kWh lassen sich die Atomkraftwerke ersetzen, und mit der Beteiligung an ausländischen Windfarmen ist der Atomersatz möglicherweise noch billiger.

Einspeisevergütungen für Solarstrom in Deutschland

umgerechnet in Schweizer Franken

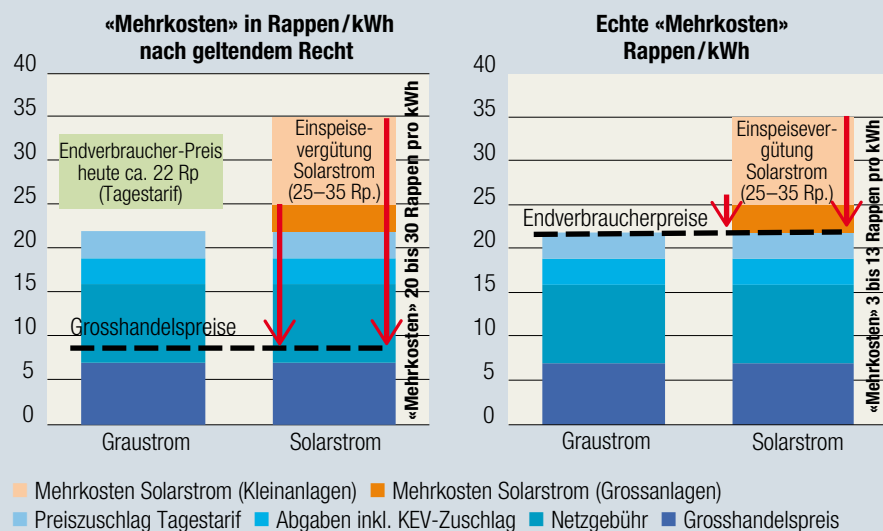
Gültig für Neuanlagen ab Baujahr. Quellen: Erneuerbare Energien-Gesetz; CHF zu Mittelkursen



Gemessen an den deutschen Einspeisevergütungen ist der Preis von Solarstrom seit 2004 65 Prozent billiger geworden. Im Vergleich mit den Endverbraucherpreisen von ca. 22 Eurocent/27 Rappen (Haushalte) haben die Mehrkosten sogar um 94 Prozent abgenommen.

Diskriminierende Kalkulation von «Mehrkosten» der Einspeisevergütungen

(in Rappen pro kWh)



Werden die Mehrkosten zum Marktpreis auf Basis der Endverbraucherpreise berechnet, schrumpfen sie drastisch. Es kann auf dieser Basis viel mehr Solarstrom vergütet werden.

Wie die «KEV» zu reformieren ist

Solarstrom wird in kurzer Zeit wettbewerbsfähig im Vergleich zu den aktuellen Kosten der Endverbraucher. Auf Freiflächen in den Alpen wird man an Standorten mit hoher Einstrahlung bald schon sehr kostengünstigen Strom erzeugen. Kleine regulative Verbesserungen könnten seine Wettbewerbsfähigkeit stark verbessern. Die heutigen Spielregeln, entstanden unter dem Diktat der Atomlobby, sie sind ungerecht.

Heute betrachtet der Gesetzgeber jene Preisdifferenz als «Mehrkosten», die sich zwischen der bezahlten Einspeisevergütung und den Grosshandelspreisen für Grundlast an der Strombörse ergibt. Damit wird besonders der Wert von dezentralen Einspeisungen auf der tiefsten Netzebene ungerechtfertigt tief veranschlagt.

Wer im Verteilnetz auf der untersten Netzebene zur Mittagszeit Strom einspeist, erspart dem Netzbetreiber den Einkauf von teurem Spitzenstrom. Nach der geltenden Verordnung muss dieser aber nur den Grosshandelspreis für Grundlast dafür bezahlen. Und dies, obschon der Strom, der bei Photovoltaikanlagen auf dem Dach produziert und im selben Haus oder an derselben Strasse lokal verbraucht wird, keine oberliegenden Netze in Anspruch nimmt, sondern diese vielmehr entlastet.

Ökonomisch betrachtet ist dieser Strom deutlich mehr wert als Grundlast-Strom, der an der Strombörse beschafft wird und durch sieben Netzebenen zum Verbraucher geleitet werden muss. Die Praxis führt zu einer völlig überzogenen, künstlichen Aufblähung der sogenannten «Mehrkosten», die der KEV angelastet werden. Das ist wohl auch der Sinn des Verfahrens, das von den Atom-Lobbyisten im Parlament installiert wurde.

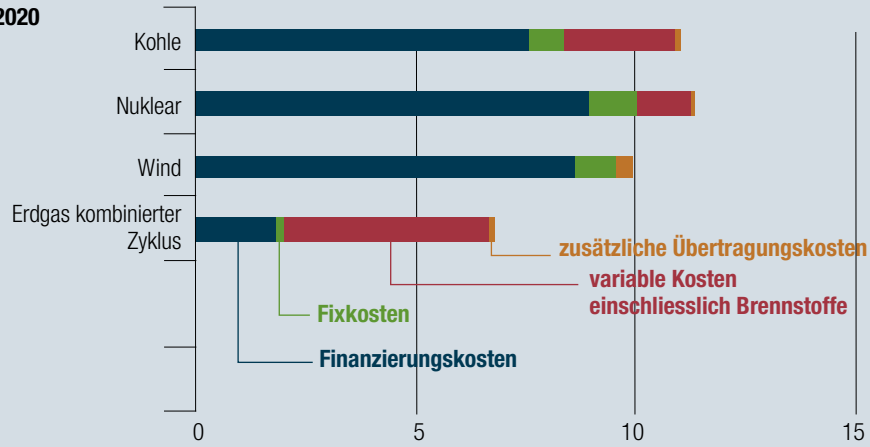
Das KEV-Budget würde deutlich entlasten, wenn man die «Mehrkosten» bei kleinen und mittleren Anlagen als Differenz zu den Endverbraucherpreisen berechnet, und nicht als Differenz zum Preis für Grundlast an der Strombörse. Schliesslich wird der Pumpstrom in der Schweiz gesetzlich von allen Netzgebühren befreit, weil er, siehe da – gleich wie der Solarstrom – Spitzenstrom bereitstellt. Im Gegensatz zum Solarstrom belastet der Pumpstrom jedoch die Übertragungsleitungen massiv, der Solarstrom tut es nicht.

Zudem: Die Netzbetreiber tragen für die dezentralen erneuerbaren Energien keine Netzausbaukosten. Diese Kosten, soweit sie überhaupt entstehen, werden aus den Systemdienstleistungen von Swissgrid gedeckt (nach Art. 22 Strom VV). So tragen die Netzbetreiber für den Solarstrom überhaupt keine Netzausbaukosten, tun aber kalkulatorisch so, als müsste dieser Strom von der Börse in Leipzig durch sieben Netzebenen zu den Verbrauchern geleitet werden, wo er sich in Wirklichkeit bereits befindet.

Eine Neuregelung tut Not und könnte, unabhängig von der Höhe des Deckels, das KEV-Budget sofort entlasten und damit den Bau von neuen Anlagen sofort ermöglichen. Ab sofort würden statt 30 Rappen nur noch 16 Rappen pro kWh als «Mehrkosten» vergütet. Sinken die Vergütungen bis 2015 auf ca. 23 Rp./kWh (Schätzung), belaufen sich die «Mehrkosten» für Solarstrom noch auf 1,7 Rp./kWh statt nach bisheriger Rechnung auf 16 Rp./kWh und das Fördervolumen sinkt drastisch ab. Es können mit dem gleichen Förderbudget von rund 450 Millionen Franken viel grössere Strommengen vergütet werden.

Das US-Energieministerium glaubt nicht mehr an billigen Atomstrom

2020



Grafik 152, Quelle: U.S. Energy Information Administration: Annual Energy Outlook 2011

Stromkostenvergleich von (neuen) Kraftwerken: Das US-Energieministerium hält Strom aus Windkraftwerken heute für billiger als aus Atomkraftwerken. Nur Gaskraftwerke produzieren dank Schiefergas vorläufig noch billiger.

Offshore-Windenergie in Europa (Stand 2011) Quelle: EWEA

	in Betrieb (MW)	in Bau (MW)	bewilligt (MW)	geplant (MW)	Total Projekte (MW)	Grösse der weiteren Nutzungszonen (MW)
Belgien	195	462	750	450	1857	2'000
Dänemark	854	0	418	1'200	2'471	4'600
Finnland	26	0	765	3'502	4'294	n/a
Estland	0	0	1'000	0	1000	n/a
Frankreich	0	0	0	6'000	6'000	6'000
Deutschland	195	833	8'725	21'493	31'247	8'000
Griechenland	0	0	0	4'889	4'889	n/a
Irland	25	0	1'600	2'155	3'780	n/a
Italien	0	0	162	2'538	2'700	n/a
Lettland	0	0	200	0	200	n/a
Malta	0	0	0	95	95	95
Niederlande	247	0	1'792	3'953	5'992	6'000
Norwegen	2	0	350	11'042	11'394	n/a
Polen	0	0	0	900	900	n/a
Portugal	0	0	0	478	478	n/a
Spanien	0	0	0	6'804	6'804	n/a
Schweden	164	0	991	7'124	8'279	n/a
Grossbritannien	1'586	4'308	588	42'114	48'596	47'000
Total Europe	3'294	5'603	17'341	114'737	140'976	73'695

Grafik 153: In Europa sind bisher 141 Gigawatt Offshore-Windenergie in Planung oder in Bau, davon 3,2 Gigawatt in Betrieb. Eine Schweizer Beteiligung wäre willkommen.

Der Preis des Umstiegs: 0 bis 10 Franken pro Haushalt im Monat

«Eine vierköpfige Familie müsste 6000 Franken pro Jahr bezahlen» erklärte Alpiq-Chef Leonardi.¹¹ «Sieben bis acht Gaskombikraftwerke» brauche es bei einer Schliessung der Schweizer Atomkraftwerke, drohte Axpo-Chef Karrer, denn «die Windparkzonen in der Nordsee sind fast alle schon vergeben».¹²

Mit solchen absurden Behauptungen machten die Chefs der Schweizer Atomkonzerne Stimmung gegen erneuerbare Energien, um in den bewegten Wochen nach dem Unfall von Fukushima einen Ausstiegsbeschluss in der Schweiz noch abzuwenden – vergeblich. Rechnen wir nach. In europäischen Gewässern gibt es Platz für 1,5 Millionen Windturbinen à 3 bis 6 MW. Das sagt die EU-Umweltagentur in Kopenhagen.¹³ Im Jahr 2010 waren etwa 1200 Turbinen mit 3300 Megawatt Leistung in Betrieb. Weitere 137'000 Megawatt sind geplant. Es gibt also reichlich Platz in der Nordsee, und die Beteiligungen an Windfarmen onshore oder offshore sind keineswegs ausverkauft.

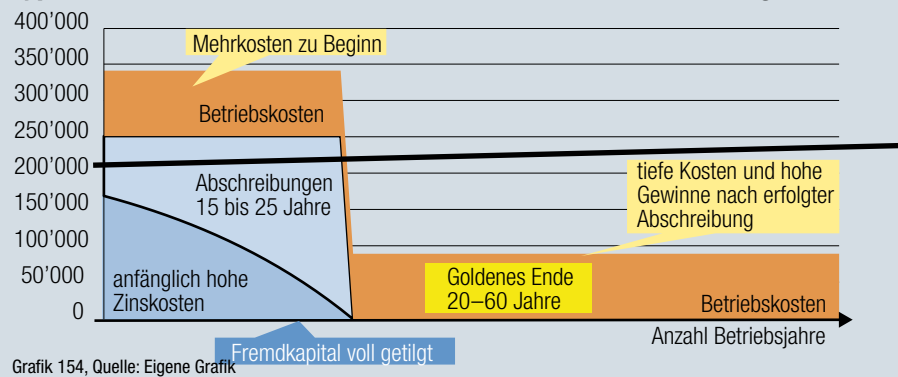
Rechnen wir nach: Ein Schweizer Haushalt ohne Elektroheizung verbraucht etwa 3000 Kilowattstunden pro Jahr. Die Wasserkraft deckt (zusammen mit anderen) rund 60 % des Strombedarfs. 40 % gilt es zu ersetzen. Wie hoch sind die (Mehr-)Kosten pro Haushalt?

- Entscheidend ist die Frage, ob Optionen nur im Inland oder auch im Ausland offenstehen. Der Zeitpunkt ist mitentscheidend. Wind- und Solarstrom werden stetig billiger.
- Ferner ist entscheidend, womit die Mehrkosten verglichen werden: mit Strom aus alten Atomkraftwerken (Kosten ca. 6 Rp./kWh) oder aus neuen (Kosten in den ersten 20 Jahren mindestens doppelt so hoch. Und es kommen unbezahlte Kosten hinzu: für Haftpflichtversicherung, Unfälle, Strahlenopfer, radioaktive Abfälle usw.).
- Beim Windstrom aus Europa betragen die Gestehungskosten zwischen ca. 10 Rp./kWh onshore und 22 Rp./kWh offshore (letztere nur in den ersten zehn Jahren, dann sind die Anlagen abgeschrieben). Auf dieser Basis kosten 1200 kWh Strom-Ersatz durch Windenergie (80/20 onshore/offshore) ziemlich genau 150 Franken pro Jahr, nicht eingerechnet die Verbilligung des Windstroms am «Goldenen Ende» der Anlagen, das bei Offshore-Installationen schon ab dem elften Jahr beginnt.
- Die Mehrkosten sinken gegen null, wenn man diesen Windstrom mit neuem Atomstrom vergleicht, der bei geschätzten Kosten von 12,5 Rappen ebenfalls etwa 150 Franken kosten würde. Weil alle AKWs irgendwann ersetzt werden müssen, ist dies der einzig faire Vergleich.

	KEV-Umlage in Franken / kWh	Haushaltverbrauch kWh	Mehrkosten pro Jahr in Franken	Mehrkosten pro Monat in Franken
2011	0.0035	3000	10.50	0.88
2013 maximal	0.009	3000	27.00	2.25
2020 maximal	0.04	3000	120.00	10.00

Einheimische erneuerbare Energien verändern diese Rechnung nicht grundlegend. Die Gestehungskosten dürften bis ca. 2020 in allen bedeutenden Techniken die Endverbraucherpreise von 20 Rp./kWh unterschritten haben. Zudem gelangt der Strom aus alten Wasserkraftwerken weiterhin zu günstigen Preisen ins Netz. Die Mehrkosten für einheimische erneuerbare Energien dürften sich deshalb zwischen 2 und 10 Franken pro Monat bewegen – ein Pappenstiel verglichen mit einem Atomunfall und den Unwägbarkeiten neuer Gaskraftwerke!

Typischer Kostenverlauf eines Kraftwerks mit erneuerbarer Energie



Grafik 154, Quelle: Eigene Grafik

Bei Kraftwerken verläuft die Rentabilität oft zeitverschoben: In den ersten Jahren sind sie teuer. Nach vollzogener Abschreibung ist die technische Lebensdauer noch lange nicht beendet. Es folgt das «Goldene Ende».

Kraftwerk Rheinfelden (in Betrieb 1898–2011)



Grafik 155, Quelle: zVg

Anfangs teuer, später billig: 110 Jahre lang sauberer Strom.

Speicherkraftwerk Grande Dixence (erstellt 1961–1965)



Grafik 156, Quelle: Elenaphoto21, istockphoto.com

Auch beim Ausbau der Wasserkraft nahmen die Investoren grosse Risiken auf sich. Mit dem Ende der Abschreibungen ist die Nutzungsdauer keineswegs beendet.

Mehrkosten von heute sind Ersparnisse von morgen

Kraftwerke sind langlebige Investitionsgüter. Bei Amortisationsfristen von mehr als einem Jahrzehnt wird nur investiert, wenn die Erlöse den Aufwand decken. Der Appell, dass «die Rahmenbedingungen für die Wasserkraft verbessert werden»^{13a} belegt, dass im Strombinnenmarkt ohne Abnahmegarantie, Bürgschaften oder Einspeisevergütungen auch bei kostengünstigen Techniken nichts mehr geht. Die Öffentlichkeit muss die «grünen Investoren» pfleglich behandeln, wobei exorbitante Geschenke wie bei der Atomenergie (bisher 3.1 Milliarden Franken für Forschung, Verzicht auf Haftpflicht, Atommüllkosten in alle Ewigkeit) gar nicht nötig sind.

Einspeisevergütungen garantieren die betriebsnotwendigen Erlöse über Jahre, stärken so die Bonität der Schuldner und ebnen den Weg zu günstigen Kreditkonditionen. Weil die Zinskosten der grösste Kostenblock sind, senken die Einspeisevergütungen direkt die Gestehungskosten.

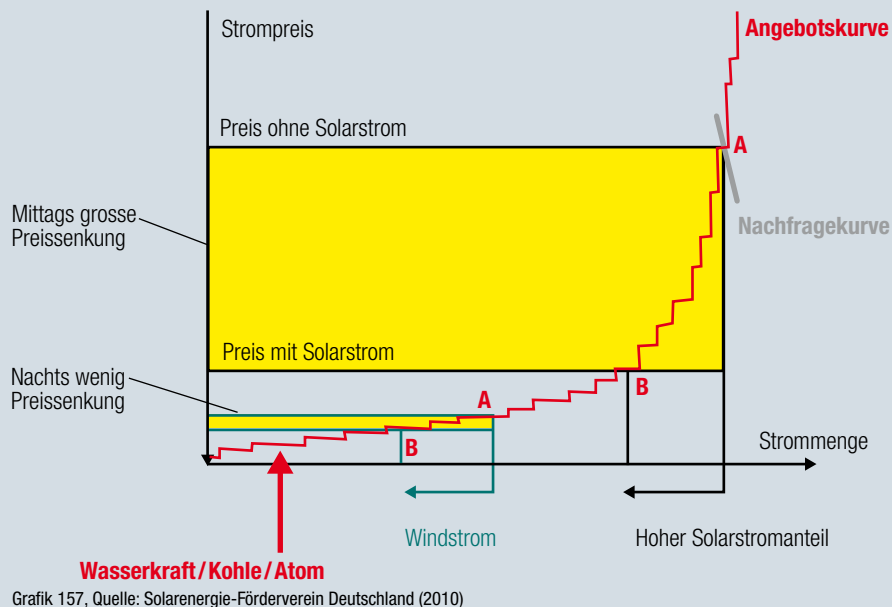
Die verbleibenden Unterhaltskosten lassen sich versichern (Maschinenbruch-, Ertragsausfallversicherung). KEV-Projekte schützen so die Stromkonsumenten vor Preisaufschlägen, die sie bei konventionellen Energien zu gewärtigen hätten. Die Abhängigkeit vom Ausland und von der volatilen Strombörse sinkt, ebenso verschwinden die volatilen Gas-, Kohle- und Uranpreise sowie deren Nebenkosten (CO₂-Zertifikate, Atommüll usw.) aus den Beschaffungskosten. Es entsteht eine robuste, kostensichere, vorwiegend einheimische Stromversorgung. Darüber hinaus werden die Strompreise zusätzlich verbilligt, nämlich:

- durch den sogenannten Merit Order-Effekt (siehe unten)
- durch Aussicht auf tiefe Gestehungskosten über die Abschreibungsfrist hinaus («Goldenes Ende»)
- durch reduzierte Netzausbaukosten bei dezentraler Erzeugung
- durch den Wegfall von Unfall- und Umweltkosten.

Abgeschriebene Wasserkraftwerke produzieren oft zu Kosten von nur 2 bis 5 Rp. / kWh. In der Mitte ihres Lebenszyklus stehen sie oft schon im «Goldenen Ende», wenn die Finanzierungskosten bei null liegen, bringen den Eigentümern hohe Renditen und den Konsumenten tiefere Strompreise. Das Kraftwerk Rheinfelden zum Beispiel lief 112 Jahre lang ununterbrochen (1898–2010) bis es im Jahr 2011 ersetzt wurde. Zu Beginn mussten die hohen Gestehungskosten von allen Kunden solidarisch getragen werden. Nach Tilgung aller Schulden profitierten die Konsumenten, denn nun zog das alte Kraftwerk den Preis der Endverbraucher nach unten. Die Schweiz profitiert heute von Investitionen, die von unseren Eltern und Grosseltern ausfinanziert wurden.

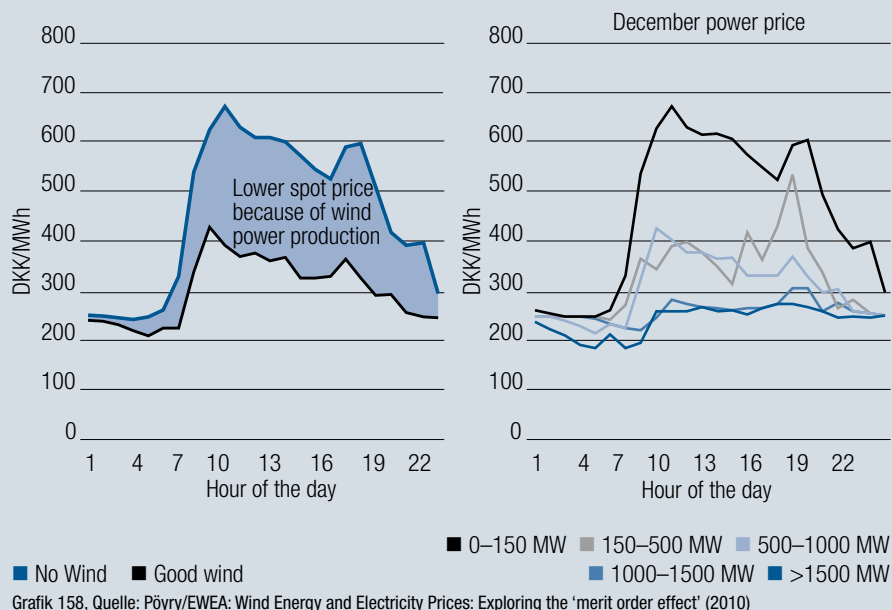
Kraftwerke mit erneuerbaren Energien und Hochspannungsnetze haben Infrastruktur-Charakter, d.h. sie stiften weit über den kalkulatorischen Horizont hinaus Nutzen. Dies gilt auch für Windkraft- und Erdwärme-Anlagen, ja sogar für die noch teure Photovoltaik. Denn ihre Gestehungskosten sinken nun unter den Marktpreis, und viele Anlagen werden wohl länger als 20 bis 25 Jahre in Betrieb stehen. Wir verfügen hier erst über wenig Erfahrungswerte. Die Hersteller von Windturbinen erwarten jedoch für ihre besten Produkte eine Laufzeit von 40 bis 50 Jahren.¹⁴ Es spielen die gleichen Mechanismen wie bei der Wasserkraft.

Solarstrom senkt die hohen Tagespreise



Strom aus Sonne und Wind tagsüber verkleinern den Bedarf an teurem Spitzenstrom. Die Strompreise sinken. Teurere Speicher- und Gaskraftwerke reduzieren die Leistung. Nachts fällt die Ersparnis durch den Merit-Order-Effekt kleiner aus.

Je mehr Wind, desto tiefer der Spotmarktpreis



Spotmarktpreise in Westdänemark: Je stärker die Leistung der Windkraftwerke, desto tiefer der Preis.

Erneuerbare drücken Strom-Börsen-Preise nach unten

Kraftwerke mit Wasser, Wind und Sonne verbilligen den Strom, indem sie teurere Kraftwerke aus dem Markt verdrängen. Die Ökonomen sprechen vom «Merit Order-Effekt». Merit Order bezeichnet die Einsatzreihenfolge der Kraftwerke in einem marktwirtschaftlich organisierten Stromsektor. Die Netzbetreiber bestellen ihren Strom basierend auf den am Vortag abgegebenen stündlichen Preis-Mengen-Geboten der Anbieter. Die billigsten Kraftwerke werden zuerst, die teuersten zuletzt zugeschaltet. Dabei bezieht sich «billig» nicht auf die Vollkosten eines Kraftwerks, sondern auf die variablen Kosten der Anbieter (Brennstoffe, Betrieb und Unterhalt). Die variablen Kosten sind die Differenz der Kosten von einem stillstehenden und einem produzierenden Kraftwerk.

Wasser-, Wind- und Solar-Kraftwerke weisen praktisch keine variablen Kosten auf. Man spricht von «must-run»-Kraftwerken. Es macht kostenmässig keinen Unterschied, ob sie laufen oder nicht. Sie sind reine Preisnehmer, die Strom einspeisen, sobald die Sonne scheint, der Wind weht oder Wasser den Fluss hinunter fließt.

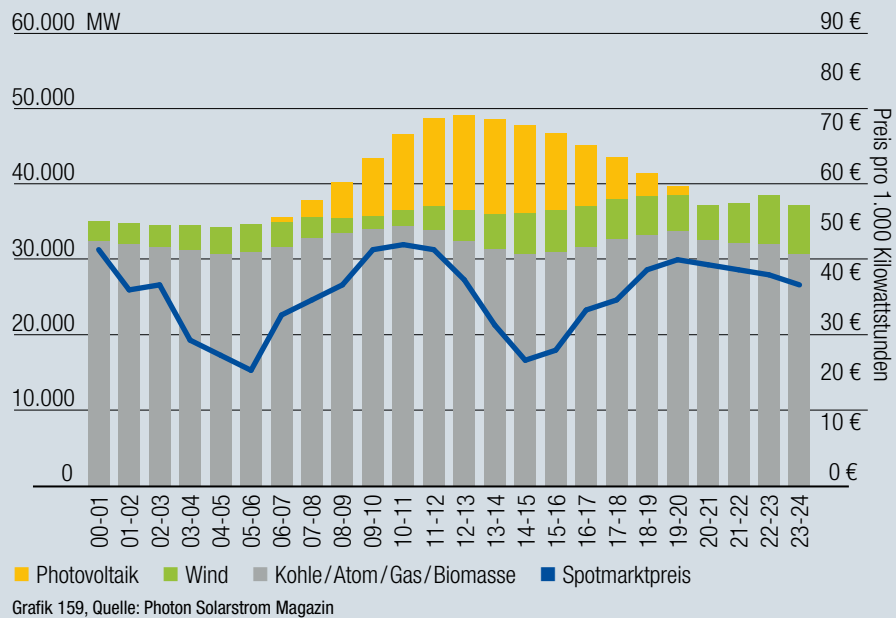
Jedes konventionelle Kraftwerk verteuert aber den Börsenpreis ein klein wenig, weil hier für einen rentablen Betrieb die Brennstoffkosten bezahlt sein müssen. Konventionelle Kraftwerken erhöhen so den Preis an der Strombörse, und sämtliche Verkäufer erhalten nicht den Bieterpreis, sondern bezahlt wird allen Lieferanten der Preis der teuersten Anlage (Punkt A in Grafik oben)!

Scheint die Sonne oder bläst der Wind, werden zuerst die teureren, konventionellen Kraftwerke herunter gefahren. Der Börsenpreis sinkt (Grafik oben: Der Preis sinkt von A nach B). Die Konsumenten sparen so nicht bloss das teuerste Kraftwerk weg, sondern bezahlen nachher für sämtlichen Strom von der Strombörse einen tieferen Preis!

Dies funktioniert aber nicht zum Nulltarif. Damit die erneuerbaren Energien ihre preis-senkende Wirkung entfalten, müssen sie zuvor finanziert werden, und dies gelingt nur mittels Einspeisevergütungen oder mit vergleichbaren Förderinstrumenten! Die Erwartung, man könne die Einspeisevergütungen bei Erreichen konkurrenzfähiger Gestehungskosten einfach über Bord werfen, ist deshalb falsch. Tiefere Börsenpreise sind direkt abhängig vom Ausbau der neuen erneuerbaren Energien. Sinkende Kosten für die Konsumenten sind nur möglich, wenn auch die Finanzierung der neuen Kraftwerke weiterhin gesichert ist.

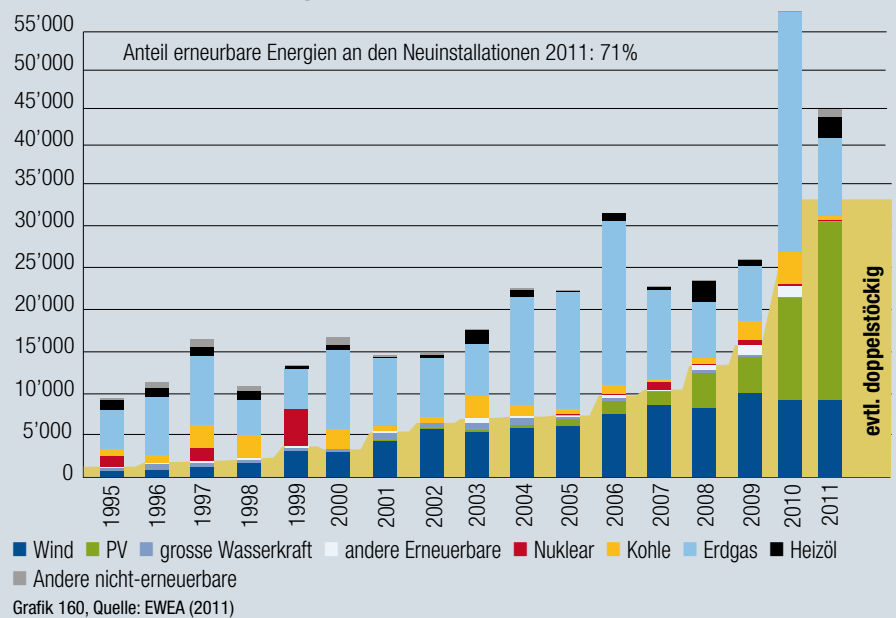
In Deutschland wurde der Merit-Order-Effekt wissenschaftlich untersucht. Es liess sich zeigen, «dass Tage mit hoher Windenergieeinspeisung niedrigere durchschnittliche Strompreise auf dem Spotmarkt aufweisen.»¹⁵ Die Ersparnisse im Jahre 2010 wurden auf 2,8 Mrd. Euro oder ca. 0,53 Eurocents pro kWh geschätzt.¹⁶ Am meisten profitiert haben energieintensive Betriebe, die viel Strom an der Strombörse beschaffen und von der EEG-Umlage befreit sind. Der Preisdruck durch Wind- und Solarstrom ist einer der Gründe, weshalb die Atom- und Kohle-Lobby heftig gegen die neue Konkurrenz durch erneuerbare Energien polemisieren. Umgekehrt dürfen sich Konsumentinnen und Konsumenten über Entlastungen freuen. Sie erhalten eine Gegenleistung für die anfänglichen Mehrkosten der Einspeisevergütungen.

Deutscher Strom-Mix am 16. Juli 2011



Zwischen 9 und 17 Uhr wurde sehr viel Solarstrom eingespeist. Nur wenig konventionelle Kraftwerksleistung ging vom Netz. Die Folge war ein starker Preisrückgang.

Neuinstallationen in Europa 2000–2011



Als Reaktion auf das vermehrte Wachstum der erneuerbaren Energien wurden Gaskraftwerke gebaut. Sie sind spezifisch kostengünstig und sehr flexibel in der Nutzung.

Zum Beispiel der 16. Juli 2011

Mit dem raschen Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland ist die preissenkende Wirkung der erneuerbaren Energien vorübergehend so durchschlagend geworden, dass es an der Strombörse EEX sogar zu negativen Preisen gekommen ist. Am Montag vor Weihnachten 2008, morgens zwischen zwei und fünf Uhr, erreichte der Strompreis an der Leipziger Börse EEX einen Negativrekord. Für drei Stunden wurde die Kilowattstunde zu minus 10 Cent gehandelt. Das heisst: Wer in dieser Zeitspanne Strom im Grosshandel bezog, bekam ihn nicht nur kostenlos, sondern erhielt auch noch eine Prämie obendrauf.¹⁷ Die Nachfrage war in dieser Nacht sehr niedrig. Für die unflexiblen Erzeuger war es billiger, den Abnehmern Geld zu bezahlen, als die Kraftwerke abzuschalten.

Ein neueres Beispiel beschreibt die Zeitschrift «Photon» so:

«Der 16. Juli 2011 geht in die Geschichte der deutschen Stromwirtschaft ein. Am Samstagnachmittag ist der Strompreis am Spotmarkt der Strombörse EEX auf das niedrige Preisniveau von Nachtstrom eingebrochen. Nur 2,5 Cent je Kilowattstunde musste ein Käufer für eine Stromlieferung in der Zeit zwischen 14 und 15 Uhr zahlen. Üblich sind am Wochenende zu dieser Tageszeit Strompreise, die etwa doppelt so hoch sind. (...)

Während der niedrige Nachtwert der geringen Nachfrage zu dieser Zeit geschuldet ist, ist der niedrige Nachmittagswert ein neues, durch die Photovoltaik verursachtes Phänomen. Für die Zukunft ist zu erwarten, dass die Börsenpreise in den Sommermonaten tagsüber während immer längerer Zeiträume unter das Niveau der Nachtpreise fallen. (...) Anders als in der Vergangenheit wird der Niedrigtarif dann nicht mehr nur in der Nacht, sondern auch zur Mittagszeit angeboten werden können, während der Hochtarif nur noch am frühen Morgen und am Abend greift.(...)

Diese Preisbewegungen sind ein Indiz, wie stark sich die Versorgungsstrukturen in Zukunft verändern werden. Preise geben richtige Signale: Strom ist reichlich oder knapp. Preisdifferenzen sind nötig, um den Kraftwerkpark zu steuern, und sie sind es, die den rentablen Betrieb von neuen Stromspeichern erst ermöglichen.»¹⁸

Ist der Anteil der erneuerbaren Energien im Markt sehr klein, fällt ihre Leistung für die grossen Kraftwerksbetreiber nicht ins Gewicht. Doch mit wachsendem Ausbau müssen sich die alten Monopolisten immer stärker anpassen, und dies erfordert eine völlige Umstrukturierung des Kraftwerkparkes – weg von der Bandenergie aus Grundlast-Kraftwerken hin zu flexibleren Einheiten mit rasch regelbarer Spitzenenergie und Speichern.

Die meisten Stromanbieter haben diese Herausforderung bereits erfasst – bewusst oder unbewusst. Die Fluktuation der erneuerbaren Energien hat dazu geführt, dass ergänzend zum Ausbau von Windkraft und Photovoltaik vor allem Gaskraftwerke zugebaut wurden. Zudem wird die Verknüpfung der bestehenden Pumpspeicherwerke in der Schweiz und in Norwegen durch den Ausbau der Netze verbessert. So entstanden neue Verbindungen zwischen Skandinavien und Deutschland, Holland und England. Länder wie Spanien und Deutschland, mit hohem Anteil an erneuerbaren Energien, haben zudem begonnen, neue Pumpspeicherwerke zu bauen, und in der Schweiz werden die bestehenden Speicherkraftwerke ausgebaut und mit neuen Druckstollen und Turbinen versehen.

Teil 6

Agenda 2020

Der Weg zum Erfolg	177
Erneuerbar ist billiger als Atomkraft & Erdöl	179
Versorgungssicherheit mit fluktuierenden Energiequellen	181
«solar & effizient»: Hindernisse beseitigen	183
Es braucht mehr und neue Standorte	185
Lösungen bei zu viel Sonnen- und Windstrom im Netz	187
Neue Speicher in Sicht	189
Erneuerbare Energien im Verkehr	191
Erneuerbare Energien im Gebäudesektor	193
Europäisch vernetzt: Die Begleitmassnahmen	195
Strategien mit Gas: Erneuerbare ergänzen oder verdrängen?	197
Politische Reformen als Teil der Lösung	199
Vom Umgang mit Atomrisiken	201
Die Zukunft des Stromgeschäfts	203

Teil 6 erklärt, wie ein dialektischer Prozess aus ökonomischen, ökologischen und technischen Verbesserungen den Marktanteil aller erneuerbaren Energien beflügelt, und dies nicht nur im Stromsektor. Als erstes gilt es, «Mehrkosten» mit einer Vollkostenrechnung richtig zu rechnen. Dank der zunehmenden Marktnähe der Photovoltaik kann bereits das Net metering («Zähler rückwärts laufen lassen...») die saubere Stromerzeugung in immer mehr Fällen voran bringen (Seite 174–177). Es genügt für sich allein aber nicht. Vielmehr gilt es, die Hindernisse umfassend zu beseitigen, die erneuerbaren Energien und Effizienz im Wege stehen: fehlende Vergütungssicherheit, Grundgebühren, Schikane-Gebühren.

Auf den Seiten 182–193 werden die Anforderungen an eine neue Standortpolitik festgehalten sowie die Chancen, die dank neuen Stromspeichern im stationären Bereich und im Verkehr entstehen. Kurz dargestellt werden die bekannten Effizienzpotentiale im Gebäudesektor und die Möglichkeiten einer Beschleunigung derselben.

Alle diese konkreten Massnahmen, im Text vorrangig mit der Strategie «solar & effizient» verknüpft, sind auch für die weiter hinten erörterten Strategien «europäisch vernetzt» (Seiten 194–195) und «binnenorientiert mit Gas» (Seite 196–197) sinnvoll, wo auch die Risiken der fortgesetzten Nutzung von Erdgas nicht verschwiegen werden.

Auf den letzten Seiten des Buches (Seiten 198–203) werden politische Reformen für den Umgang mit Parteispenden und eine neue Strukturierung der Aufsichtsbehörden vorgeschlagen. Es wird auf die Rolle der kommunalen Stromversorger hingewiesen, die in einer Stromwelt mit geöffneten Netzen gestärkt hervorgehen können.

Agenda 2020

Schweizer Plusenergiehaus: 262% Energieproduktion gemessen am Verbrauch



Grafik 161, Quelle: Solarpreis 2008 / Werner Setz, Architekt

Dieses Zweifamilienhaus in Riehen bei Basel produziert viel mehr Energie als es verbraucht. Wärmedämmung (38 cm Steinwolle), Sonnenkollektoren (7,5 m²/2900 kWh/a), Photovoltaik (84 m²/14,4 kW/15'800 kWh/a) und eine effiziente Wärmepumpe versorgen die Energiebezugsfläche von 315 m². Die Überschüsse gehen ins Netz.

Elektro-Motorräder in Schanghai/China



Grafik 162, Quelle: Hans-Josef Fell, MdB

In vielen chinesischen Städten sind benzinbetriebene Motorräder aus Gründen der Luftreinhaltung verboten. Elektroroller sind stark verbreitet, Elektroautos werden folgen.

Der Weg zum Erfolg

Steigende Temperaturen, Ölunfälle und «Fukushima» führen nicht zum sofortigen Ende der fossilen und nuklearen Energien. Aber die Risiken werden neu bewertet. Den sauberen Energien öffnen sich neue Türen, die die Marktentwicklung beschleunigen. Ihr Erfolg war in Pionierländern wie Dänemark, Deutschland oder Spanien ein dialektischer Prozess. Und er wird sich ähnlich in den neuen Märkten abspielen, aber in höherem Tempo. Das Beispiel Deutschland ist erhellend: Der Einführung von Einspeisevergütungen (1991 für Windenergie und Wasserkraft, 2000–2004 für die übrigen Erneuerbaren) folgten Perfektionierung und Verbilligung der Technik (Windenergie ab 1992, Biomassestrom ab 2000, Solarstrom ab 2004), eine höhere Akzeptanz, regulatorische Reformen (2000: EEG und Atomausstieg), danach weitere entscheidende Innovationen (Netzverträglichkeit bei Spannungsabfall, bessere Wechselrichter, neue Speicher, neue Netztechniken), eine starke Expansion der Neuinstallationen (2008–2011), gefolgt von neuen regulatorischen Reformen (atmender Deckel für Solarstromvergütung, Netzausbaubeschleunigung, gestauchte Offshore-Vergütungen), die den Sprung von 20 auf 50 % sauberen Strom bis 2020 vorbereiten. Wenn Länder wie China, Japan, Brasilien und Indien heute in erneuerbare Energien einsteigen, profitieren sie in gigantischem Mass von diesen Vorleistungen. «Lernkurven» bestehen nicht bloss in der Erzeugungstechnik, sondern ebenso bei der Marktstrukturierung, bei der Netzintegration und bei der Speicherung, wo sich viele Innovationen im «take off» befinden.

Die hohe Verfügbarkeit von billigem, sauberem Strom ebnet neuen Entwicklungen in der Politik und «hinter dem Stecker» den Weg: optimierte Wärmepumpen im Verbund mit Sonnenkollektoren und Erdspeichern, Elektro-Bikes und Elektro-Autos mit robusteren Batterien, neue Speicher für Community- und Solar-home-systems, die den Tag-Nacht-Ausgleich ermöglichen und Leistungsspitzen des lokalen Wind- und Solarstroms auffangen.

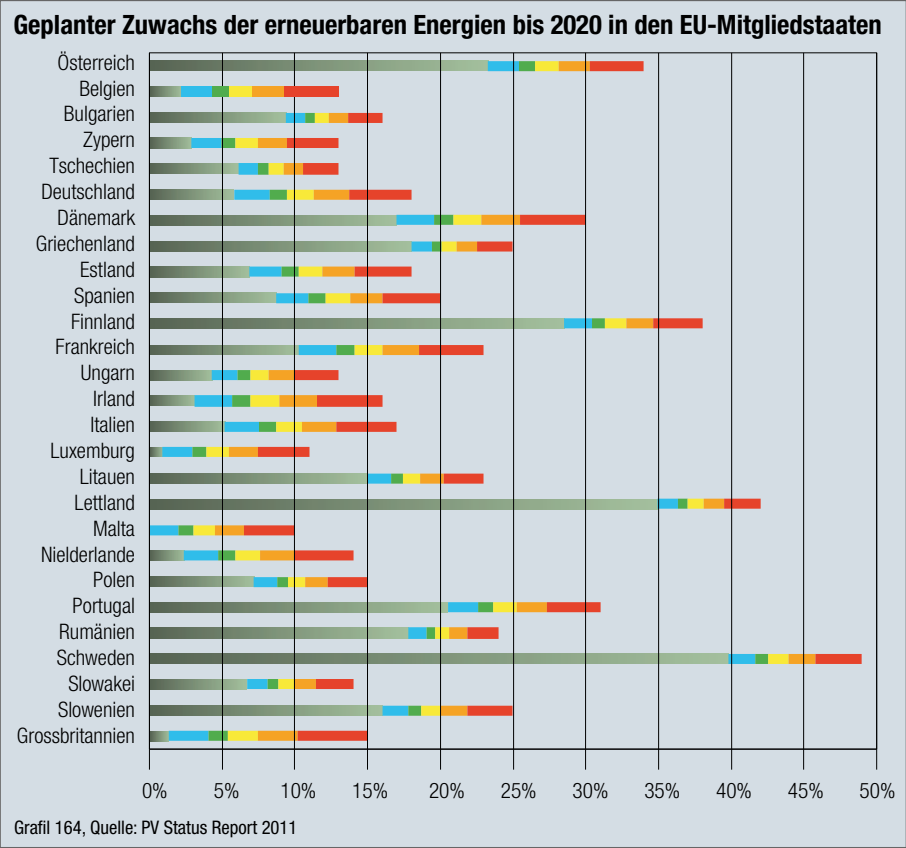
Entscheidend für den Durchbruch ist, dass sich die Kommunikation über erneuerbare Energien verändert: die Kampfkampagnen der Atomlobby und der von ihr finanzierten Economiesuisse, die erneuerbare Energien als teuer und ineffizient diffamieren, sollten nicht länger unwidersprochen bleiben, ebenso gilt es, die verdrängten Risiken der Atomenergie und die perverse Informationspolitik der Aufsichtsbehörden in den Diskurs zu bringen.

Gesamtkosten richtig evaluieren. Entscheidend für die wirtschaftliche Tragfähigkeit der Erneuerbaren sind ihre niedrigen Kosten, betrachtet über die Lebensdauer der Anlagen. Der Fachbegriff LCOE (levelized cost of electricity) schliesst die volkswirtschaftlichen Kosten und Nutzen mit ein, also das «Goldene Ende» mit seinen tiefen Gestehungskosten, die Kosten der Netzintegration, die externen Kosten für Unfälle, Emissionen und Abfälle. Heute setzen sich die erneuerbaren Energien in vielen Ländern aus wirtschaftlichen Gründen politisch durch, nicht aus ökologischen. Regierungen sind bereit, die Märkte so zu strukturieren, dass Investitionen vergütet werden, selbst wenn die Gestehungskosten zu Beginn noch über dem Preis an der Strombörse liegen. Was zählt, ist die Gesamtbeurteilung. Selbst Solarstrom ist nun plötzlich in vielen Märkten wettbewerbsfähig, trotz der noch etwas höheren Gestehungskosten, wenn er Netzkosten spart, weil er direkt beim Verbraucher eingespeist wird, und dies zur Tageszeit mit dem höchsten Bedarf und den höchsten Tarifen, und weil er keine Folgekosten nach sich zieht.

Depression der Einspeisevergütungen in der Schweiz (Stand 2012)

Einspeisevergütungen und gesetzliche Absenkpfade	Vergütungshöhe 2012 Rp. /kWh	Vergütungs-dauer (Jahre)	Depression 2010–2012	Minimale Depression pro Jahr gemäss Verordnung	Depression wirksam ab
Solarstrom	28–49	25	–18% (2010) –18% (2011) –18% (2012)	–8%	2009
Windkraft	12–23	20	0%	–1.5%	2013
Biomasse	15–35	20	0%	0%	2010
Geothermie	23–40	20	0%	–0.5%	2018
Kleinwasserkraft	8–35	25	0%	0%	2010

Grafik 163: Die Einspeisevergütungen für Solarstrom wurden seit 2009 bereits dreimal um 18 Prozent abgesenkt. Ab 2013 sinkt auch die kostendeckende Vergütung für Windenergie, ab 2018 jene für geothermischen Strom. Der Absenkung hinzuzurechnen ist die allgemeine Teuerung, die nicht ausgeglichen wird. Quelle: Swissgrid



Der planmässige Ausbau der erneuerbaren Energien in der Europäischen Union wurde beschlossen, weil alle Mitgliedsstaaten dies als Chance für ihr Land und für ihre Wirtschaft erkannt haben. Die Gaslieferprobleme in Osteuropa während des russisch-ukrainischen Gaststreits wirkten als heilsamer Schock.

Erneuerbar ist billiger als Atomkraft & Erdöl

Wer Kosten sparen und einen hohen Grad an Versorgungssicherheit erreichen will, sollte den Stromsektor so strukturieren, dass kostensichere, erneuerbare Energieträger aus einheimischen Potenzialen den Verbrauch dominieren. Die Schweiz verfügt über solche Potenziale. Solar- und Windenergie können mit den richtigen Rahmenbedingungen einen mindestens so grossen Beitrag liefern wie Wasserkraft. Der Schlüssel zum Erfolg liegt hier nicht in der Technik und auch der «Markt» löst das Problem nicht, so lange eine gute Gesetzgebung für Vergütungen und Standortgenehmigen fehlt.

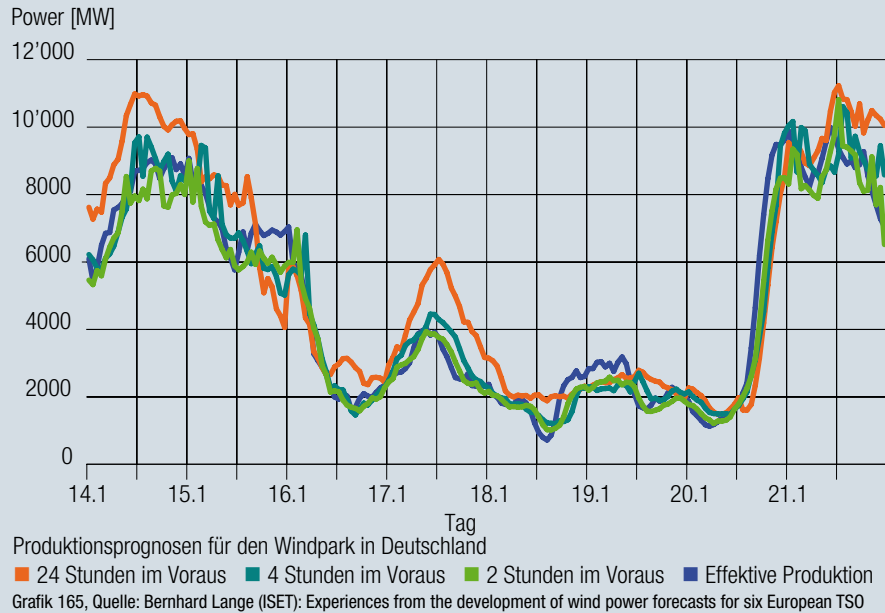
Die Atomlobby hat versucht, diese Umstellung um jeden Preis zu verzögern und spielt auf Zeit. Mit hysterischen Kampagnen wird vor angeblich prohibitiven Kosten gewarnt. Doch der Preisanstieg durch kostendeckende Vergütungen ist, wenn überhaupt, eine reine Übergangserscheinung – ein Pappenstiel verglichen mit neuen Atomkraftwerken und mit den Forschungs- und Folgekosten der Atomenergie, wo die Rechnung stets ohne den Wirt gemacht wurde. Weil sich die Einspeisevergütungen im Sinkflug befinden, wird sich das Thema Mehrkosten in wenigen Jahren von selbst erledigen. Die Gestehungskosten von Wind- und Solarstrom liegen heute schon unter den Endverbraucherpreisen, oder sie werden diese Schwelle demnächst unterschreiten. In Deutschland wird der Solarstrom aus Freilandanlagen ab dem 1. Juli 2012 noch für 18,7 Rappen pro kWh vergütet, für Kleinanlagen vom Hausdach gelten maximal ca. 26 Rp./kWh.

Net metering. Bei derart tiefen Gestehungskosten kann der Gesetzgeber die dezentrale Stromerzeugung mittels «net metering» fördern, ohne dass die KEV-Umlage ansteigt. Diese in den USA verbreitete Methode ist die gesetzliche Garantie, den Stromzähler über die kaufmännische Lebensdauer einer Anlage (20–25 Jahre) rückwärts laufen lassen zu können. Für die übrigen Bezüger steigen die Netzgebühren dadurch nicht – sie werden eher sinken, weil der Solarstrom vom Hausdach die Übertragungsnetze entlastet.

Die Befreiung von Netzgebühren ist im Stromversorgungsgesetz bereits Wirklichkeit – für Pumpstrom! Die Überschüsse aus Atom- und Kohlekraftwerken werden kostenlos transportiert mit dem Argument, dies diene der Versorgungssicherheit. Auch Wärmepumpen und Elektro-Widerstandsheizungen wurden jahrzehntelang zu subventionierten Energie- und Netzgebühren installiert. Dafür mussten Tausende Kilometer Stromnetze kostenträchtig erweitert werden, ohne dass die AKWs einen Cent bezahlten. Die Mehrkosten wurden auf die übrigen Kunden verteilt, Haushalte und Gewerbekunde mussten höhere Stromtarife erdulden.

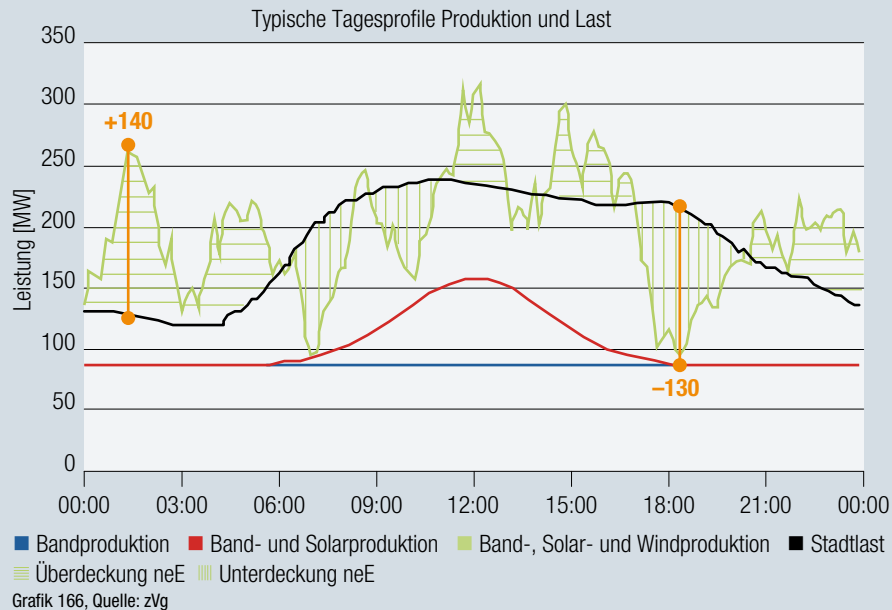
Die Atomlobby war stets kreativ, wenn es um ihre eigenen Interessen ging. Dass man mit der differenzierten Anlastung von Netzgebühren erwünschte Entwicklungen bevorzugt, ist im In- und Ausland weit verbreitete Praxis. Nur spricht die Elektrizitätswirtschaft davon nie öffentlich. Das Modell des «net metering» liesse sich mit blossen Verordnungsänderungen auf Wind-, Solar- und Biomasse-Strom übertragen. Die KEV-Umlage würde dadurch sofort entlastet und liesse sich auf jene Techniken eingrenzen, deren Gestehungskosten noch über den Endverbraucherpreisen liegen. Die Verbilligung des Solarstroms ist noch lange nicht zu Ende. Sie wird sich auch nach Erreichen der Netzparität fortsetzen, womit sich der Kostendruck der KEV-Umlage weiter abschwächt.

Wettermodelle verbessern die Prognosegenauigkeit



Auf 24 Stunden wird die Windstromproduktion bereits sehr genau prognostiziert (+/-6%). Je kürzer der Prognosezeitraum, desto kleiner die Abweichung.

Tagesprofil mit 100% erneuerbarem Portfolio



Ein Stromversorger mit 100 Prozent erneuerbaren Energien muss Schwankungen ausgleichen: Überschüsse (links) und Produktionsdefizite. Speicherkraftwerke und Beschaffungen an der Strombörse helfen ihm dabei.

Versorgungssicherheit mit fluktuierenden Energiequellen

Grundsätzlich gilt: Erneuerbare Energien sind unerschöpflich und ungefährlich und werden immer billiger. Sie verbessern deswegen die Versorgungssicherheit. Aber mit wachsendem Marktanteil wird es neue, wetterabhängige Erzeugungsspitzen geben. Und es kann in Ländern ohne grosse Speicherseen zu Engpässen kommen, wenn die Sonne nicht scheint und der Wind nicht bläst. Ein kluges Management von Kraftwerken, Netzen und Speichern ist europaweit erforderlich, wobei die alten fossilen Kraftwerke als Notreserve zeitweise noch gebraucht werden.

Grund für Panik besteht jedoch nicht. Schwankungen von Produktion und Bedarf sind im Stromsektor das tägliche Brot. Die nächtlichen Überschüsse von Kohle- und Atomkraft mussten mit Stauseen, Pumpspeichern, Boilern oder Wärmepumpen/Wärmespeichern ausgeglichen werden, ebenso die hydrologischen Schwankungen der Wasserkraftwerke. Eine Reihe von technischen Lösungen für die Übereinstimmung von Angebot und Nachfrage ist verfügbar:

Netzausbau. Die Vernetzung verschiedener Kraftwerke mit fluktuierender Leistung glättet die Produktionsspitzen.

Diversifikation der Standorte. Die Verteilung der Stromerzeugung auf verschiedene Herkunftsregionen und Wetterzonen führt zu Ausgleichseffekten. Die hoch produktiven Standorte, etwa in der Nordsee, weisen weniger Fluktuationen auf als im Binnenland.

Diversifikation der Technologien. Wind, Sonne, Wasserkraft, Biomasse und Geothermie haben ganz unterschiedliche Erzeugungsprofile. Ihr Betrieb im Verbund senkt den Bedarf nach Speichern massiv. Windkraft ergänzt Sonnen- und Wasserkraft jahreszeitlich hervorragend.¹

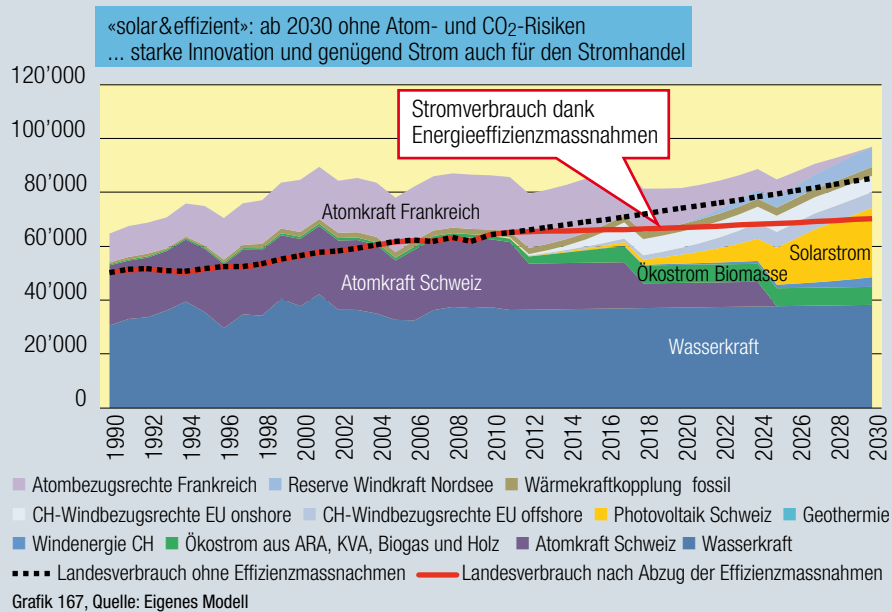
Speicher. Speicherseen, Pumpspeicher, Wärmespeicher, Biogas, Biomasse und Batterien können Produktionsüberschüsse aufnehmen und bei Knappheit in Verkehr bringen. Riesige Wasserspeicher in Skandinavien und in den Alpen bestehen schon, sind aber noch ungenügend mit den Verbrauchszentren vernetzt.

Lastmanagement. Mit dem Aufbau eines intelligenten Stromnetzes («smart grid»), können mehr Lasten als bisher (neben Boilern und Wärmepumpen auch Kühllhäuser, Wasserversorgungen/Reservoirs, Elektrofahrzeuge, Waschmaschinen) auf das fluktuierende Stromangebot abgestimmt werden. Wichtig dafür ist die Öffnung des Marktes für Regenergie durch Swissgrid.

Bessere Prognosen. Neue Prognosemethoden für Wind- und Solarstrom stärken ebenfalls die Versorgungssicherheit. In Deutschland wurde 2008 eine Genauigkeit von 94 bis 95 Prozent bei day-ahead-Prognosen (24 h) erreicht (Grafik oben). Bei kurzfristigen Prognosen (2–4 Stunden) liegt die Prognosegenauigkeit bei 96 bis 97 Prozent. Kurzfristige Schwankungen können auch im intra-day- und intra-hour-Markt an der Strombörse ausgeglichen werden.²

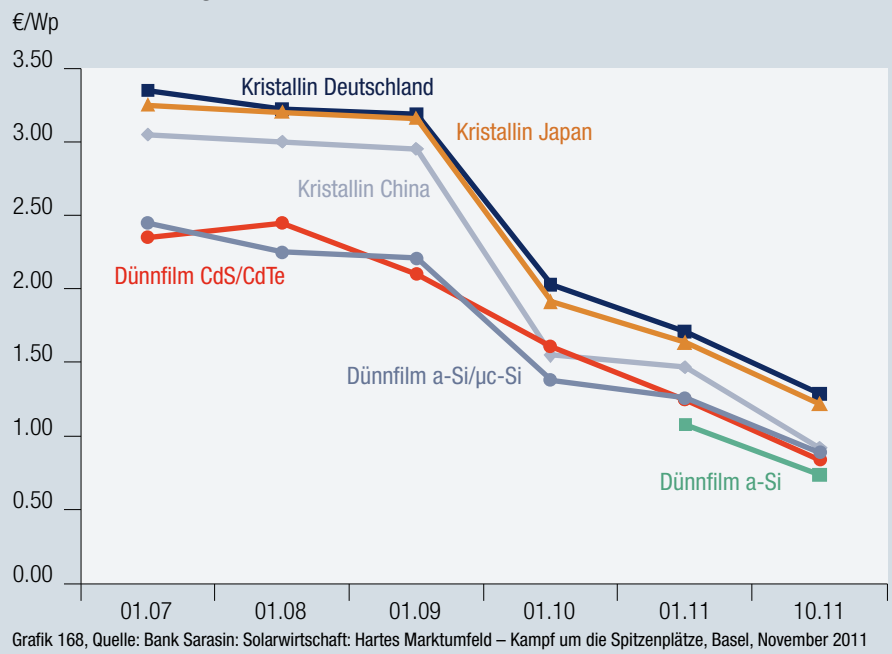
Reservekraftwerke. Selbst der Ersatz von Kohle- durch Gaskraftwerke in Europa kann den erneuerbaren Energien nützen. Gaskraftwerke können schnell hoch- und heruntergefahren werden. Ihr Einsatz zur Überbrückung von Engpässen ist legitim, wenn der fossile Anteil insgesamt sinkt. Zudem können Biogas und synthetisches Methan das Erdgas ersetzen.

Strategie «solar&effizient»



Die Vollversorgung mit sauberem Strom bis 2030 ist mit einem Mix aus Solar-, Biomasse- und Windstrom möglich. Bessere Energieeffizienz unterstützt die Transformation.

Preisentwicklung der Solarmodule 2007–2011



Sinkende Gestehungskosten machen hohe Marktanteile von Solarstrom erschwinglich.

«solar & effizient»: Hindernisse beseitigen

Der Umstieg auf erneuerbare Energien ist möglich, und er ist in vielen Ländern bereits im Gang. Nicht zufällig sind Exponenten aus der Finanzwirtschaft optimistisch: «In Anbetracht der zunehmenden Effizienz von erneuerbaren Energien liegt es nahe, dass das nukleare und das fossile Zeitalter nicht zu Ende gehen werden, weil uns die betreffenden Ressourcen ausgehen, sondern weil diese zunehmend an Wettbewerbsfähigkeit und an gesellschaftlicher Unterstützung verlieren», schreibt die Basler Bank Sarasin.³ Dies gelingt aber nur, wenn die vielfältigen Blockierungen radikal beseitigt werden.

Vergütungssicherheit. Kraftwerke mit erneuerbaren Energien weisen einen hohen Fixkostenanteil auf. Investiert wird nur, wenn die Vergütungssicherheit da ist. So lange die kostendeckende Vergütung «gedeckelt» ist, wird nicht gebaut, das ist eine Binsenwahrheit. Ergänzend zur KEV kann aber das «net metering» («Zähler rückwärts laufen lassen») eine wachsende Bedeutung erlangen und sie könnte die KEV-Umlage schon heute entlasten. Man müsste nur das geltende Energiegesetz (Art. 7) anwenden ...

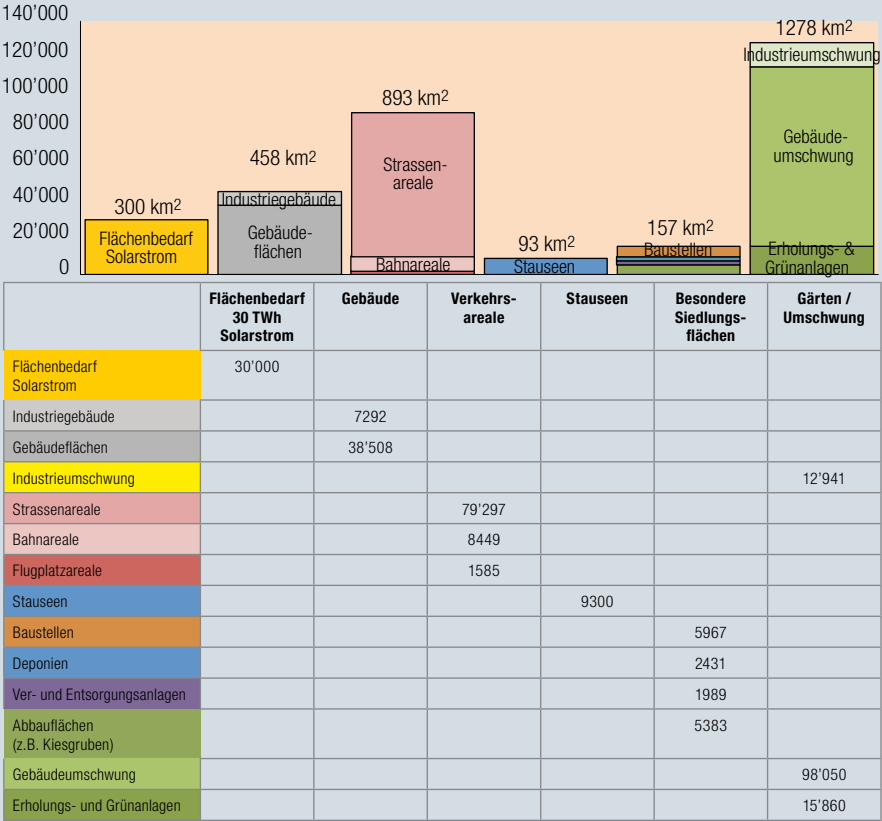
«Mehrkosten» richtig rechnen. Der grösste Beitrag zum Ersatz von Atomstrom kommt im Szenario «solar & effizient» vom Solarstrom. Damit sich dieser entfalten kann, muss das «Kleingedruckte» stimmen. Wer heute zur Hochtarifzeit Strom einspeist, erhält nur den Grosshandelspreis für Grundlast an der Leipziger Strombörse EEX (ca. 7–8 Rp./kWh) angerechnet. In Wirklichkeit ist dieser Strom viel mehr wert, denn er wird den kleinen und mittleren Endverbrauchern für 22–25 Rp./kWh verkauft und muss, weil er sich schon im Verteilnetz befindet, nicht über sieben Netzebenen zum Verbraucher geleitet werden.

Die aktuelle Praxis, von der Atomlobby diktiert und von Juristen verteidigt, führt zu einer künstlich aufgeblähten KEV-Umlage. Sie unterlegt das Mantra von den angeblich hohen Kosten des Umstiegs, doch man könnte auch ganz anders rechnen. Solarstrom stärkt die Eigenversorgung, senkt die Risiken, schont die Netze und die Stauseen, und die Netzbetreiber haben keinerlei Grund, sich über diese Entlastung zu beklagen, denn selbst für den Netzausbau müssen sie nicht aufkommen. Dieser wird bei erneuerbaren Energien aus den Systemdienstleistungen von Swissgrid finanziert.⁴

Weg mit den Grundgebühren. Wenn die Einspeiser auf der untersten Netzebene das Recht erhalten, den Zähler «rückwärts laufen zu lassen» (net metering), dann muss das Gesetz auch dafür sorgen, dass die Netzbetreiber ihre Tarife nicht mittels Grundgebühren künstlich absenken. Im Ausbremsen der Konkurrenz sind manche Elektrizitätswerke nämlich sehr kreativ. Lineare Entgelte für alle Bezüger zur gleichen Tageszeit sind gerechter und fördern die Kostenwahrheit, Mengenrabatte verringern sie. Sparsame Verbraucher sollten nicht länger bestraft werden.⁵

Weg mit Schikanen. Manche Elektrizitätswerke erschweren den Bau von dezentralen Kleinanlagen mit überteuerten Stromzählern, mit unnötig häufigen Ablesungen oder hohen Gebühren, die prohibitive Kosten verursachen können. Gesetzgeber und Vollzugsbehörden sollten daran arbeiten, diese Schikanen radikal zu unterbinden.

Flächenbedarf für Solarstrom und Siedlungsflächen



Grafik 169, Quelle: Arealstatistik / Bundesamt für Statistik

Solarstromanlagen nicht bloss für Dächer. Öffentliche Infrastrukturen wie Strassen, Eisenbahnen, Flughäfen, Stauseen, Deponien oder Gartenzäune haben dank sinkenden Modulkosten grosses Potenzial.

Autobahnen als Solarkraftwerke



Grafik 170, Quelle: Fotomontage (welt.de) / Aquasun

Strassen und Autobahnen belegen riesige Flächen. An Seilen oder Säulen angebrachte Module eignen sich aber vielleicht besser als feste Einhausungen (Bild). Sie können dem Sonnenstand nachgeführt und bei Schneefall senkrecht gestellt werden, auch auf Solarflossen für Stauseen an sonnenstarken alpinen Lagen.

Es braucht mehr und neue Standorte

Auseinandersetzungen darüber, welche Ästhetik und welche Standorte für erneuerbare Energien zulässig sein sollen, sind unumgänglich. Bisher fokussiert sich die Diskussion beim Solarstrom auf die Freigabe von Dächern. Es besteht ein Spannungsfeld mit den Anliegen des Heimat- und Denkmalschutzes.

Angesichts der Dringlichkeit der Umstellung der Energiesysteme sollte ein grundlegender Rechtsanspruch auf Bau und Einbau von Solaranlagen in Gesetz oder Verfassung statuiert werden. Verbote sollten nur bei Bauten von exklusiv historischem Charakter zulässig sein. Neben den Dächern sollten aus versorgungstechnischen Gründen auch Neuanlagen auf Infrastrukturen und Freiflächen in klar definiertem Rahmen erlaubt sein. Die Schweizer Arealstatistik zeigt, dass Nutzflächen für Solarstrom auf einer Vielzahl von Infrastrukturen vorhanden wären: Verkehrsanlagen, Deponien, alpine Stauseen oder Einzäunungen von Grünanlagen. Speicher- und Vernetzungskosten können eingespart werden, wenn die Anlagen nah bei den Verbrauchern und geografisch breit über alle Landesgegenden verteilt werden.

Ausscheidungspflicht der Kantone. Die Kantone sollten gesetzlich angehalten werden, zur Erreichung von «erneuerbaren Zielkorridoren» minimale Nutzungsflächen auszuweisen, die öffentlich ausgeschrieben werden. Jeder Kanton sollte geeignete Flächenausweisungen vornehmen und dabei gewisse Qualitätsgarantien der Standorte nachweisen (Windverhältnisse, solare Einstrahlung, Biomasse- oder geothermische Potenziale). «Standortquoten» sollten auf Basis der geografischen Grösse eines Kantons, der Potenziale und der Einwohnerdichte (bzw. der implizit vorhandenen Dachflächen) bestimmt werden. Das Ziel ist, ausreichend neue Energien zu gewinnen, unter angemessener Partizipation der Standortgemeinden an den Erträgen.

Demokratische Verfahren. Die Bevölkerung soll mitentscheiden, wo und welche erneuerbaren Energien zur Nutzung freigegeben werden. Als Zwischenziel für die Photovoltaik sollten bis 2020 in allen Landesteilen mindestens 50 Prozent der Dachflächen und der nutzbaren Infrastrukturen ohne bewilligungsrechtliche Hindernisse nutzbar werden und wenigstens 10 Prozent der nutzbaren Windpotenziale.

Abgeltungen. Damit die Gebirgskantone nicht sämtlichen Elan in die bereits ausgeschöpfte Wasserkraft stecken, sollten für Wind- und Solaranlagen kleine Entschädigungen gelten wie beim Wasserzins (1,5–2 Rp./kWh).

Wasserzinsen Schweiz	CHF / kW	Ertrag Kantone Mio. CHF	Belastung Rp. / kWh
bis 2010	80	440	1.2
bis 2014	100	550	1.5
bis 2019	110	605	1.65

Die Wasserzinsen haben stark zur Akzeptanz der Wasserkraft beigetragen, und es wäre eine Überraschung, wenn Hausbesitzer und Gemeinden darauf nicht ansprechen. Ein «Bestechungsgeld» wie bei den Standortabgeltungen für Atomkraftwerke ist darin nicht zu erkennen, denn es gibt keine Auswärtigen, die potenziell geschädigt werden.

«Windzinsen». Bei der Windenergie sollten jene Gemeinden entschädigt werden, deren Landschaft direkt betroffen ist, also nicht bloss die Standortgemeinden. Die «Sichtbarkeit» von Windfarmen wird im Übrigen überschätzt. Für eine Vollversorgung Europas mit Windenergie würden weniger als 1% der Bodenfläche genügen.⁶

Mehr Leistung von bestehenden Staubecken

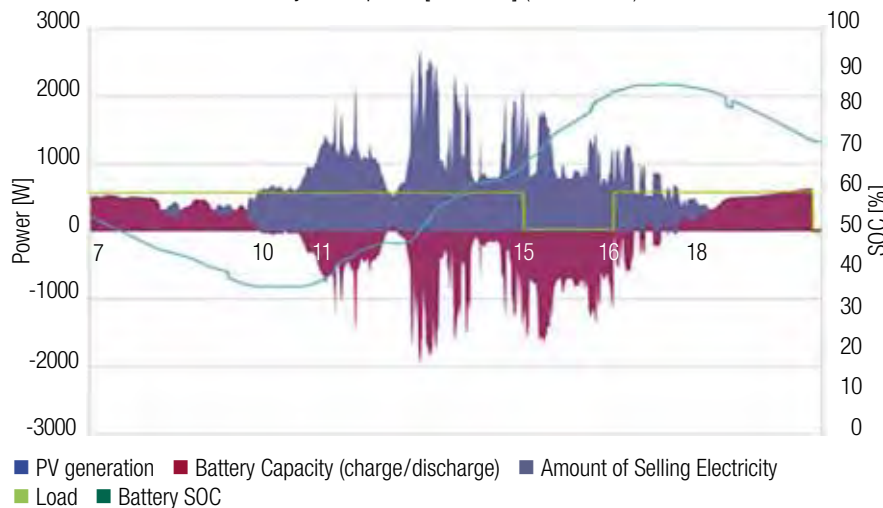


Grafik 171, Quelle: Nant de Drance / Emosson

In den Alpen kann die Leistung vieler Staubecken erhöht werden, ohne dass Neubauten notwendig sind. Im Bild: Nant de Drance/Lac Emosson: 900 MW Pumpleistung, Höhendifferenz 250–395 m, Wirkungsgrad ca. 80 Prozent.

Speicherprofil einer Lithium-Ionen-Hausbatterie (1. Juli 2011)

Daily Power profile [PV + RES] (1. Juli 2011)



Grafik 172, Quelle: Samsung

Die Batterie absorbiert die Leistungsüberschüsse an Solarstrom vom Dach und stellt den Strom für die Nacht bereit. Der Wirkungsgrad wird auf 91 Prozent beziffert.

Lösungen bei zu viel Sonnen- und Windstrom im Netz

Viele kleine, dezentrale Produzenten werden mit steigendem Anteil an der Stromproduktion selber einen Beitrag zur Speicherung, Netzintegration und Stabilisierung leisten. Sie können ihre Nachfrage durch automatisierte Prozesse auf die Verfügbarkeit von sauberem Strom abstimmen (smarte Gebäude) oder sie können im Keller eigene Speicher installieren. Doch es gibt noch viele andere Lösungen. Die billigsten Speicher sind jene, die schon da sind – und jene, die gar nicht erst gebraucht werden.

Load shifting. Dank den Stauseen besteht in der Schweiz sehr viel Flexibilität. Speicherbecken können Fluktuationen praktisch kostenlos ausgleichen, indem sie die Stromerzeugung bei Sonne und Wind aufschieben.

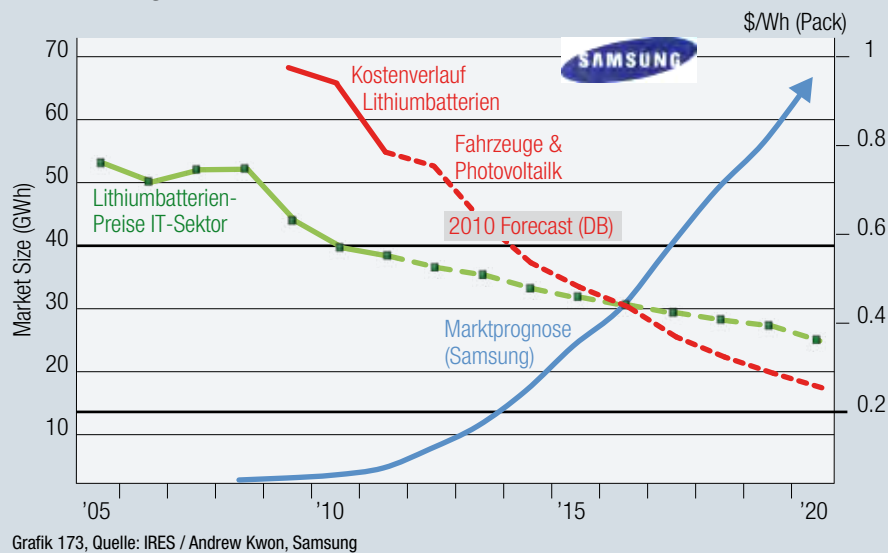
Market coupling. Eine immer häufigere Methode zum Abbau von Überschüssen ist die Vermarktung von grenzüberschreitenden Netzkapazitäten an der Strombörse in einem Paket («market coupling»). Überschüsse an Wind- und Solarstrom gelangen so in völlig neue Absatzgebiete, auch solche, die bisher kaum auf erneuerbare Energien setzten. Der wachsende Handel mit Wind- und Sonnenstrom stösst aber nicht überall auf eitel Freude. Französische, polnische, tschechische und slowakische Kraftwerkbesitzer beklagen sich über die Solarstrom-Expansion, die sie zwingt, ihre Kraftwerke zu drosseln. Dies könnte auch der Grund sein, weshalb der Netzausbau oft stockt.

Solar home systems. Wenn Solaranlagen eines Tages so stark verbreitet sind, dass die Tagesstarife am Mittag einbrechen, dann führt «net metering» für die Eigentümer von Solar-Dachanlagen nicht mehr automatisch zu einer guten Entschädigung. Mit dezentralen Speichern kann in diesem Fall der billige Tagesstrom für den Abend eingelagert werden. Es ist aber auch das Umgekehrte möglich: Notiert die Strombörse hohe Tagespreise, kann Strom vom Dach und von der Batterie zur Zeit des höchsten Bedarfs verkauft werden. Die Batterie wird dann in der Nacht mit billigem Strom betankt, zum Beispiel mit überschüssigem Windstrom, denn nachts ist die Nachfrage geringer. In vielen Ländern bahnt sich ein Boom der dezentralen Stromspeicher an. Voraussetzung für einen optimierten Betrieb ist die Bewirtschaftung mittels «smart grid». Die Batterie verfügt dann über ein Steuerungssystem mit Programmierung, welches die Daten von der Strombörse automatisch abrufen, auswertet und Kauf- oder Verkaufsentscheide treffen kann.

Eigenverbrauch belohnen. Das deutsche Einspeisegesetz (EEG) fördert den Eigenverbrauch von Solarstrom mit einem Bonus von 12,36 Cent/kWh (<30 Prozent Eigenverbrauch) bis 16,74 Cent (Anteile > 30%). Dies hat den Bau von dezentralen Speichern angekurbelt und könnte für viele andere Länder wegbereitend sein.

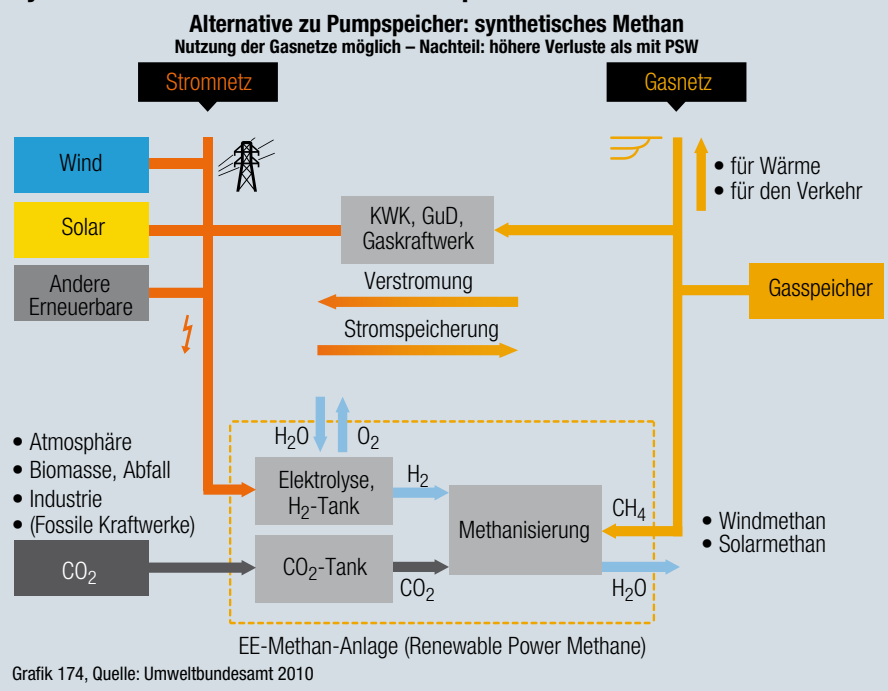
Billigere Speicher. Die Preise für Batterien scheinen fast ebenso schnell zu sinken wie die Preise für Solarmodule. Asiatische Hersteller rechnen mit einer exponentiellen Expansion von Lithium-Ionen-Speichern, die gleichzeitig als Leistungspuffer, Frequenzregulierer, Nachtstromquelle, Notstromaggregat oder als Ersatz für Benzintanks dienen. Korea investiert 6 Mrd. Dollar in die Forschung neuer Speicher. Marktführer Samsung geht davon aus, dass sich der Umsatz von Lithium-Ionen-Batterien bis 2020 auf 70 Millionen kWh pro Jahr verzwanzigfacht. Die Kosten pro gespeicherte kWh werden gemäss einer Schätzung der Deutschen Bank von ca. 1000 Dollar auf 250 Dollar pro kWh sinken – ein Niveau, das unter den Kosten herkömmlicher Bleibatterien läge.⁷

Lithium billiger als Bleibatterien



Die Preise für Lithiumbatterien fallen noch schneller als die Preise für Solarmodule. Bald wird der Stromspeicher im Keller billiger als die Netzgebühren.

Synthetisches Methan – neuer Stromspeicher



Methan ist als Stromspeicher viel praktischer als Wasserstoff, weil das bestehende Gasnetz Reserven für viele Monate aufnehmen kann. Ist das Lager voll, kann der Überschuss Motorfahrzeuge antreiben.

Neue Speicher in Sicht

Treffen die Prognosen von Samsung ein, dann wird ein Einfamilienhaushalt mit einem Tagesbedarf von ca. 10 kWh eine einfache Batterie im Keller mit 3–5 kWh Speicher schon ab gut 1000 Franken erwerben können. Doch auch da hängt vieles von der Politik ab.

Abgeltung durch Swissgrid. Dezentrale stationäre Speicher können direkt die Leistungsspitzen der häuslichen Stromerzeugung auffangen. Da solche Anlagen ähnliche Funktionen wie die alpinen Stauseen übernehmen, gleichzeitig aber die Netze entlasten und stabilisieren, sollte Swissgrid die Leistung dieser Anlagen als Regelleistung anerkennen und die Einbindung ins Netzmanagement finanziell angemessen abgelden. Statt Speicher-Panikmache wäre Pragmatismus angesagt.

Synthetisches Methan. Als völlig neuer Stromspeicher hat das deutsche Umweltbundesamt die Herstellung von synthetischem Biogas (Methan) untersucht. Die ersten Versuche in der Praxis sind sehr vielversprechend. Basis bilden klassische Elektrolyseanlagen, die sogar «als stufenlos regelbare Stromverbraucher für das planmässige Lastmanagement und die Bereitstellung von Regelleistung eingesetzt werden können». Im Unterschied zu früheren Konzepten setzt man nicht auf Wasserstoff allein. Vielmehr wird dieser durch eine Reaktion mit CO₂ in synthetisches Methan gewandelt, chemisch dasselbe wie Erdgas.

Eine Pilotanlage mit 25 Kilowatt Leistung mitten in Stuttgart ist seit 2009 am Netz, entwickelt vom Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung (ZSW) und dem Fraunhofer-Institut für Windenergie- und Energiesystemtechnik (IWES). Sie beweist die Machbarkeit des Verfahrens, und die Vorteile sind bestechend: Methan kann überall ins Erdgasnetz eingespeist werden und steht auch als Treibstoff zur Verfügung, wo ein Gasnetz besteht. Zwar geht ein Drittel des Stroms bei der Herstellung als Abwärme verloren. Doch wenn die Elektrolyseanlagen dort aufgestellt werden, wo ein Wärmewirt die Umwandlungsverluste nutzen kann, zum Beispiel zur Bereitstellung von Warmwasser, dann kann auch die Umwandlungsenergie verwertet werden. Das bestehende Gasnetz mit seinen Gaslagerstätten reicht in Deutschland aus, um eine Stromreserve von zweieinhalb Monatsverbräuchen zu garantieren – länger als jede Windstille. Ähnlich grosse Reserven konnten bisher nur Stauseen aufnehmen, deren Neubau in vielen Flächenstaaten aber nur beschränkt möglich ist.

Methan lässt sich leichter transportieren als der voluminöse und höchst flüchtige Wasserstoff. Das neue Speicherverfahren ermöglicht eine technisch belastbare Vollversorgung aus erneuerbaren Energien. Die Innovation ist insofern revolutionär, weil sie sich nahtlos in bestehende Versorgungsstrukturen einfügt. Erdgasleitungen und -speicher müssen nicht neu gebaut werden, Gaskraftwerke mit synthetischem Methan verzeichnen hohe Wirkungsgrade (55–60 Prozent), doch die meisten Strom-Überschüsse könnten dem Verkehrssektor, insbesondere dem Flugverkehr, zugeführt werden, wo eine grosse potenzielle Nachfrage nach erneuerbaren flüssigen Treibstoffen noch völlig ungestillt ist. Mit synthetischem Methan werden Strom- und Erdgasnetze interaktiv. So wird auch in der berühmten windstillen Novembernacht jederzeit genug Strom im Netz sein, doch vorerst verhindert der billige Preis von Erdgas den Bau einer grossen Zahl solcher neuer Speicher. Auch hier gilt: Ohne gute Rahmenbedingungen geht gar nichts.

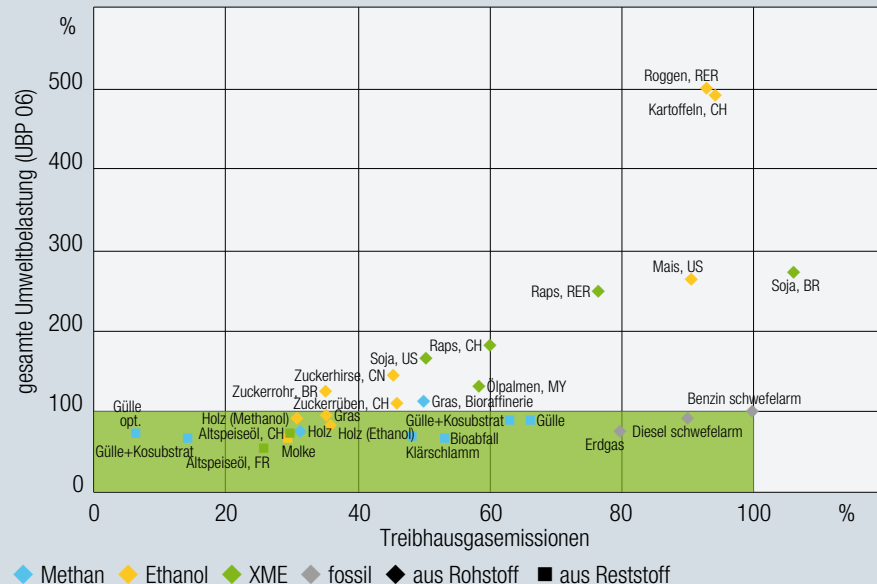
Tesla Limousine – voll elektrisch unterwegs



Grafik 175, Quelle: <http://www.teslamotors.com/models>

Das neue Modell von Tesla verspricht einen Verbrauch von 1,6 kWh (umgerechnet 1,6 Liter Benzin) auf 100 km und eine Reichweite von 242 bis 480 km, je nach Grösse der Batterie (Werksangaben).

Schädliche Agrotreibstoffe



Grafik 176, Quelle: Reiner Zah et al. (EMPA): Ökologische Bewertung von Biotreibstoffen (BFE 2007)

Agrotreibstoffe wie Soja, Mais und Zuckerrohr sind ökologisch schlechter als Benzin. Der grüne Bereich bedeutet: geringere Treibhausgasemissionen und geringere gesamte Umweltbelastung als Benzin.

Erneuerbare Energien im Verkehr

Im Verkehr zeichnet sich ein neuer Trend ab: Die privaten Motorfahrzeuge müssen ihre CO₂-Emissionen auf 130 Gramm/km senken; sie werden leichter, effizienter und zunehmend elektrisch oder mit Gas betrieben, was bei knapper werdendem Benzin wirtschaftlich interessant ist und in Luftreinhaltung und Klimaschutz gewisse Verbesserungen bringt. Elektromotoren sind viel effizienter als Verbrennungsmotoren. Eine Tesla-Limousine mit Elektromotor verbraucht nur 16,1 Kilowattstunden auf 100 km, umgerechnet 1,6 Liter Benzin. Die hohe Effizienz ist aber nur gegeben, wenn der Strom aus erneuerbaren Energien (Sonne und Wind) und nicht aus thermischen Kraftwerken (Gas, Kohle, Atom) stammt.

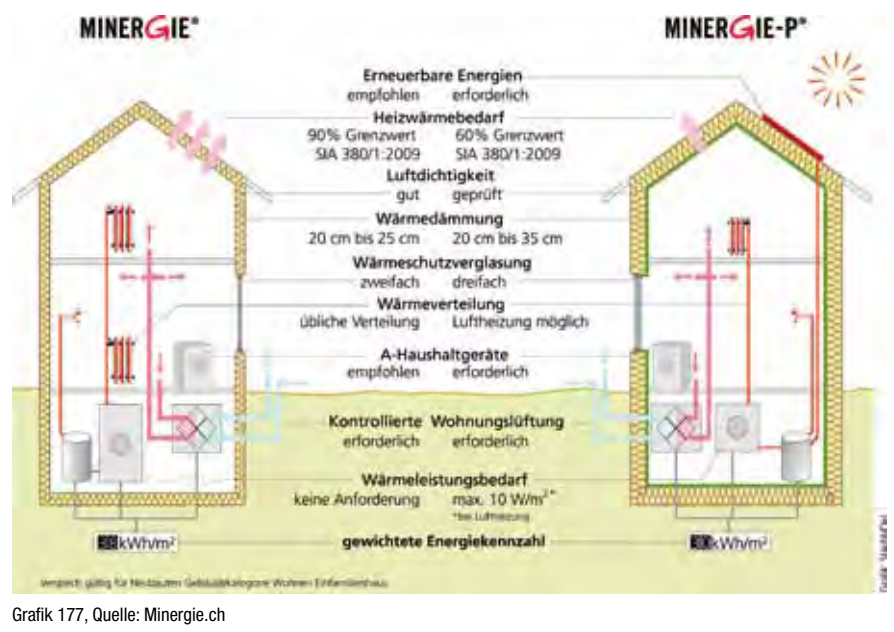
Elektrofahrzeuge. Wären alle Schweizer Personenwagen Tesla-Limousinen, würde der Stromverbrauch der 53,3 Milliarden Fahrkilometer (2010) lediglich 8,1 TWh betragen. Das ist weniger als 15 Prozent des Endverbrauchs. Würde eine Schweizer Einkaufsgenossenschaft – zum Beispiel Migros oder Coop – diesen Strom in der Nordsee beschaffen, wären für den gesamten Schweizer Fahrzeugpark etwa 300 grosse Windturbinen des neusten Bautyps (7 MW) notwendig. Bei geschätzten Batteriekosten von 250 \$/kWh im Jahr 2020 würde der Stromspeicher pro Fahrzeug (42 kWh/260 km Reichweite)⁸ etwa 10'000 Franken kosten, was die Betriebskosten pro Autokilometer gegenüber heute verbilligt. Ob dies eine nachhaltige Strategie ist, hängt aber auch davon ab, wie viele Ladezyklen solche Batterien bewältigen, ob die verwendeten Materialien in der Lebenszyklusanalyse umweltfreundlich abschneiden und nach Gebrauch recycelt werden. Staatliche Förderprogramme und Flottenversuche sollten diese Fragen unbedingt berücksichtigen. Zudem sind auch Fahrzeuge denkbar, die mit kleineren Batterien (z.B. bis 100 km Reichweite) noch immer den grössten Teil der Fahrleistung elektrisch bewältigen. Für längere Fahrten käme dann ein «range extender» zum Zug, ein kleiner eingebauter Stromgenerator, betrieben mit synthetischem Methan oder Biogas.

Beimischungsquote für Flugzeuge. Für den Flugverkehr kann Kerosin aus synthetischem Methan gewonnen werden. Die Klimabehörden müssten mit Pilotversuchen und einer progressiv ansteigenden Beimischungsquote dafür sorgen, dass die Flugindustrie endlich solche Vorleistungen erbringt. Agrotreibstoffe aus Biomasse sind hingegen keine Lösung. Man sollte sie ganz einfach verbieten.

Öffentlicher Verkehr. Die Betreiber von Eisenbahnen werden in Zukunft vermehrt auf den Mix aus erneuerbare Energien setzen. Der Güterfernverkehr sollte vermehrt auf die Schiene verlagert werden. Im Nahverkehr können Lastwagen elektrisch oder mit synthetischem Gas betrieben werden.

Elektrofahrzeuge als Leistungspuffer. Die Ladung von Batterien im Verkehr sollte generell mit Geräten erfolgen, die «smart» ins Stromnetz integriert sind. Sie sollten sich automatisch ein- und ausschalten, wenn Strom reichlich vorhanden bzw. knapp ist. Werden Autobatterien als Leistungspuffer verwendet, können sie bei Bedarf auch Strom ins Netz einspeisen («vehicle to grid»). Dies könnte den Bedarf nach neuen Stromspeichern erheblich senken, steht doch die Mehrzahl aller Autos die meiste Zeit still. Wir wissen heute noch zu wenig über die Effizienz und die Kosten eines solchen Systems. Mehr Forschung und konkrete Flottenversuche mit neuen, interaktiven Akkus wären angesagt. Sie sollten direkt von der Automobilwirtschaft finanziert werden, die in der Schweiz von der CO₂-Abgabe befreit ist. Die Zeit drängt. Erdöl wird in Zukunft nicht billiger. Die Umstellung der Stromerzeugung auf erneuerbare Energien sei deshalb nicht nur «realistisch», sondern «ökonomisch vorteilhaft», schreibt das deutsche Umweltbundesamt.⁹

Minergie – erfolgreicher Baustandard

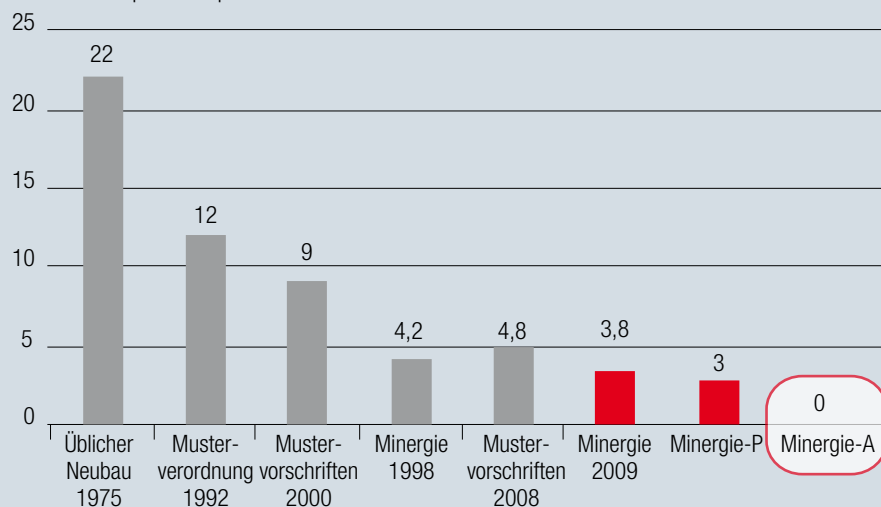


Grafik 177, Quelle: Minergie.ch

Mit Minergie- und Minergie-P-Labels wurden die Verbräuche schrittweise gesenkt. Inzwischen gibt es auch Minergie-A, das den effizienten Verbrauch von Energie mit aktiver Energiegewinnung verknüpft und den Netto-Verbrauch einer Liegenschaft auf null senkt.

Der Trend: Häuser, die sich selbst versorgen

Liter Heizöl-Äquivalente pro m²



Grafik 178, Quelle: Minergie.ch

Die Mustervorschriften für Neubauten wurden schrittweise verschärft. Ein Sorgenkind bleiben die Millionen Altbauten.

Erneuerbare Energien im Gebäudesektor

Im Gebäudesektor ist die Effizienzrevolution längst im Gang. Minergie, Minergie-P und Plusenergiehäuser (Minergie-A) setzen sich schrittweise durch. Der Wärme- und Strombedarf für Gebäude lässt sich aus einheimischen Ressourcen weitgehend decken: aus der Gebäudehülle (Solarthermie, Photovoltaik), aus dem Boden (Biomasse, untiefe Geothermie mit Wärmepumpen) und aus Umgebungswärme (Luft-Wärmepumpen). Neubauten werden zu energetischen Selbstversorgern und – dank den billigen Solarzellen – zu wichtigen Stromlieferanten; Altbauten decken den Restbedarf an Fremdenergie aus erneuerbarem Strom (Wärmepumpen) oder aus Fernwärme und Biomasse. Ein Problem sind die hohen Bestände an schlechten Altbauten und die tiefe Sanierungsquote. Eine Verbesserung gelingt, wenn der Gesetzgeber mit Anreizen ernst macht.

Bessere Information. Höhere Anfangsinvestitionen werden aus einer Reihe von Gründen nicht akzeptiert. Bei den Investoren fehlt oft eine Betrachtung über den Lebenszyklus; genauso fehlende Liquidität. Nicht überall werden sinnvolle Ersatzzyklen eingehalten.

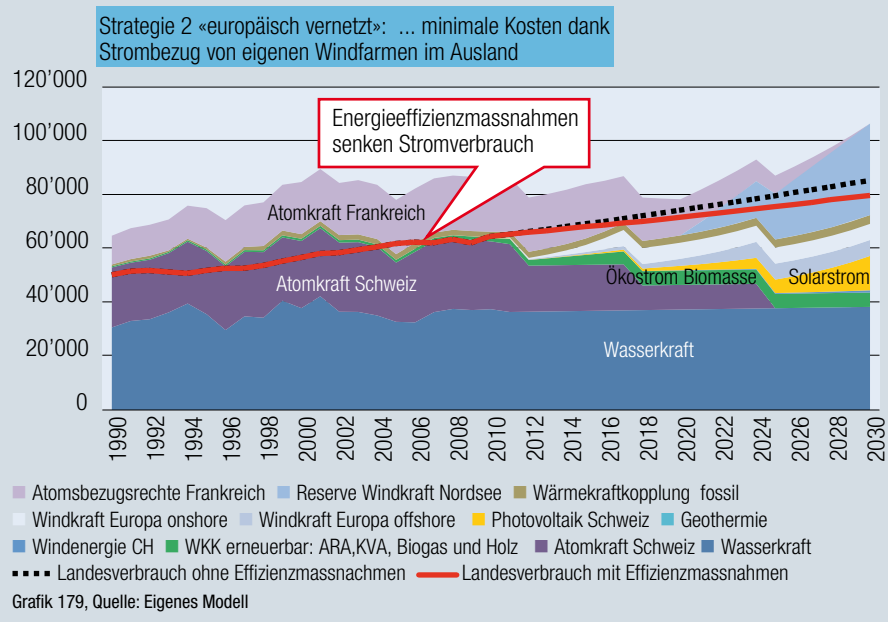
Bester Stand der Technik. Soll das Effizienzpotenzial genutzt werden, sollten die Vorschriften für Gebäude, Geräte und Anlagen vom «Stand der Technik» auf den «besten Stand der Technik» aufgewertet werden. Der Normen- und Vollzugsföderalismus der Kantone ist nicht mehr zeitgemäss. Minergie-A, die Selbstversorgung neuer Gebäude übers Jahr, sollte mindestens für Einfamilienhäuser, mit grossen Dachflächen im Verhältnis zur Wohnfläche, obligatorisch werden.

Mieter-Vermieter-Dilemma. Einfamilienhausbesitzer rechnen in der Regel richtig. Sie investieren, um ihre eigenen zukünftigen Heizkosten zu sparen. Bei Mietwohnungen ist dies viel weniger der Fall. Die Energiekosten können über Nebenkosten ganz auf die Mieter überwältigt werden. Es entsteht eine paradoxe Situation: Der Mieter zahlt die Heiz- und Warmwasserkosten, der Eigentümer müsste sanieren, hat aber keinen Anreiz. Hier sollte im Mietrecht nachgebessert werden: Die Nebenkosten für Wärme/Warmwasser sollten bei neuen Mietverträgen zwischen Hauseigentümer und Mieter hälftig geteilt werden.

Sanierungsprogramme und neuer Heizkostenschlüssel. Um Sanierungen zu beschleunigen, sollte die CO₂-Abgabe (derzeit 9 Rappen/Liter Heizöl) schrittweise erhöht werden. Da die Abgabe grösstenteils rückerstattet wird, erwächst daraus nur jenen eine Mehrbelastung, die ihren Verbrauch nicht anpassen. Für verbrauchsintensive Miethäuser sollten Sanierungsfristen erlassen werden. Die Mieter sollten die Zeche für schlecht isolierte Liegenschaften nicht allein zahlen müssen. Der Hauseigentümer sollte Verbräuche von über 15 Liter Heizöl (später 10 Liter) pro Quadratmeter Wohnfläche selber berappen müssen, damit echte Sanierungen anstelle von «Pinsel-Renovationen» Einzug halten.

Aus- und Weiterbildung. In den letzten Jahren wurden in der Sanierungstechnik bemerkenswerte Fortschritte erzielt. Es ist heute möglich, selbst über hundertjährige Altbauten mit geeigneten Investitionen in Plusenergiehäuser zu verwandeln. Die Bereitschaft der Architekten, diese Kenntnisse zu erlernen und anzuwenden, ist beschränkt. Aus- und Weiterbildungsprogramme des Bundes könnten für Abhilfe sorgen, aber nur, wenn sich auch bei den Heizkosten vermehrt Kostenwahrheit durchsetzt.

Strategie «europäisch vernetzt»



Billiger Windstrom aus Europa, weniger ambitioniert bei Sonne und Effizienz: Diese Strategie bedingt eine tragfähige Einigung mit der EU. Der Ausbau der Netze erfordert mehr Mittel und eröffnet dem Stromhandel mehr Chancen denn je.

Gleichstrom statt Wechselstrom: billig und leistungsfähig



In China baute ABB über 2000 Kilometer die längste und grösste Stromleitung der Welt. Siemens baut durch die Pyrenäen eine unterirdische Gleichstromleitung, die über 65 km unterirdisch verlegt wird.

Europäisch vernetzt: Die Begleitmassnahmen

Das alte Selbstversorgerideal der Schweiz ist zwar schön, aber überholt und teuer. Die europaweite Vernetzung spart Speicher und Kosten. Regionale Überschüsse können leichter verwertet, Stromknappheiten dank dem grossen Pool von Speichern und Kraftwerken leichter vermieden werden.

Neue Aufsicht für Swissgrid. Heute sitzen im Verwaltungsrat der Schweizer Netzgesellschaft Swissgrid noch immer viele Vertreter der ehemaligen Strommonopolisten (Alpiq, Axpo, BKW usw.). Dies widerspricht der Idee der Entbündelung der Netze und führt zu Interessenkollisionen. Die Swissgrid-Verwaltungsräte sollten von Bund und Kantonen direkt gewählt werden, ohne die Inhaber von Grosskraftwerken zu bevorzugen.

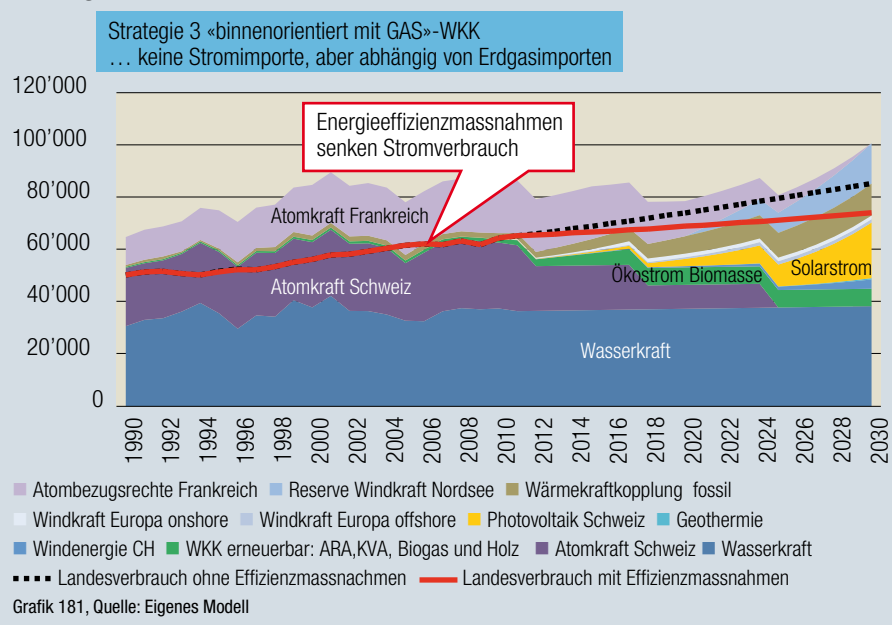
EU-Vertrag. Will man den winterlichen Strombedarf kostengünstig mit Schweizer Windfarmen, Standort Europa, decken (Strategie «europäisch vernetzt»), ist die Klärung der gesicherten Marktzugang zum EU-Binnenmarkt von grosser Bedeutung. Die Verhandlungen kommen heute wegen «institutioneller Fragen», die nichts mit dem Stromsektor zu tun haben, kaum voran. Die Schweiz fürchtet sich vor dynamisierten Verträgen und will das Bankgeheimnis und ihre Steueroasen weiter hegen und pflegen, wenigstens soweit es noch geht. Für den Arbeitsplatz und für die Stromdrehscheibe Schweiz ist ein EU-Energievertrag jedoch ebenso wichtig.

Netzausbau und Öffnung aller Netze. Die heute verfügbaren Netzkapazitäten ins Ausland werden von Swissgrid auf 6 bis 7,7 GW beziffert. Die erneuerbaren Energien hätten im Stromnetz zwar gesetzlichen Vorrang (Artikel 13.3 StromVG). Allerdings sind die Leitungen nach Frankreich gesetzlich noch immer allein für die Atomfirmen reserviert. Dieses Privileg ist in Wirklichkeit eine «exklusive Importlizenz», die die Preise in der Schweiz künstlich hoch hält und dies «...vor allem im Winter...», wenn die Schweiz vermehrt Strom importiert und gleichzeitig das inländische Preisniveau auf das italienische ansteigt», wie Urs Meister, Ökonom der atomfreundlichen AvenirSuisse richtig kritisiert.¹⁰ Ein EU-Vertrag würde auch diesen alten Zopf beseitigen. Sind die Netze knapp, wären alle Netze geöffnet und würden versteigert, wobei der Auktionserlös wieder an die Konsumenten zurückfliesst, statt an die Atomfirmen.

Erdkabel. Die Stromkonzerne klagen viel, haben aber wenig für den Ausbau getan. Mitschuld am Netzdefizit ist auch ihre notorische Weigerung, Erdkabel einzusetzen, wie sie in anderen Ländern inzwischen obligatorisch sind. Das Motiv: Abschottung des Marktes, Monopolgewinne durch künstlich verteuerte Preise in der Schweiz, Verhinderung von erneuerbaren Energien.

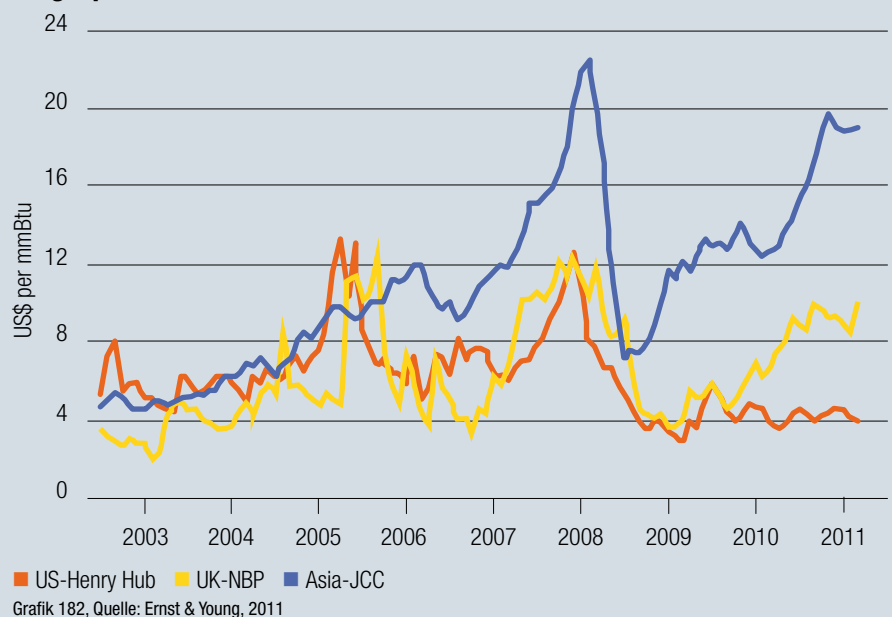
Gleichstrom. Will man die ertragreichen Standorte in den Alpen und an der Peripherie Europas optimal erschliessen, dann eignen sich Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungsleitungen (HGÜ) am besten. Sie weisen auf 1000 Kilometer Strecke nur 3–4 Prozent Verluste auf. Die Firma ABB hat kürzlich in China eine Leitung von 2000 km Länge mit 7,2 Gigawatt Leistung in Betrieb genommen, entsprechend 7,2 «AKW Gösgen». HGÜs erzeugen weniger Elektromog (Induktion). Moderne Technik ermöglicht auch Gleichstrom mit Erdkabel. Zwischen Baixas (Frankreich) und Santa Llogaia (Spanien) erstellt Siemens bis 2013 zwei Kabel mit je 1000 MW Leistung bei +/–320 Kilovolt über rund 65 km unterirdisch. Die Energieverluste liegen 30–40 Prozent tiefer als mit Wechselstrom (Angaben Siemens).¹¹

Strategie «binnenorientiert mit Gas»



Die binnenorientierte Strategie mit «Gas» setzt ebenfalls sehr stark auf Effizienz und Solarstrom. Nur im Winter sind die Strompreise vom Gaspreis abhängig.

Erdgaspreise entwickeln sich unterschiedlich



Erdgas ist eine leitungsgebundene Energie. Die Preise notieren regional auf einem höchst unterschiedlichen Niveau. In Ostasien liegen sie fünfmal so hoch wie in den USA, in Europa liegen sie in der Mitte.

Strategien mit Gas: Erneuerbare ergänzen oder verdrängen?

EU-Vertrag erschwert Gaskraftwerke. Will die Schweiz einen Energie-Vertrag mit der EU, wird sie wie alle Mitgliedsstaaten einen «nationalen Aktionsplan» erarbeiten müssen, der den Beitrag der erneuerbaren Energien massiv erhöht. In der Schweiz müsste ihr Anteil von 20 auf 31 Prozent vom gesamten Energieverbrauch gesteigert werden.¹²

Die Schweiz könnte sich dabei an Wind- und Solarfarmen im Ausland beteiligen, wenn sie diese Kapazitäten nicht im Inland errichten kann oder will. Dies wäre auf jeden Fall krisen- und kostensicherer als die Ergänzung der winterlichen Stromversorgung durch Erdgas. Trotzdem setzen viele Stromversorger in der Schweiz lieber auf Gas.

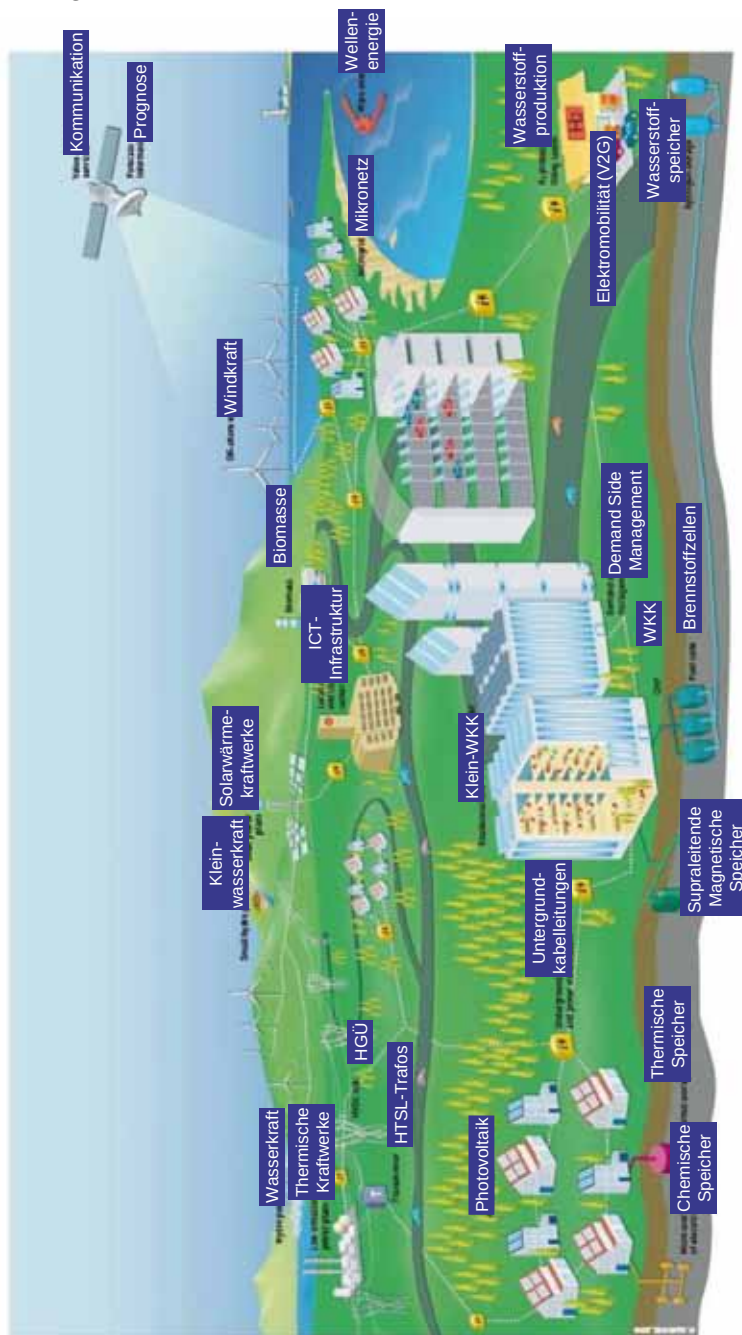
Einspeisevergütungen für Wärmekraft-Kopplung. Die Strategie «erneuerbar mit Gas» funktioniert in den Grundzügen ähnlich wie die beiden anderen, bloss tritt an die Stelle von importiertem Windstrom der Aufbau von Wärmekraft-Kopplung. Diese wird CO₂-neutral mit Sanierungsprogrammen für Klein-Heizungen kombiniert. Voraussetzung für eine solche Bereitstellung von Winterstrom ist die Einführung von Einspeisevergütungen für Wärmekraft-Kopplungsanlagen.

Von kleinen Anlagen wollen die grossen Stromkonzerne zumeist nichts wissen. Am Stromkongress forderte Kurt Rohrbach, Präsident Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE): Abschaffung der Preiskontrollen (d.h. der Gestehungskosten für gefangene Kunden), höhere Netzgebühren, Geld für «smart grids», neue Hochspannungsnetze, neue grosse Wasserkraftwerke, neue Gaskraftwerke, Teilnahme am Europäischen Emissionshandel statt Kompensationspflichten im Inland, wohl wissend, dass der Emissionshandel den Strom aus fossilen Energien kaum verteuert, weil die erneuerbaren Energien im übrigen Europa stark zulegen und die nötigen CO₂-Reduktionen fast von selbst erbringen (Grafik Seite 200).

Opfer ohne Gegenleistung? Das Drehbuch der Atomlobby ist also klar: Die Umweltorganisationen sollen Opfer bringen und bei Hochspannungsnetzen und Grosskraftwerken aller Art nachgeben. Der Atomausstieg ist wohl auch nur aufgeschoben, er wird schon heute offen in Frage gestellt, und man wartet bloss auf andere Mehrheiten im Parlament. Wasserkraftwerke und Gaskraftwerke sollen in diesem Drehbuch die neuen erneuerbaren Energien nicht ergänzen, sondern verdrängen. Spielte man sich bis zum 11. März 2010 als Klimaschützer auf, wird die menschenverachtende Politik nun mit neuen CO₂-Schleudern fortgesetzt.

Im Westen nichts Neues. Die Lösung für die Stromlücke wird kaum von den grossen Stromanbietern kommen. Denn für sie sind kleine Solar- und Windanlagen kein «business case». Die Kampagnen gegen die erneuerbaren Energien werden weitergeführt. Es werden Horrorszenarien über angebliche Mehrkosten, fehlende Versorgungssicherheit und höhere Netzkosten verbreitet, und all dies mit einem Ziel: den Verlust von Marktanteilen an dezentrale Erzeuger wie Hausbesitzer, Bauern oder Gemeinden zu verhindern. Hier kann allein die Politik entscheiden, ob die richtigen Rahmenbedingungen entstehen. Wärmekraft-Kopplung ist eine Option unter vielen, grosse Gaskraftwerke sind es nicht, denn sie lassen sich kaum im Inland kompensieren, würden die schlechte Klimapolitik verewigen und die neuen Technologien blockieren.

Intelligente Netze



Grafik 183, Quelle: European Technology Platform SmartGrids

Sogenannte «smart grids» steuern auf sanfte Art und bewirtschaften die Strom- und Wärmespeicher im Verbund.

Politische Reformen als Teil der Lösung

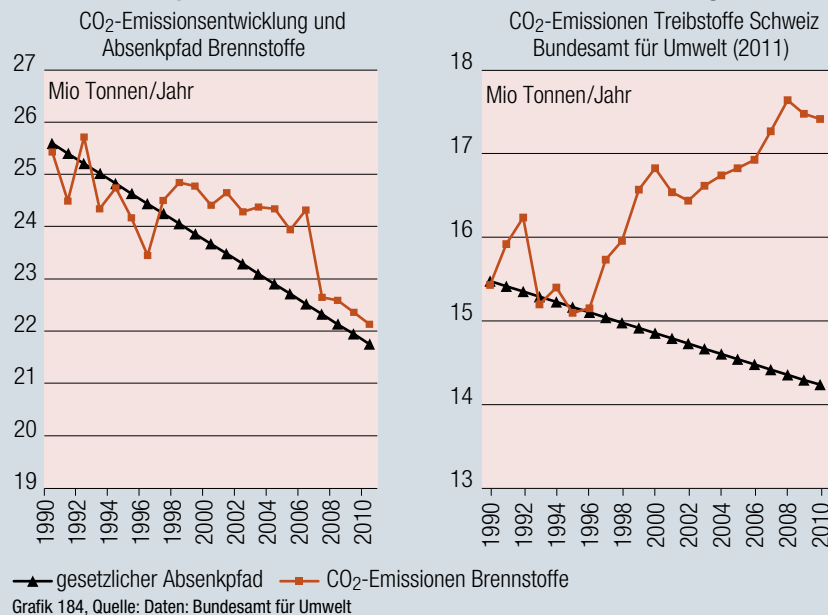
Grösste Schwachstelle bei der Sicherheit von Atomkraftwerken ist die Atomaufsicht. Sie beschönigt eigene Versäumnisse («wir lernen aus Fukushima»), tut so, als sei ein Unfall in der Schweiz nicht möglich («unsere Kernkraftwerke sind sicher»), und erklärt kritische Erkenntnisse wechselweise für geheim oder für unbedeutend, wie das Beispiel Mühleberg (Flugzeugabstürze, Zuganker, Überflutungsrisiko) lebhaft illustriert. Es wäre ehrlicher, keine Aufsicht zu haben als eine solche Aufsicht, wie wir sie heute haben. Dann wüssten wenigstens alle, dass es keine Aufsicht gibt und dass sich die Atomlobby bloss selbst kontrolliert.

Wahl des ENSI-Rates durch das Parlament. Die formelle Trennung der Aufsichtsbehörden von den Betreibern garantiert noch nicht die Wahrnehmung der öffentlichen Sicherheit. Die handverlesene Auswahl der Überwachungspersonen durch den Bundesrat führt dazu, dass die AKW-Betreiber wenig zu befürchten haben. Von Amtes wegen abgestellt werden Atomkraftwerke durch die amtierende Aufsicht frühestens nach einem Unfall, denn zuvor wird eine Gefahr nicht als akut anerkannt. Wenn sie dann akut wird, ist es zu spät. Nach «Fukushima» wurden wohl Personen ausgewechselt, die mit den Atomkonzernen wirtschaftlich allzu verbandelt waren. Diese Rochaden geben aber keinen Anlass zu Optimismus. Die Neumitglieder, Werner Bühlmann (ehemals im Bundesamt für Energie zuständig für Kernenergiefragen) und Oskar Gröninger (ehem. Atomaufsicht Baden-Württemberg) haben ihr Leben lang nichts anderes getan, als Atomrisiken durchzuwinken. Walter Wildi, ehemaliger Präsident der Eidgenössischen Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen (KSA) wurde als bekannter Kritiker vom Bundesrat offenbar bewusst übergangen. ENSI und ENSI-Rat treffen Entscheide, die unsere Existenz betreffen. Sie sollten wie das Bundesverwaltungsgericht vom Parlament gewählt werden, um die Deutungshoheit offensichtlicher Grossrisiken zu demokratisieren. Gleichzeitig sollten alle Expertisen im Internet aufgeschaltet werden, damit sie vor Gericht einklagbar werden.

Transparenz. Die Atomlobby hat während Jahrzehnten ihr nahestehende Parteien und Personen mit Spenden und Geschenken überhäuft. Federführend dabei waren «Swissnuclear» und das «Nuklearforum»¹³, angeführt von der PR-Firma Burson-Marsteller, wo zehn PR-Leute «gute Stimmung» für Atomkraftwerke organisierten.¹⁴ Da solche Spenden in der Schweiz nicht offengelegt werden, lassen sich keine genauen Angaben machen. Es wäre aber eine Überraschung, wenn die FDP nicht wenigstens 10–20 Prozent ihres Partei-Etats durch die Atomlobby finanzieren liessen. Denn es ist auffällig, mit wie viel Nibelungentreue deren Exponenten entgegen jeder volkswirtschaftlichen Logik die Anliegen der Atomindustrie gutheissen.

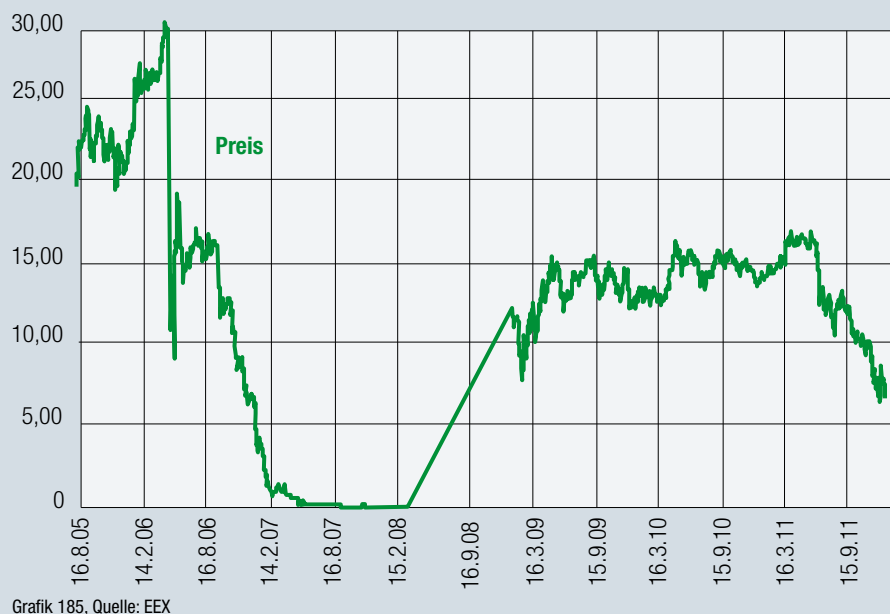
Transparenz von Partei-, Kampagnen- und Abstimmungsspenden. Im Mai 2011 hat die FDP die Zuwendungen pro Gönner auf maximal 1/15 des Jahresbudgets beschränkt,¹⁵ was bei drei grossen Spendern 20 Prozent des Budgets ergäbe. Um die Einflussnahme mit Geld zu beschränken, sollte die wirtschaftliche Herkunft von solchen Spenden offengelegt werden. So lange Atomkraftwerke in Betrieb sind, besteht weiter die Gefahr, dass sehr viel «geschmiert» wird. Alle Parteien rechts der Mitte stehen unter Verdacht, auch die SVP. Denn das Atomgeschäft ist ein Milliardenpoker. Es geht um Restlaufzeiten, Atommüllkosten, Versicherungsprämien, und die Atomlobby hat darin Erfahrung.

Schweiz hat Kyoto-Ziele verfehlt – CO₂-Emissionen nicht abgesenkt



Das reichste Land der Welt leistet sich eine erbärmliche Klimapolitik. Statt Klimaschutz zum Business case zu machen, setzte die Wirtschaft auf Alibi-Übungen wie den Klimarappen und «freiwillige Vereinbarungen».

Preisentwicklung der Emissionsrechte im Europäischen Emissionshandel



Der Emissionshandel wirkt nicht wie geplant. Eine stabile Verteuerung der CO₂-Emissionen kam bisher nicht zustande, weil die erneuerbaren Energien schneller zulegen als geplant.

Vom Umgang mit Atomrisiken

Der Ausstieg ist erst perfekt, wenn Restlaufzeiten im Gesetz verankert sind. Dies wird möglicherweise nur in Etappen erreicht werden: als Erstes das Verbot von neuen Atomkraftwerken, danach die Befristung.

Die Macht ist noch immer ungleich verteilt. Die Atomlobby, mit freiem Zugriff auf Stromeinnahmen, hat im politischen Poker faktisch unbeschränkte Geldmittel. Deshalb sind Fortschritte eher in kleinen Schritten möglich als in einem einzigen «grossen Wurf», der abstürzt.

Volksabstimmung für Betriebsverlängerungen. Die grösste Schwachstelle in der derzeitigen Energiepolitik ist das Fehlen von Restlaufzeiten. Betriebsverlängerungen von Atomkraftwerken sollten auf jeden Fall einem Beschluss des Parlaments mit Referendum unterliegen.

Beschleunigte Vorfinanzierung der Entsorgung. Bis 2020, und nicht erst viel später, sollten die Verursacher der gesetzlichen Pflicht nachkommen, sämtliche Mittel für die Entsorgung in die bestehenden Fonds einzuzahlen.

Mehr Eigenkapital. Wie im Finanzsektor sollten die Betreiber ein Garantiekapital (vorfinanziert über Obligationen) von mindestens 20 Milliarden pro Atomkraftwerk bereitstellen, um erste Rettungsarbeiten bei einem Unfall zu decken. Dazu sollte eine Ersatzabgabe für unversicherte Risiken von mindestens 5–10 Rp./kWh Atomstrom eingeführt werden, deren Ertrag die KEV-Umlage senken könnte.

Haftpflicht. Für neue Atomanlagen (wenn es sie je gäbe) sollte die obligatorische und unbeschränkte Haftpflichtversicherung (nicht bloss Haftung) eingeführt werden.

Umbau IAEA. Die Internationale Atomagentur sollte nicht nur die Kontrolle von Atomwaffen wahrnehmen, sondern allen Ländern beim Atomausstieg behilflich sein, die Verbreitung von Materialien zur Nutzung der Atomenergie beaufsichtigen und den Rückbau bestehender Atomanlagen fördern.

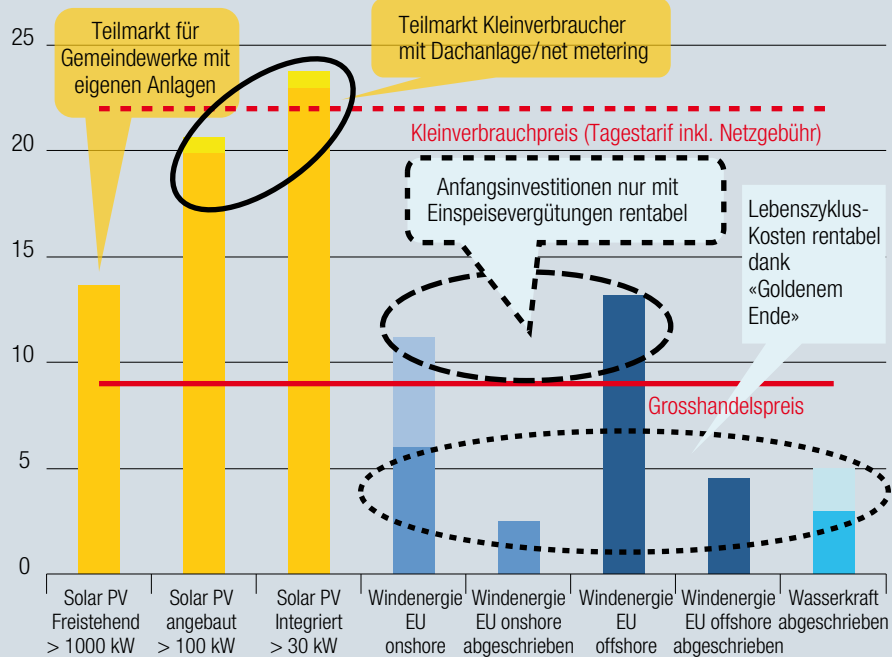
Sicherheitsrat. Das Kernenergiegesetz sollte die Bildung eines «schweizerischen Sicherheitsrats» von 10 bis 20 Personen vorsehen, der die Berichte des ENSI und der Betreiber an öffentlichen Hearings berät und Empfehlungen abgibt. Dieser Rat, am besten nach Proporzschlüssel von Parlament oder vom Volk gewählt, sollte sich mit allen Risiken auseinandersetzen und qualifizierte Experten aus dem Ausland anhören zu den Themen: Sicherheit, Auswirkung von Unfällen, Erdbeben, Flugzeuge, Terror, Überflutung usw.

Notfallpläne beüben. Ein Atomunfall in der Schweiz würde ein kleines, dicht besiedeltes Gebiet treffen. Wenn in Nordost-Japan 1 Million Krebstote bevorstehen, wären es hier wohl 2 bis 3 Millionen. Wer Atomkraftwerke betreibt, sollte Notfallpläne erarbeiten und mit der Bevölkerung beüben.

Kühlwasser. Die bestehenden Atomkraftwerke sollten mit Wassercontainern so nachgerüstet werden, dass kein Restwasser in Flüsse oder Grundwasser austreten kann.

Die neuen Märkte für Wind- und Sonnenstrom

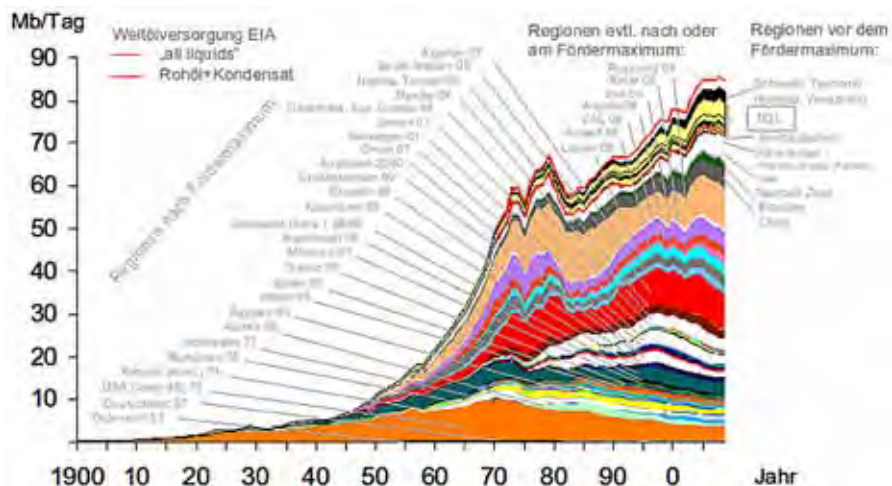
Kosten und neue Märkte Wind und Solarstrom 2015/2020



Grafik 186, Quelle: Eigene Darstellung

Sinkende Preise werden neue Investoren anlocken: Hausbesitzer, Bauern, Gemeinde- und Stadtwerke.

Welt-Ölproduktion 1900–2011 nach Ländern und Fördermaximum (Jahr)



Grafik 187, Quelle: Werner Zittel / Ludwig Bölkow Stiftung (2011)

33 Länder haben das Ölfördermaximum überschritten, 11 Länder legen noch zu (in Millionen Fass pro Tag).

Die Zukunft des Stromgeschäfts

Eine Koexistenz von erneuerbaren und nichterneuerbaren Energien kann es auf Dauer nicht geben. Technisch sind Atom- und Kohlekraftwerke mit Bandenergie nicht kompatibel mit fluktuierenden erneuerbaren Energien (Gaskraftwerke sind es eher). Bei den erneuerbaren Energien gilt: Der Appetit kommt mit dem Essen. Wir brauchen neue Anlagen, Anlagen, Anlagen. Jedes neue Kraftwerk wirkt vertrauensbildend, jede neue Anlage in Bürgerhand bringt den Abschied von Atomenergie und CO₂ einen Schritt näher. Der Umstieg auf erneuerbare Energien ist nur zu erreichen, wenn der Tatbeweis gelingt. Deshalb sollten die Umweltorganisationen jedes Anliegen der Stromlobby – Endlager, neue Netze oder Gaskraftwerke – an die gesetzliche Fixierung von Restlaufzeiten und an verbindliche CO₂-Reduktionen knüpfen.

Erreichen Wind und Sonne die «grid parity», wird die Entwicklung erst richtig spannend. Die Parlamente werden sich erstmals getrauen, Haftpflichtkosten und Atommüll-Lasten voll einzufordern. Der Weg zur Markteroberung der erneuerbaren Energien verläuft nicht gradlinig, und er spielt sich sektoriell in unterschiedlichem Tempo ab: in der Stromerzeugung, beim Heizen und im Verkehr. Nicht Länder mit Wind und Sonne sind diesen Weg als Erste gegangen, sondern Länder, in denen die fossilen und nuklearen Energien ihre politischen Mehrheiten verloren haben. Von dort breiten sie sich in Länder aus, die besonders reich mit Sonne und Wind gesegnet sind – dazu gehören viele Schwellenländer –, um dann als Letztes die Hochburgen des Öl- und Atomgeschäfts einzunehmen: USA, Frankreich, Grossbritannien und Russland.

Regulativ sind drei Komponenten besonders wichtig: das Verursacherprinzip (CO₂-Abgabe, Einspeisevergütungen, Atom-Haftpflicht und Ausstiegsbeschlüsse) und das System offener Netze. Das Stromnetz wird zu einer interaktiven Plattform und lässt Millionen neuer Kraftwerke und Speicher entstehen. Die dritte Komponente ist die Energieeffizienz: Vorschriften, damit gespart wird, wo es nicht wehtut.

Stromkonzerne wie die Axpo werden sich schwer tun mit der Idee, dass sie als «Versorger» in einem marktwirtschaftlichen System völlig überflüssig sind: Ihre Hochspannungsnetze fallen an Swissgrid, ihre Wasserkraftwerke an die Gebirgskantone und ihre Atomkraftwerke werden geschlossen. Eine bessere Zukunft haben städtische und regionale Verteilwerke, weil sie auch in Zukunft Endverbraucher direkt beliefern. Sie können sich auf Kundenpräferenzen einstellen, in erneuerbare Energien investieren und als lokal verankerte Akteure dezentrale Projekte realisieren.

Dank echtem Wettbewerb kann in der Elektrizitätswirtschaft eine kontrollierte Machtverteilung entstehen. Elektrizitätswerke werden den Verlust des Monopols verkraften, wenn sie ihr Existenzrecht durch gute Leistungen neu begründen. Auf Alibi-Übungen mit freiwilligen Ökostrom-Aufschlägen sollten sie besser verzichten zugunsten von Rahmenbedingungen wie die KEV ohne Deckel und net metering, die zu Neuinvestitionen in saubere Kraftwerke führen. Die Idee einer demokratisch kontrollierten Stromerzeugung in Bürgerhand steht nicht ausser Traktanden. Mit offenen Netzen können Genossenschaften, Versicherungen, private Fonds und öffentlich-rechtliche Stromversorger gemeinsam zum Aufbau sauberer Kraftwerke beitragen und eine Energieversorgung herbeiführen, die umwelt- und gesellschaftsverträglich ist.

Abkürzungen

AKW	Atomkraftwerk/Atomkraftwerke
BKW	bernische Kraftwerke AG
EWZ	Elektrizitätswerke Zürich
GW	Gigawatt (1 GW = 1000 Megawatt = 1'000'000 Kilowatt)
GWh	Gigawattstunde (1 GWh = 1000 Megawattstunden = 1'000'000 Kilowattstunden)
IWB	Industrielle Werke Basel (IWB)
KEV	kostendeckende Einspeisevergütung
Km	Kilometer
kW	Kilowatt (1 kW = 1000 Watt)
kWh	Kilowattstunde (= 1000 Wh)
MW	Megawatt (1 MW = 1000 kW)
PV	Photovoltaik
TWh	Terawattstunde (1 > TWh = 1 Milliarde kWh)

Quellverzeichnis

Teil 1: Fukushima verändert die Welt

- 1 UNEP: Global Trends in renewable energy investments 2011, Bloomberg New Energy Finance, 2011
- 2 Rudolf Rechsteiner: Windpower in Context (2008)
- 3 Areva EPR bill seen at 6.6 bln eur-paper Wed Oct 12, 2011, <http://af.reuters.com/article/commoditiesNews/idAFL5E7LC4J420111012>
- 4 Problems seen in Olkiluoto-type project in China, published 12.10.2011, Yle Finland http://www.yle.fi/uutiset/news/2011/10/problems_seen_in_olkiluoto-type_project_in_china_2930807.html
- 5 Forschungsverbund erneuerbare Energien FVEE: Forschung für das Zeitalter der erneuerbaren Energien, Jubiläumstagung des FVEE, 11. und 12. Oktober 2010, Umweltforum Berlin, <http://www.fvee.de/fileadmin/publikationen/Themenhefte/th2010-2/th2010.pdf>
- 6 Martha Lutz-Steiner: Mass market in sight – Costs and Benefits of Building Integrated Photovoltaics (BIPV) von Energy Forum on Solar Building Skins, Montag, 28. März 2011 <http://www.facebook.com/notes/energy-forum-on-solar-building-skins/mass-market-in-sight-costs-and-benefits-of-building-integrated-photovoltaics-bip/190048744370337>, Patrick Hearps Dylan McConnell Renewable Energy Technology Cost Review Melbourne Energy Institute Technical Paper Series March 2011, <http://www.garnautreview.org.au/update-2011/commissioned-work/renewable-energy-technology-cost-review.pdf>
- 7 Non-fossil energy technologies in 2050, Risø Energy Report 9 Edited by Hans Larsen and Leif Sønderberg Petersen , Nov. 2010, p. 33 and
- 8 Rudolf Rechsteiner: Wind Power in Context – A clean Revolution in the Energy Sector, edited by the Energy Watch Group, London Dec. 2008 http://www.energywatchgroup.org/fileadmin/global/pdf/2009-01_Wind_Power_Report.pdf
- 9 Directive on the «Promotion of the Use of Energy from Renewable Sources» 2009/28/EC
- 10 «Erneuerbare Energien: Fortschritte auf dem Weg zum Ziel für 2020» <http://eur-lex.europa.eu/Notice.do?mode=dbl&lang=en&ihtmlang=en&lng1=en,de&lng2=bg,cs,da,de,el,en,es,et,fi,fr,hu,it,lt,lv,mt,nl,pl,pt,ro,sk,sl,sv,&val=556356:cs&page=>
- 10a Aussage Hans van Steen, Referatsleiter erneuerbare Energien der EU-Kommission an im November 2010 in Brüssel.
- 11 Walter Steinmann: Energiestrategie 2050: Grundlagen und Stand der Arbeiten, Energiefrühstück St. Gallen vom 30. November 2011
- 12 Bundesamt für Energie/Paul Scherrer Institut: Erneuerbare Energien und neue Nuklearanlagen, Hrsg. Bundesamt für Energie, Februar 2005, S.30

Quellverzeichnis

Teil 2: Die unbezahlbaren Kosten der nichterneuerbaren Energien

- 13 <http://www.erneuerbareenergien.de/pvsec2011-zellen-kosten/150/406/31866/>, siehe auch: Fachzeitschrift «Erneuerbare Energien», Oktober 2011, S. 66
- 13a Fraunhofer IWES: Windenergie Report Deutschland 2010, Kassel Januar 2011
- 14 Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2010, S. 38
- 15 Wärmekraft-Kopplung: Hanspeter Eicher, Energieeffizienz/Erneuerbare Energien im Gebäudereich, Präsentation 21. März 2011, sowie: Hanspeter Eicher: Wärmekraftkopplung, Bedeutung, Technik, Einsatzbereiche, CH-Potenziale, GVM Tagung WKK 3. Februar 2011; Strom aus Abfall: VBSA Verband der Betriebsleiter und Betreiber Schweizerischer Abfallbehandlungsanlagen (VBSA): Strom aus Abfall: weit mehr ist möglich, Information für die Medien, Bern, 29. Juni 2005; Biomasse und Biogas: Potenziale zur energetischen Nutzung von Biomasse in der Schweiz», Dezember 2004, Hrsg. Bundesamt für Energie; Wasserkraft: Bundesamt für Energie: Ausbaupotenzial der Wasserkraft, Bern, November 2004; Windenergie Schweiz : «Technisch realistisch erschliessbares Potenzial», Paul Scherrer Institut: Erneuerbare Energien und neue Nuklearanlagen, Hrsg. Bundesamt für Energie, Februar 2005; Windenergie onshore und offshore Europa: EWEA: Pure Power 2011 – Wind energy targets for 2020 and 2030, A report by the European Wind Energy Association – 3rd update 2011; European Environmental Agency: Europe's onshore and offshore wind energy potential, an assessment of environmental and economic constraints. EEA Technical report 6/2009, Copenhagen 2009; Photovoltaik: Paul Scherrer Institut: Erneuerbare Energien und neue Nuklearanlagen, Februar 2005; IEA: Potential for Building Integrated Photovoltaics, Paris 2002; European Commission Joint research Centre/Arnulf Jäger-Waldau: PV STATUS REPORT 2011

- 1 Nature 466/2010
- 2 Mikael Höök, Robert Hirsch, Kjell Aleklett: Giant oil field decline rates and their influence on world oil production, Energy Policy, Volume 37, Issue 6, June 2009, Pages 2262–2272
- 3 Matt Kelso: Marcellus Shale Production Decline Over Time in Pennsylvania, September 5, 2011
- 4 Siehe auch Werner Zittel, www.energiekrise.de
- 5 Prof. Thomas Stocker: Geht die Klimaentwicklung so weiter wie in den letzten Jahren?
- 6 Grünbuch der EU-Kommission an den Rat: Anpassung an den Klimawandel in Europa – Optionen für Massnahmen der EU (2007)
- 7 Asahi Shimbun: Radioactive cesium blankets 8% of Japan's land area, 26. November 2011
- 8 Wie der Fukushima-Direktor den Super-GAU erlebte – News – bazonline.ch, Freitag, 25. November 2011
- 9 Cordula Meyer: Der Atomstaat, Der Spiegel, 23. Mai 2011
- 10 Storing up trouble in Japan, By Eric Prideaux, Windpower Monthly Magazine, 01 June 07
- 11 «British government officials approached nuclear companies to draw up a co-ordinated public relations strategy to play down the Fukushima nuclear accident just two days after the earthquake and tsunami in Japan and before the extent of the radiation leak was known.» The Guardian, 27. Dezember 2011
- 12 WHO: Health Effects of the Chernobyl Accident and Special Health Care Programmes, Report of the UN Chernobyl Forum, Expert Group «Health» (EGH), Working Draft, July 26, 2005, Zitat aus: Dr. Sebastian Pflugbeil (Präsident der Gesellschaft für Strahlenschutz): Katastrophale Sprachregelung; Bericht über die Konferenz «Chernobyl: Looking Back to Go Forwards» der Internationalen Atomenergie-Agentur (IAEA) am 6. und 7. September 2005 in Wien, <http://makarevitch.org/rant/IAEA/tchernobyl-200509/dox/T05.HTM>
- 13 Cladio Knüsli, Ärztinnen und Ärzte zur Verhütung des Atomkrieges. Gesundheitliche Folgen 20 Jahre nach der Explosion des Atomkraftwerkes in Tschernobyl, Typoskript 2006. Als weitere Gründe für das gelungene Herunterspielen der Folgen von Tschernobyl nennt Knüsli mangelndes Geld, Desinteresse an einer sauberen Aufarbeitung der Folgen von Seiten vieler Regierungen, schwierige Nachweise der Kausalität bei «zufälligen» Krebserkrankungen und die Rolle der WHO.
- 14 <http://www.amnesty-bergedorf.de/index.php?page+gefangene+10001>
- 15 Siehe die Aussagen im Film «Atomare Lügen» von Wladimir Tschertkoff und Emanuela Andreoli, siehe <http://www.nwa-schweiz.ch/Tschernobyl-Filme.8.0.html>

- 16 Schuld daran ist die Kontrolle der UN-Atomagentur IAEA über die WHO in Atomfragen. Am 28. Mai 1959 hat die 12. Weltgesundheitsversammlung mit ihrer Resolution WHA 12-40 ein Abkommen mit der Internationalen Atomenergieorganisation geschlossen. Dieser Vereinbarung zufolge unterliegen Arbeiten oder Programme der WHO, die als Überschneidung mit dem Tätigkeitsbereich der IAEA betrachtet werden, der Kontrolle und dem Ermessen der IAEA, und die Aufnahme und Weiterführung solcher Arbeiten und Programme wird von der Aushandlung eines Konsens abhängig gemacht (Artikel 1 Absatz 3). Zwischen der Internationalen Atomenergieagentur IAEA und der Weltgesundheitsorganisation WHO besteht ein Vertrag über die Art des gegenseitigen Umgangs [Res. WHA 12/40 vom 28.05.1959]. Darin haben die IAEA und die WHO u. a. vereinbart:
Art. I.1: «... sie werden in enger Zusammenarbeit miteinander handeln und werden sich regelmäßig in Angelegenheiten des gemeinsamen Interesses konsultieren.»
Art. I.2: «... wird es von der WHO anerkannt, dass die IAEA vor allem die Aufgabe hat, Forschung, Entwicklung und praktische Anwendung der Atomenergie für friedliche Zwecke weltweit zu ermutigen, zu fördern und zu koordinieren.»
Art. III.1: «Die IAEA und die WHO erkennen an, dass es notwendig sein kann, gewisse Einschränkungen zur Wahrung vertraulicher Informationen, die sie erhielten, anzuwenden.»
Dadurch kann die IAEA verlangen und darauf vertrauen, dass Forschungsergebnisse z. B. zu den tatsächlichen Gesundheitsfolgen der Reaktorkatastrophe in Tschernobyl, die für die Interessen und Ziele der IAEA nachteilig sind, den Status der Vertraulichkeit erhalten und deshalb von der WHO, trotz detaillierter Kenntnis, der Öffentlichkeit nicht zugänglich gemacht werden dürfen. Die Weltgesundheitsorganisation WHO hat die Tschernobyl-Folgen jahrelang verschwiegen. Insbesondere hat sie den fortgesetzt unrichtigen Behauptungen der UN-Organisationen IAEA und UNSCEAR nicht widersprochen. Siehe auch http://www.independentwho.info/accueil_DE.php und <http://www.ipnw.de/atomenergie/atom-gesundheit/tschernobylfolgen/artikel/16796a11c1/eine-verhaengnisvolle-verbindung-di.html>
- 17 Janette D. Sherman-Nevinger (editor): «Chernobyl. Consequences of the catastrophe for people and the environment», Annals of the New York Academy Of science, Volume 1181.
- 18 Susan Boos: Der tödlichste Abenteuerspielplatz der Welt, in: Energie & Umwelt 1/2011, Hrsg. Schweizerische Energiestiftung (SES)
- 19 «Issues concerning the initial radiation monitoring... Furthermore, in the initial stage of responses to the Accidents, there were confusions over utilization of monitoring data. In particular, the government lacked an attitude of making the monitoring data promptly available to the public. Even when some data were made public, they were only partial disclosure.» Executive Summary of the Interim Report, Investigation Committee on the Accidents at Fukushima Nuclear Power Stations of Tokyo Electric Power Company, December 26, 2011 Seite 9
- 20 (...) the Government NERHQ or NISA should have taken the role of providing the SPEEDI results to the public. But none of them had the idea of making use of this information. [SPEEDI: System for Prediction of Environmental Emergency Dose Information], Executive Summary a.a.O. p. 10–11
- 21 The following tendency was observed: transmission and public announcement of information on urgent matter was delayed, press releases were withheld, and explanations were kept

ambiguous. Whatever the reasons behind, such tendency was hardly appropriate, in view of communication in an emergency. Executive Summary a.a.O. 26.12.2011 p.13

- 22 «The government issued instructions for evacuation over several times. The decisions were made at the Government NERHQ [Nuclear Emergency Response Headquarter] only on the basis of the information and views of the senior members of relevant ministries and TEPCO at present. There is no evidence that any official representing MEXT as the competent ministry of SPEEDI [SPEEDI: System for Prediction of Environmental Emergency Dose Information] was present at the Government NERHQ. No knowledge of SPEEDI was utilized in the decision-making process. Since the SPEEDI had not been functional in a full form, the conclusions of evacuation zoning might have been the same as the government decisions. But it should be pointed out as problematic that the point of view of utilizing the SPEEDI was totally missing in planning the evacuation strategy.» Executive Summary a.a.O. 26.12.2011 p.11
- 23 Tages-Anzeiger 4.1.2011: In Japan überwacht sich die Atomlobby selbst
- 24 The government was not providing truth promptly and accurately. Such examples included, among others, the status of the reactor cores (core meltdowns, in particular), the critical conditions of Unit 3, and explanations on radiation effects on health such as «No immediate impacts on human health, which was difficult to understand.» Executive Summary a.a.O. 26.12.2011 p.14
- 25 Its building structure was not designed to withstand elevated radiation levels, although it was intended for use in nuclear emergencies. The Ministry of Internal Affairs and Communications identified the latter point in its «Recommendations based on the administrative evaluation and inspection of nuclear disaster prevention programs (Second Issue)» in February 2009. NISA of METI did not take concrete steps for installing air cleaning filters, etc.; Executive Summary a.a.O. 26.12.2011, p.4
- 26 «The Off-site Center of the Fukushima Dai-ichi NPS was located about 5km from the Fukushima Dai-ichi site but it could not function as intended. The Off-site Center had to be evacuated because of the following reasons: difficulty in assembling its staff members due to damaged transportation and heavily congested traffic caused by the Earthquake; loss of telecommunication infrastructures, power cut, shortages of food, water and fuel; and elevated radiation levels in the building which was not equipped with air cleaning filters. In other words, the Off-site Center lost its functions because: i. It was not assumed that nuclear disasters may strike simultaneously with outbreak of earthquake; and ii. Its building structure was not designed to withstand elevated radiation levels, although it was intended for use in nuclear emergencies. The Ministry of Internal Affairs and Communications identified the latter point in its »Recommendations based on the administrative evaluation and inspection of nuclear disaster prevention programs (Second Issue) in February 2009. NISA of METI did not take concrete steps for installing air cleaning filters, etc.». Executive Summary of the Interim Report, Investigation Committee on the Accidents at Fukushima Nuclear Power Stations of Tokyo Electric Power Company, December 26, 2011 p.4
- 27 «The government instructions for evacuation did not reach promptly all the relevant local governments subject to Evacuation Areas. Moreover, the instructions were not specific nor in

- detail. The local governments had to, with insufficient information, make decisions to evacuate, locate evacuation destination, and evacuation procedures. One major reason for such confusion is considered to be that the government and electric power companies had not tackled fully the issue of evacuation once a nuclear disaster occurs.» Executive Summary a.a.O. 26.12.2011 p.11
- 28 «Local governments should prepare for the evacuation operation system, considering the unique characteristics of nuclear accident, and should implement regular training exercises in a realistic manner with earnest participation of the population.» Executive Summary a.a.O. 26.12.2011 p.12
 - 29 <http://www.yomiuri.co.jp/dy/national/T110826005191.htm>
 - 30 Neue Zürcher Zeitung; 22.03.2011
 - 31 NZZ 30.03.2011
 - 32 NZZ 13.4.2011
 - 33 American Public Health Association: Radiation Exposure to the Population in Japan After the Earthquake, Monday, October 31, 2011; Marco Kaltofen, PE, Department of Civil & Environmental Engineering, Worcester Polytechnic Institute, Worcester, MA, <http://apha.confex.com/apha/139am/webprogram/Paper254015.html>
 - 34 Schätzung des US-Nuklearexperten Arnie Gundersen, Fairwind Associates, ausgewiesener Nuklearingenieur http://www.youtube.com/watch?v=4spUp_LzEPM, Wert eines Menschenlebens gerechnet zu 2 Millionen Franken, siehe http://de.wikipedia.org/wiki/Wert_eines_Menschenlebens
 - 35 NZZ 7.5.2011
 - 36 «Difficulty in presenting risk information It is a paradox that effort to improve and search for higher safety is met with negative reactions by others, because such effort may be interpreted as disallowing past practices. It is not easy to admit an absolute safety never exists and to learn to live with risks. But it is necessary to make effort toward realizing a society where risk information is shared and people are allowed to make reasonable choices.» Exec. Summary a.a.O. p.19
 - 37 Japans Bauern kontrollieren die radioaktive Belastung selber, NZZ 13.12.2011
 - 38 Sunday, Jan. 1, 2012 – <http://www.japantimes.co.jp/text/nn20120101f1.html>
 - 39 Der unbemerkte GAU, Süddeutsche Zeitung 17.5.2011, Christoph Neidhart, Tokio
 - 40 Der unbemerkte GAU, Süddeutsche Zeitung 17.5.2011, Christoph Neidhart, Tokio
 - 41 Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI): Stand der Abklärungen zum KKW-Unfall von Fukushima (Japan) und Stand der Massnahmen und der vorzeitigen Sicherheitsüberprüfungen bei den schweizerischen Kernkraftwerken, Bericht vom 5. Mai 2011, www.Static.ensi.ch/1312522250/hintergrundinformation_fukushima.pdf
 - 41a NZZ 9.6.2011
 - 42 A. Stohl, P. Seibert, G. Wotawa, D. Arnold, J. F. Burkhart, S. Eckhardt, C. Tapia, A. Vargas, and T. J. Yasunari: Xenon-133 and caesium-137 releases into the atmosphere from the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant: determination of the source term, atmospheric dispersion, and deposition, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.* 11,28 319–28394 (2011), p. 28321.
 - 43 «So, obviously, the 11 March earthquake local effects at Fukushima Daiichi were greater than the 2008 seismic assessment of the Fukushima Daiichi site, meaning that the TEPCO 2008 requalification grossly underestimated the potential seismic forces nominated for the Fukushima Daiichi site (the Ss value). In fact, it is not at all clear as to the extent and nature of physical work and plant modification that was actually undertaken by TEPCO for the 2008 seismic qualification upgrade – the IAEA fact finding mission of May-June 2011 clearly states that 'only some upgrading on piping supports was performed' and that «no detailed information was provided [by TEPCO or NISA] regarding the physical upgrades [that were] effectively executed' (IAEA – p 70).» John H. Large: Possibility Of Pre-Tsunami Seismic Damage At Fukushima Daiichi, report ref R3202-A1. <http://www.largeassociates.com/PapersReports.htm>
 - 44 Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI): Stand der Abklärungen zum KKW-Unfall von Fukushima (Japan) und Stand der Massnahmen und der vorzeitigen Sicherheitsüberprüfungen bei den schweizerischen Kernkraftwerken, Bericht vom 5. Mai 2011, [WWW. Static.ensi.ch/1312522250/hintergrundinformation_fukushima.pdf](http://www.Static.ensi.ch/1312522250/hintergrundinformation_fukushima.pdf)
 - 45 Angaben des Schweizerischen Erdbebendienstes SED, in: RÉSONANCE Ingénieurs-Conseils SA: Kernkraftwerk Fessenheim: Beurteilung des Erdbebenrisikos, 5. September 2007, Seite 14
 - 46 Spiegel (2011): Sperrzone um Fukushima. Wie weit ist weit genug? <http://www.spiegel.de/panorama/0,1518,754440,00.html>.
 - 47 The New York Times (2011): The Evacuation Zones Around the Fukushima Daiichi Nuclear Plant. <http://www.nytimes.com/interactive/2011/03/16/world/asia/japannuclear-evacuation-zone.html>.
 - 48 NZZ 20.3.2011
 - 49 NZZ am Sonntag 20. März 2011
 - 50 Tages-Anzeiger 26. März 2011
 - 51 Pflugbeil, 2005, a.a.O.
 - 52 NZZ 12.8.2011

- 53 Ralph Straumann: Gefährdung der Bevölkerung der Schweiz durch Kernkraftwerke <http://visurus.wordpress.com/2011/05/12/gefaehrung-der-bevolkerung-der-schweiz-durch-kernkraftwerke-eine-analyse>
- 54 John Large a.a.O.
- 55 Konrad Staudacher, Dr. sc. techn. ETH: Erdbebensicherheit für Risikobauwerke: Interview mit Radio DRS, 16. März 2011
- 56 Neue Zürcher Zeitung vom 16. Dezember 1996
- 57 Gutachten zitiert in Die Wochenzeitung, 21.4. 2011, siehe auch: Simon Thönen, TÜV kritisierte Mühleberg-Reparatur scharf, Der Bund, 25.4.2011
- 58 <http://www.ee-news.ch/de/article/23663/ensi-annahmen-der-akw-erdbebengefaehrung-werden-genauer>
- 59 ETH Life, 18. Dezember 2008
- 60 NZZ online 24. März 2011
- 61 Reference to John Large: Nuclear safety,: A much needed debate; Fundamental flaws in the worldwide Nuclear safety regulatory regime, summary for European Economic and Social Committee <http://www.largeassociates.com/PapersReports.htm>
- 62 Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) von 2007, verabschiedet im März 2007, Deutsche Ausgabe herausgegeben vom Bundesamt für Strahlenschutz, S. 63
- 63 Die internationale Studie von E. Cardis (British Medical Journal, Juli 2005) an 400'000 «nuclear workers» zeigt, dass nach 20 Jahren mit einem über 5-fach höheren Zusatzrisiko durch radioaktive Niedrigdosisstrahlung gerechnet werden muss als bisher angenommen.
- 64 NZZ 7.10.2011
- 65 Neue Zürcher Zeitung; 01.07.2011
- 66 NZZ am Sonntag 20.03.2011
- 67 Schätzung des US-Nuklearexperten Arnie Gundersen, Fairwind Associates, ausgewiesener Nuklearingenieur http://www.youtube.com/watch?v=4spUp_LzEPM, Wert eines Menschenlebens gerechnet zu 2 Millionen Franken, siehe http://de.wikipedia.org/wiki/Wert_eines_Menschenlebens
- 68 <http://www.bloomberg.com/news/2011-06-01/tokyo-electric-s-financial-aid-is-risk-for-japanese-bank-ratings-s-p-says.html> 1JPY = 0,012 CHF
- 69 <http://www.iwr.de/re/iwr/11/07/1108.html>
- 70 Mainichi-Shinbun 30.10.2011
- 71 Hochrechnung: Am 10.März 2011 stand der Aktienkurs von Tepco bei 2153 Yen, Marktwert 41.5 Milliarden Franken, am 9.1.2012 stand die Aktie bei 173, Marktwert 3.3 Milliarden Franken.
- 72 NZZ online 29.3.2011, sowie: http://www.nzz.ch/nachrichten/wirtschaft/aktuell/tepcos_fukushima_staatshilfe_1.10529146.html
- 73 <http://newsonjapan.com/html/newsdesk/article/89987.php> Japan Center for Economic Research
- 74 Schätzung von Merrill Lynch, zitiert von Reuters 28.5.2011, Financial Times Deutschland, 15.4.2011
- 75 Outline of the Act to Establish the Nuclear Damage Compensation Facilitation Corporation, <http://www.webcitation.org/645FZ1Ma7>, <http://www.webcitation.org/645Gox5mq> <http://www.webcitation.org/644pzXblj>
- 76 «Tax hikes needed for future generations» / Govt sees 10% consumption tax as only way to prevent social welfare, pension systems going broke
- 77 <http://www.ee-news.ch/de/article/23663/ensi-annahmen-der-akw-erdbebengefaehrung-werden-genauer>
- 78 <http://www.ensi.ch/de/2011/10/31/die-schweizer-kernanlagen-sind-sicher>
- 79 Schweizer Radio DRS, Interview mit Sebastian Pflugbeil, Echo der Zeit vom 16.12.2011
- 80 Wolfgang Irrek, Kaspar Müller, Dörte Fouquet, Antony Patrick Frogatt: Comparison of different decommissioning funds methodologies for nuclear installations, Final Report on behalf of the European Commission Directorate-General Energy and Transport, H2, Wuppertal/Brussels 2007
- 81 <http://www.guardian.co.uk/environment/2009/apr/19/sellafield-nuclear-plant-cumbria-hazards>
- 82 Gerhard Bläske: Die Kosten von Frankreichs Atomstrom, Neue Zürcher Zeitung 14.7.2011
- 83 <http://web.mit.edu/nuclearpower/pdf/nuclearpower-update2009.pdf>
- 84 Tages-Anzeiger vom 2.Dezember 2012
- 85 Financial Times 17. November 2011
- 86 Asahi Shimbun: Screeners demand review of Monju fast breeder reactor, November 21, 2011

Quellverzeichnis

Teil 3: Die Potenziale

- 87 http://www.dailytimes.com.pk/default.asp?page=2011\07\09\story_9-7-2011_pg4_6
- 88 <http://www.klimaretter.info/energie/hintergrund/8958-vattenfall-kein-neues-atomkraftwerk>
<http://www.taz.de/1/archiv/archiv/?dig=2011/07/06/a0081>
- 89 IEA Energy Technology RD&D 2010 edition, <http://wds.iea.org/WDS/TableView/tableView.aspx>
- 90 Wörtlich: «The roadmap [of Tepco and NISA] could usefully be seen as a vital component of a wider plan that could result in remediation of the areas off the site affected by the radioactive releases to allow people evacuated to resume their normal lives.» IAEA International Fact Finding Expert Mission Of The Fukushima Dai-Ichi NPP Accident Following The Great East Japan Earthquake And Tsunami Tokyo, Japan 24 May – 2 June 20, p. 55
- 91 John Large Associates, papers <http://www.largeassociates.com/PapersReports.htm>
- 1 http://www.energieeffizienz.ch/files/SAFE_FS_Stromeffizienz_d.pdf
- 2 Bundesamt für Energie, Sektion Energiepolitik: Schlussbericht AG Stromeffizienz (V. 2.2, 01.03.2011), S.4
- 3 Bundesverfassung Artikel 89 Absatz 3
- 4 Bundesamt für Energie: Schlussbericht AG Stromeffizienz v. 2.2, Bern, 1.3.2011
- 5 Deutscher Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU): Wege zur 100 % erneuerbaren Stromversorgung, Gutachten Februar 2011, Seite 7
- 6 Windblatt, Enercon Magazin für Windenergie Nr. 02/2011
- 7 Xi Lua, Michael B. Mc Elroya, and Juha Kiviluomac: Global potential for wind-generated electricity, Proceedings of the National Academy of Sciences, Vol. 106, No. 27. (7 July 2009), PNAS pp. 10933–10938.
- 8 European Environmental Agency: Europe's onshore and offshore wind energy potential, an assessment of environmental and economic constraints. EEA Technical report 6/2009, Copenhagen 2009, Bruttostromerzeugung EU: Eurostat, http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/product_details/dataset?p_product_code=TEN00087
- 9 EWEA: EU Countries agree to build common offshore electricity grid, 3.12.2010 [http://www.ewea.org/index.php?id=60&no_cache=1&tx_ttnews\[tt_news\]=1893&tx_ttnews\[backPid\]=259&cHash=09f8bba70131357b62e7d706465b1f7a](http://www.ewea.org/index.php?id=60&no_cache=1&tx_ttnews[tt_news]=1893&tx_ttnews[backPid]=259&cHash=09f8bba70131357b62e7d706465b1f7a)
- 10 RWE-Chef Fritz Vahrenholt erwartet eine Kostensenkung um 30 % innert fünf Jahren. http://www.rechargenews.com/energy/wind/article291096.ece?WT.mc_id=rechargenews_rss
- 11 EWEA: Pure Power, Wind energy targets for 2020 and 2030, A report by the European Wind Energy Association – 2009 update
- 12 Deutscher Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU): Wege zur 100 % erneuerbaren Stromversorgung, Gutachten Februar 2011, S. 145
- 13 EPIA market workshop 2011, zitiert bei Thomas Nordmann, 2011
- 14 Zeitschrift Photon 6/2011
- 15 http://solarmedia.blogspot.com/2011/11/solar-firmen-news-woche-46_26.html
- 16 Bank Sarasin: Solarwirtschaft: Hartes Marktumfeld – Kampf um die Spitzenplätze (2011)
- 17 Heinrich Häberlin: Langzeiterfahrungen mit zwei hochalpinen Photovoltaikanlagen, 20. Symposium Photovoltaische Sonnenenergie Staffelstein 2005

- 18 Ladislaus Rybach, Prof. emeritus ETHZ: Strom aus Geothermie: Stand und Perspektiven weltweit
- 19 Hanspeter Eicher Energieeffizienz/Erneuerbare Energien im Gebäudebereich, Präsentation 21. März 2011; sowie: Hanspeter Eicher: Wärmekraftkopplung, Bedeutung, Technik, Einsatzbereiche, CH-Potenziale, GVM Tagung WKK 3. Februar 2011
- 20 «Potenziale zur energetischen Nutzung von Biomasse in der Schweiz», Dezember 2004, S. 205, Hrsg. Bundesamt für Energie

Quellverzeichnis

Teil 4: Drei Strategien für den Umstieg

- 1 Wärmekraft-Kopplung: Hanspeter Eicher, Energieeffizienz/Erneuerbare Energien im Gebäudebereich, Präsentation 21. März 2011, sowie: Hanspeter Eicher: Wärmekraftkopplung, Bedeutung, Technik, Einsatzbereiche, CH-Potenziale, GVM Tagung WKK 3. Februar 2011; Strom aus Abfall: VBSA Verband der Betriebsleiter und Betreiber Schweizerischer Abfallbehandlungsanlagen (VBSA): Strom aus Abfall: weit mehr ist möglich, Information für die Medien, Bern, 29. Juni 2005; Biomasse und Biogas: Potenziale zur energetischen Nutzung von Biomasse in der Schweiz», Dezember 2004, Hrsg. Bundesamt für Energie; Wasserkraft: Bundesamt für Energie: Ausbaupotenzial der Wasserkraft, Bern, November 2004; Windenergie Schweiz : «Technisch realistisch erschliessbares Potenzial», Paul Scherrer Institut: Erneuerbare Energien und neue Nuklearanlagen, Hrsg. Bundesamt für Energie, Februar 2005; Windenergie onshore und offshore Europa: EWEA: Pure Power 2011 – Wind energy targets for 2020 and 2030, A report by the European Wind Energy Association – 3rd update 2011; European Environmental Agency: Europe's onshore and offshore wind energy potential, an assessment of environmental and economic constraints. EEA Technical report 6/2009, Copenhagen 2009; Photovoltaik: Paul Scherrer Institut: Erneuerbare Energien und neue Nuklearanlagen, Februar 2005; IEA: Potential for Building Integrated Photovoltaics, Paris 2002; European Commission Joint research Centre/ Arnulf Jäger-Waldau: PV STATUS REPORT 2011
- 2 http://www.tennet.org/english/tennet/news/veelbelovende_start_voor_norndkabel.aspx
- 3 Marktakteure Erneuerbare – Energien – Anlagen In der Stromerzeugung Im Rahmen des Forschungsprojektes: Genossenschaftliche Unterstützungsstrukturen für eine sozialräumliche Energiewirtschaft August 2011
http://www.kni.de/media/pdf/Marktakteure_Erneuerbare_Energie_Anlagen_in_der_Stromerzeugung_2011.pdf.pdf

Quellverzeichnis

Teil 5: Die Rahmenbedingungen für den Umstieg

- 1 NREAP Deutschland, siehe Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Hintergrundinformationen zum Ausbau der Erneuerbaren Energien in Deutschland bis 2020, Mai 2011
- 2 Jens Hobohm, Stefan Mellahn, Prognos AG: Investitionen durch den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland, im Auftrag des Bundesverbandes Erneuerbare Energie e.V., der Agentur für Erneuerbare Energien und der Hannover Messe
- 3 Erneuerbare Energien 2010, Daten des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2010 auf der Grundlage der Angaben der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat)
- 4 SRU Sachverständigenrat für Umweltfragen: 100 % erneuerbare Stromversorgung bis 2050: klimaverträglich, sicher, bezahlbar, Seiten 4f.
- 5 Ebenda, Seite 6
- 6 Bundesverband Windenergie: Mindestpreissystem und Quotenmodell im Vergleich – welches System ist effizienter? (2005), Bridget Woodman and Catherine Mitchell: TOO LITTLE TOO LATE? Centre for Management Under Regulation, University of Warwick (2004); Catherine Mitchell, Peter Connor: Renewable energy Policy in the UK 1990–2003, Centre for Management under Regulation, Warwick Business School, University of Warwick, Coventry (2004)
- 7 Prognos/Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation: Energieperspektiven 2007, Band 2, Szenarien I–IV, S. 51
- 8 Bundesamt für Energie, Zwischenbericht II, Energieszenarien für die Schweiz bis 2050, Erste Ergebnisse der angepassten Szenarien I bis IV aus den Energieperspektiven 2007, S. 53
- 9 Der Begriff stammt von meinem ehemaligen Parlamentskollegen und Freund Roger Nordmann (Kanton Waadt).
- 10 Uvek: Vernehmlassungsunterlagen zur neuen Energieverordnung («Revision Energieverordnung (EnV): Herkunftsnachweis, kostendeckende Einspeisevergütung (KEV), wettbewerbliche Ausschreibungen und Globalbeiträge und Revision Verordnung des UVEK über den Nachweis der Produktionsart und der Herkunft von Elektrizität und Revision der Gewässerschutzverordnung (GSchV): Schutz der naturnahen Gewässer»), erläuternder Bericht Seite 6. [http://www.admin.ch/ch/d/gg/pc/documents/2029/Erl_Bericht_EnV_\(KEV\)_HKNV_d.pdf](http://www.admin.ch/ch/d/gg/pc/documents/2029/Erl_Bericht_EnV_(KEV)_HKNV_d.pdf)
- 11 Alpiq-Chef warnt vor Stromrechnungen von 6000 Franken, Tages-Anzeiger vom 27.03.2011
- 12 «Ohne Atomenergie könnten die Strompreise um ein Drittel steigen», Sonntagszeitung 1.5.11
- 13 European Environmental Agency: Europe's onshore and offshore wind energy potential, an assessment of environmental and economic constraints. EEA Technical report 6/2009, Copenhagen 2009
- 13a Prof. Anton Schleiss (EPFL Lausanne) über die Zukunft der Wasserkraft Schweiz, in: Schweizerischer Vereinigung Beratender Ingenieurunternehmungen, Usic news 3/2011 S. 5
- 14 Bernhard Fink, Enercon sagt: «Large installations like the E-126 should not be viewed any more as wind turbines in the traditional sense,» concludes Fink. «One E-126, depending on its location, generates electricity for thousands of households. With regard to operational reliability and lifetime expectancy, in combination with the advanced built-in active grid support and grid stabilizing capabilities, there is not much difference any more between an E-126 and modern conventional power plants. In our view, therefore, it is likely that our new generation E-126 wind turbines at Estinnes and elsewhere will operate for a much longer period than today's common 20-year operational design life.» Zitiert in: E-126 in Action: Enercon's Next-Generation Power Plant, By Eize de Vries, 16. September 2009 <http://www.renewableenergy-world.com/rea/news/article/2009/09/e-126-in-action-enercons-next-generation-power-plant>
- 15 Frank Sensfuss: Analysen zum Merit-Order-Effekt erneuerbarer Energien, Update für das Jahr 2010, Fraunhofer ISI, Karlsruhe 2011
- 16 In Frank Sensfuß, Mario Ragwitz: Analyse des Preiseffektes der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien auf die Börsenpreise im deutschen Stromhandel – Analyse für das Jahr 2006 – Gutachten im Rahmen von Beratungsleistungen für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), p. 14, siehe auch: Bode, Sven: On the impact of renewable energy support schemes on power prices, HWWI Research Paper 4–7, Hamburg 2006 [http://www.hwwi.de/Publikationen_Einzel.5118.0.html?&tx_wilpubdb_pi1\[publication_id\]=290&tx_wilpubdb_pi1\[back\]=50&cHash=e38b4c498f](http://www.hwwi.de/Publikationen_Einzel.5118.0.html?&tx_wilpubdb_pi1[publication_id]=290&tx_wilpubdb_pi1[back]=50&cHash=e38b4c498f)
- 17 Bernward Janzing: Guter Strom zur richtigen Zeit, Taz 18. Januar 2009
- 18 http://www.photon.de/presse/mitteilungen/pm_2011-07-20_eex.pdf

Quellverzeichnis

Teil 6: Agenda 2020

- 1 Matthias Popp: Storage demand for an electricity demand based on wind and sun. IRES 2011
- 2 Bernhard Lange (ISET): Experiences from the development of wind power forecasts for six European TSO (2008)
- 3 Bank Sarasin: Solarwirtschaft: Hartes Marktumfeld – Kampf um die Spitzenplätze, November 2011
- 4 Art. 22 StromVV
- 5 «Minimal fees», die den variablen Kosten angerechnet werden, könnten für die Kostendeckung von nicht ganzjährig bewohnten Objekten erlaubt bleiben (z.B. Ferienhäuser).
- 6 Mark Z. Jacobson, Mark A. Delucchi A Path To Sustainable Energy By 2030, Scientific American Nov. 2009, p. 58
- 7 Andrew Kwon: Future of LIB [lithium-Ion-Batteries ESS [electricity Storage Systems] as DESS [decentralized Electricity Storage Systems] & its Smart Grid Implementation in Korea, 6th International Renewable Energy Storage Conference and Exhibition
- 8 Herstellerangaben: <http://www.teslamotors.com/models/faq>
- 9 Umweltbundesamt: Energieziel 2050: 100% Strom aus erneuerbaren Energien, Berlin 2010 <http://www.siemens.com/innovation/de/news/2011/gleichstromuebertragung-mit-weltrekordleistung.htm>
- 10 Urs Meister: Energiesicherheit ohne Autarkie, die Schweiz im globalen Kontext, Seite 157f.
- 11 Aussage Hans van Steen, Referatsleiter erneuerbare Energien der EU-Kommission (2010)
- 12 Früher: Vereinigung für Atomenergie
- 13 Tages-Anzeiger 24. März 2011
- 14 <http://www.fdp.ch/kommunikation/26-medienmitteilungen/575-fdpdie-liberalen-stellt-unabhaengigkeit-mit-verhaltenskodex-sicher.html>

Illustrationen

grimgram und Elenita_1, roccomontoya, runeer, penfold, rorat, tuanyicktuanick
AndersonAnderson / istockphoto.com

DIE ZUKUNFT IST ERNEUERBAR.



Allein die Solarenergie kann bis 2020 weltweit 1 Milliarde Menschen mit Strom versorgen und 3,7 Millionen neue Jobs schaffen. In der Schweiz kann ein Drittel des heutigen Strombedarfs mit Solarenergie gedeckt werden.

Der Bau neuer, risikoreicher Atomkraftwerke hingegen verschlingt Milliarden von Franken und verhindert Investitionen in eine saubere und sichere Energiezukunft.

Jetzt handeln. Mitglied werden.
www.greenpeace.ch

GENUG RISKIERT

GREENPEACE

Roger Nordmann

Atom- und erdölfrei in die Zukunft

Konkrete Projekte für die energiepolitische Wende



Der Albtraum ist Wirklichkeit: Brennende Reaktorhüllen. Aus tretende Strahlung. Radioaktive Partikel, die sich mit Wind und Meer, Flugzeug und Schiff über die Welt verbreiten. Dabei schien Japan so weit weg. Unsere Umwelt, unser Leben ist gefährdet, aber immer noch sind Länder wie die Schweiz, Deutschland, Frankreich und Österreich von Energiequellen wie Uran und Erdöl abhängig. Rohstoffe, die versiegen. Die globale Erwärmung tut ihr Übriges. Eine energiepolitische Kehrtwende drängt sich auf. Letztlich steht unser Wohlstand auf dem Spiel.

Roger Nordmann erläutert die wichtigsten globalen Probleme der Energiepolitik. Er klärt über den tatsächlichen Nutzwert von AKWs und die Verschwendung von Erdöl auf. Und mit dem Beispiel Schweiz schildert er, wie ein Land seinen Energiebedarf ausschliesslich über erneuerbare Energien decken kann: mit intelligenter Mobilität, Energie produzierenden Häusern und gezielten Investitionen in neue Technologien.

232 Seiten, broschiert, ISBN 978-3-280-05437-6

orell füssli Verlag

Vinzenz Wyss
Peter Studer
Toni Zwyssig

Medienqualität durchsetzen

Qualitätssicherung in Redaktionen
Ein Leitfaden



Die Qualitätsmedien stehen unter Druck. Die Auflagen und die Erträge aus Inseraten sinken. Das Nutzungsverhalten des Publikums verändert sich. Verschiedenste Formen der Social Media machen sich breit. Einen Mehrwert bieten traditionelle Medien heute nur durch Fokussierung auf publizistische, ethisch begründete und handwerkliche Qualität.

Was diese Qualität ausmacht und wie man sie in Redaktionen umsetzt, erklären drei ausgewiesene Experten anhand von sechs Bausteinen des Qualitätsmanagements:

- Regeln und publizistische Leitlinien
- Mit Qualitätszielen führen
- Selbstkritik und Feedback
- Ressourcen und Prozesse
- Personalentwicklung und Ausbildung
- Umgang mit dem Publikum

Checklisten, Tipps und anschauliche Beispiele machen diesen Leitfaden zum festen Bestandteil im Alltag eines jeden Redaktionsbüros.

216 Seiten, gebunden, ISBN 978-3-280-05449-9

orell füssli Verlag

