



klar.sozial

---

Sicher und effizient umsteigen

# Unterwegs zur Vollversorgung mit erneuerbaren Energien

Perspektivpapier der SP Schweiz

Autor: Dr. Rudolf Rechsteiner, Nationalrat (PS/BS)  
April 2006

# „Unterwegs zur Vollversorgung mit erneuerbaren Energien und Energieeffizienz“

## Perspektivpapier der SP Schweiz zur Zukunft der Stromversorgung ohne Atomkraftwerke

Liebe Genossinnen und Genossen, liebe Leserinnen und Leser

*Das vorliegende Perspektivpapier gibt einen Überblick über die Potentiale für eine ökologische und nachhaltige Stromversorgung ohne Gefährdung von Mensch, Tier und Umwelt.*

An der Delegiertenversammlung vom 26. Juni 2004 in Schaffhausen wurde das SP-Strompapier „Neue Atomkraftwerke: Nie wieder!“ einstimmig verabschiedet. Eine der Forderungen lautete: *Die SP Schweiz setzt sich dafür ein, dass die Schweiz ihren Energiebedarf baldmöglichst aus 100 % erneuerbaren Energien deckt.*

Aufbauend auf dieser Entscheidung hat die Geschäftsleitung der SP Schweiz Nationalrat Rudolf Rechsteiner (BS) im August 2005 beauftragt, eine Perspektivstudie zu erarbeiten, die die konkrete Umstellung **der Stromversorgung auf erneuerbare Energien und den effizienteren Umgang mit Energie** aufzeigt. Ein erster Entwurf wurde an der Energietagung der SP Schweiz vom 12. November 2005 in Basel diskutiert und nach weiteren Diskussionen mit Fachleuten ergänzt und angepasst.

Das nun vorliegende Perspektivpapier zeigt die grossen Handlungsspielräume im Bereich der Stromversorgung auf. Die bestehenden Atomkraftwerke können durch Strom aus Kehrlicht, Biomasse, Geothermie, Wind- und Solarenergie sowie durch Effizienzmassnahmen ersetzt werden, ohne dass dies eine Reduktion des Wohlstandsniveaus oder der Lebensqualität zur Folge hätte. Im Gegenteil: Die Nutzung dieser neuen Technologien schreitet weltweit sehr rasch voran. Sie schont Gesundheit, Klima und Umwelt, ist ökonomisch sinnvoll, schafft neue Industriezweige und Arbeitsplätze.

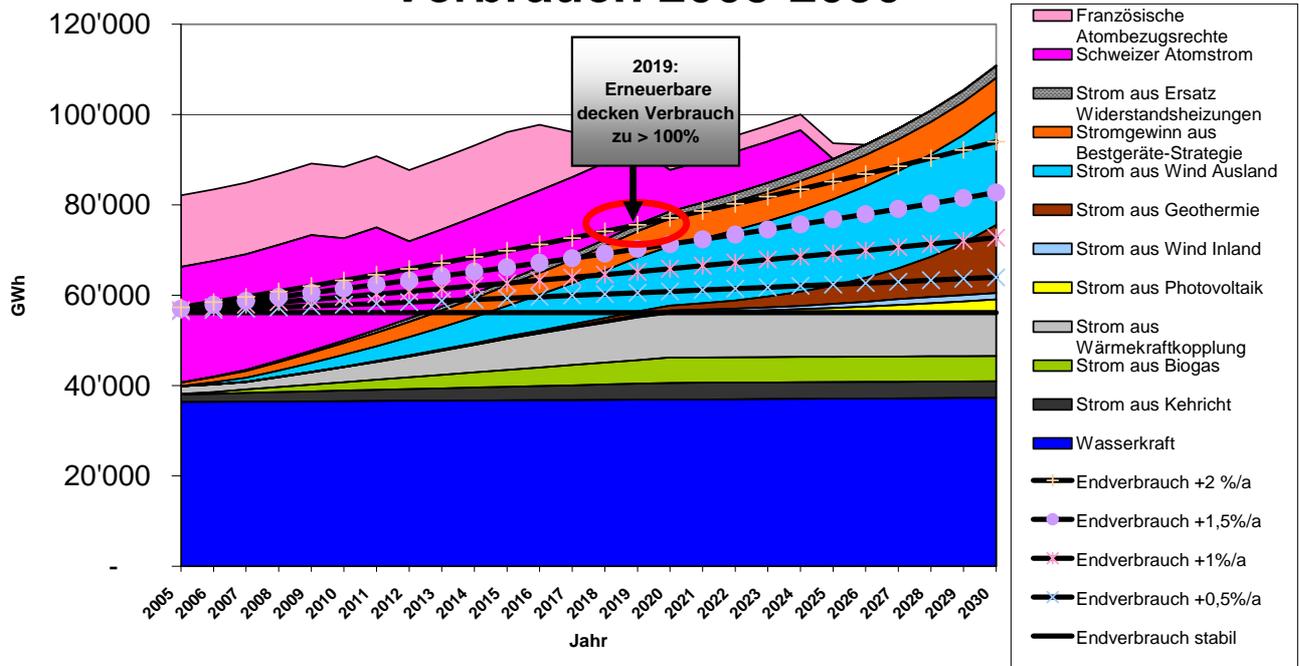
Neben der Umstellung auf erneuerbare Energien setzt sich die SP für eine absolute Reduktion des Energieverbrauchs im Sinne der „2000-Watt-Gesellschaft“ ein. Eine solche Entwicklung ist möglich, wenn neue Technologien zum Einsatz kommen, die weit weniger Energieverluste aufweisen als die thermische Umwandlung chemischer Energieträger wie Kohle, Erdgas oder Uran in Elektrizität oder Benzin- und Dieseltreibstoffe in mechanische Bewegung.

Dieses Papier erhebt nicht den Anspruch, eine Gesamtenergieperspektive abzubilden. Es konzentriert sich ganz bewusst auf die Stromversorgung. Bei einzelnen Technologien gibt es eine Bandbreite von Einschätzungen und Prognosen. Die SP Schweiz ist überzeugt, dass die hier aufgezeigten Nutzungspfade ökonomisch und technologisch realistisch sind und dass sich die einzelnen Technologien sinnvoll ergänzen können. Vordringlich sind heute nicht neue Techniken, sondern bessere Rahmenbedingungen wie z.B. die kostendeckende Einspeisevergütung sowie verbindliche Effizienzvorgaben und Anreize (CO<sub>2</sub>-Abgabe), damit das vorhandene Know-how endlich zum Einsatz kommt und dank neuer Investitionen weiter verbilligt und verbessert werden kann.

*Die Geschäftsleitung der SP Schweiz hat das Papier an ihrer Sitzung vom 31. März 2006 einstimmig verabschiedet.*

# Sicher und effizient umsteigen

## Schweizer Stromproduktion und Verbrauch 2005-2030



### Ein SP-Perspektivpapier zur Zukunft der Stromversorgung

#### Abstract

Die Schweizer Stromversorgung kann dank dem Vormarsch neuer erneuerbarer Technologien kostengünstig, effizient und ökologisch umstrukturiert werden. Es braucht weder neue fossile Gas-Grosskraftwerke noch neue Atomkraftwerke. Die bestehenden Atomkraftwerke können technisch gesehen problemlos und sicher durch Strom aus Kehrlicht, Biomasse, Geothermie, Windenergie, Solarenergie, durch effizientere Gebäude, Heizungen, Geräte und Anlagen sowie durch Strom aus Wärmekraft-Kopplung ersetzt werden.

An die Stelle der französischen Atomstrom-Bezugsrechte werden schon ab ca. 2007/2008 grosse ausländische Windfarmen in Schweizer Hand treten, wie sie die Axpo in Norwegen erworben hat.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Schweiz werden stark sinken, weil erneuerbare Energien und Energieeffizienz im Wärmesektor eine immer wichtigere Rolle spielen, dank Holz, Wärmepumpen, Geothermie, Solartechnik und besseren Baustandards. Die Versorgungssicherheit wird verbessert, weil der Strom aus unerschöpflichen Quellen stammt und mit ungefährlichen Technologien genutzt werden kann. Die Massnahmen nach CO<sub>2</sub>-Gesetz sowie steigende Öl-, Gas- und Strompreise werden diesen Umstieg beschleunigen. Das letzte Schweizer Atomkraftwerk kann theoretisch im Jahre 2024 geschlossen werden, wenn die Rahmenbedingungen entsprechend gesetzt werden.

Ein neuer Investitionszyklus mit schwergewichtig erneuerbaren Energien ist im europäischen Ausland (Deutschland, Spanien, Österreich, Dänemark, Norwegen usw.) voll im Gang. In der Schweiz wird er auch irgendwann einsetzen, so wie er nun in Frankreich beginnt. Selbst wenn die Atomlobby weiter von der grossen Renaissance träumt: Der Marktanteil der Atomenergie ist rückläufig. Die erneuerbaren Energien sind günstiger. Deshalb boomen sie. Und der Preis ist das, was im Wettbewerb zählt – je länger, desto mehr.

Verabschiedet von der Geschäftsleitung der SP Schweiz am 31. März 2006, Review durch die Fachkommission Umwelt, Energie und Raumplanung der SP Schweiz. Verfasst von: Dr. Rudolf Rechsteiner, Nationalrat, Basel-Stadt.

# Inhalt

<b>1. Entwicklung von Stromerzeugung und Stromverbrauch</b>	<b>5</b>
Atomausstieg ohne Gefährdung der Versorgungssicherheit	5
Stromverbrauch: Entwicklung der Nachfrage	6
Stromerzeugung: die Entwicklung bis 2020 und danach	7
Veränderung der Zusammensetzung der Stromerzeugung	8
Stromerzeugung wird stärker diversifiziert	10
<b>2. Beiträge der erneuerbaren Energien</b>	<b>11</b>
Strom aus Wasserkraft	11
Strom aus Kehrlicht	14
Strom aus Biomasse	15
Strom aus Windenergie	16
Ausländische Strombezüge und Versorgungssicherheit	23
Strom aus Photovoltaik	25
Strom aus Geothermie	26
<b>3. Beiträge der Energieeffizienz</b>	<b>29</b>
Vorbemerkung	29
Strombeitrag Bestgeräte-Strategie (A-Klasse-Vorschrift)	31
Ersatz von Elektroheizungen/-Boiler durch Wärmepumpen	34
Energieeffizienter Gebäudepark	35
<b>4. Stromerzeugung aus CO<sub>2</sub>-neutraler Wärmekraft-Kopplung</b>	<b>36</b>
Was ist Wärmekraft-Kopplung?	36
Wärmekraft-Kopplung und Klimapolitik	37
Die aktuelle Rolle der Wärmekraft-Kopplung in der Schweiz	37
Der WKK-Beitrag bis 2030	38
Neutralisierung der CO <sub>2</sub> -Emissionen	40
<b>5. Die Rolle der Atomenergie</b>	<b>43</b>
<b>6. Preise, Kosten und regulatorisches Umfeld</b>	<b>46</b>
Entwicklung der Energiepreise	46
Kosten und Nutzen der erneuerbaren Energien	47
Regulatorisches Umfeld	48
<b>7. Anhang: Szenario Produktion der Schweizerischen Elektrizitätswirtschaft (GWh)</b>	<b>54</b>

# 1. Entwicklung von Stromerzeugung und Stromverbrauch

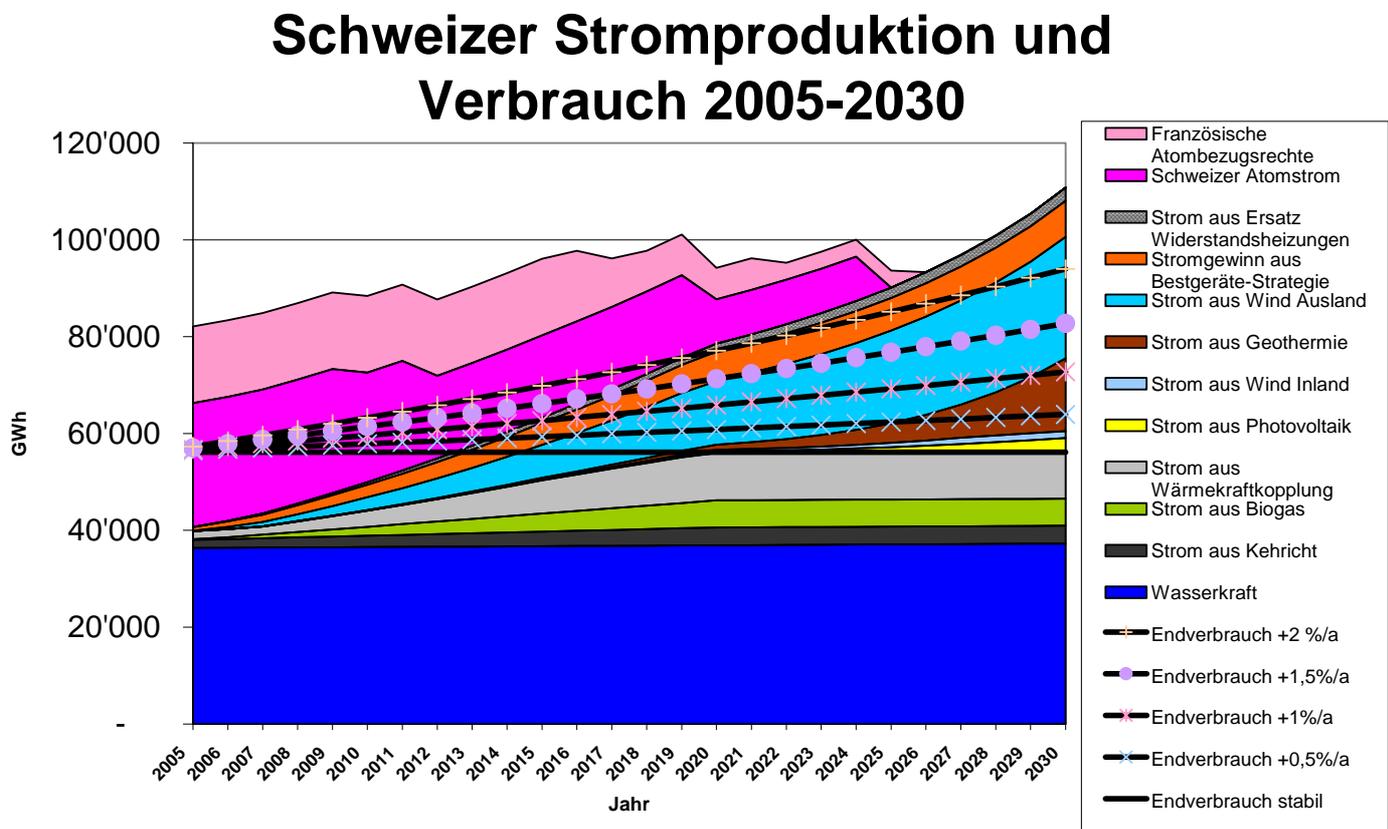
## Atomausstieg ohne Gefährdung der Versorgungssicherheit

Die Schweiz muss nicht befürchten, dass bei einer Stilllegung der Atomkraftwerke Engpässe in der Versorgung auftreten. Erneuerbare Primärenergien zum Ersatz von Atomstrom, Kohle, Gas und Erdöl sind reichlich vorhanden. Die Nutzungstechniken dafür sind marktreif.

Die massgeblichen Beiträge zur Deckung des Stromverbrauchs können die Wasserkraft, der Strom aus Kehrlicht, Biomasse, Wind, Sonne, Geothermie und Wärmekraft-Kopplung sowie die Einsparprogramme (z.B. Ersatz der alten Elektro-Widerstandsheizungen) liefern.

Die Atomkraftwerke können technisch gesehen nach 40 Jahren stillgelegt werden. Diese Ergebnisse decken sich mit früheren Untersuchungen des Bundes (Expertenkommission zur Erarbeitung von Energieszenarien (EGES)) und Studien aus dem benachbarten Ausland (z.B. BMU/Nitsch et al. 2004)..<sup>1</sup>

**Abbildung 1: Entwicklung der Stromerzeugung (inkl. Bezugsrechte in Schweizer Hand aus dem Ausland)**



<sup>1</sup> Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) / Nitsch et al.: Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland, Stuttgart et al. 2004.

### Stromverbrauch: Entwicklung der Nachfrage

Der Stromverbrauch ist von den gesetzlichen Rahmenbedingungen, der Entwicklung im Wärme- und Verkehrssektor (Wärmepumpen, Hybridfahrzeuge ab Steckdose) und von den Verhaltensmustern der KonsumentInnen abhängig.

Wichtig wird sein, dass es endlich gelingt, Effizienztechniken (A-Klasse-Geräte, Abschaltautomatiken) wirksamer als bisher durchzusetzen. Wir können die VerbraucherInnen und die Unternehmen nicht vor steigenden Weltmarktpreisen für Energie schützen. Aber wir können eine Entwicklung politisch gestalten, bei der in der Schweiz immer weniger Energie für industrielle Produktion, Dienstleistungen, Wärmeerzeugung und Mobilität benötigt und ein steigender Anteil davon aus kostensenkenden, erneuerbaren Energien gedeckt wird. Dann werden die Energierechnungen auch wieder sinken. Das Ölfördermaximum wird um das Jahr 2010 erwartet<sup>2</sup>. Dieses wird zusammen mit der Klimapolitik die Verlagerung des Energieverbrauchs in Richtung Strom im Wärmesektor (Wärmepumpen) verstärken. Viele erneuerbare Energien werden dadurch wettbewerbsfähig (z.B. Holzpellets, Solaranlagen, Geothermie).

Diese Verknappung fossiler Ressourcen wird, wie in den 70er Jahren, zu einem **Trendbruch** führen, mit sparsameren Techniken bis hin zur negativen Verbrauchs-Entwicklung bei gewissen Konsumgütern (z.B. sparsamere Motorfahrzeuge, Wohnfläche pro Kopf). Beim Luftverkehr zeichnet sich ein solcher Trendbruch bereits ab.

## Stromproduktion und Verbrauch GWh 1960-2004

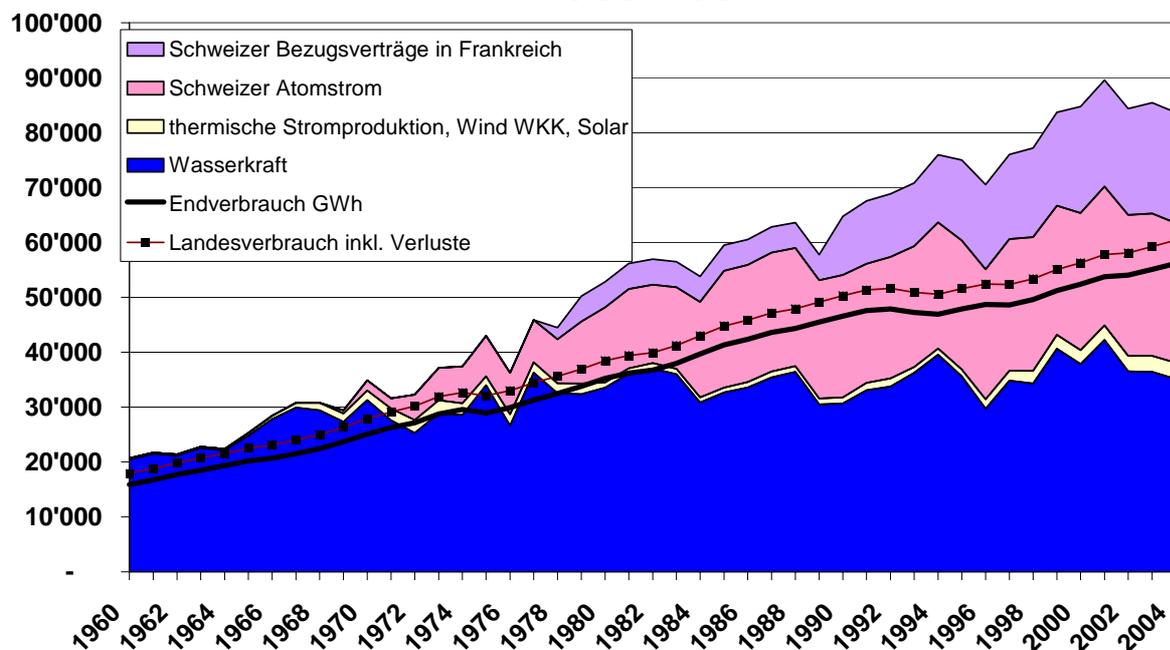


Abbildung 2: Entwicklung von Stromverbrauch und Stromerzeugung 1960-2004

Für die Zukunft ist die Durchsetzung energieeffizienter Techniken im Sinne der 2000-Watt-Gesellschaft mit Priorität anzustreben, wobei diese Energie zum allergrössten Teil aus erneuerbaren Quellen, mit einem geringen Rest an fossiler Technik, zu decken sein wird.

Unser Szenario zeigt, dass auch anhaltend steigende Stromverbräuche (+2% pro Jahr) technisch gesehen mit erneuerbaren Energien gedeckt werden können, wenn die Rahmenbedingungen stimmen (kostendeckende Vergütung für erneuerbare Energien, Verbesserung des kontinentalen Stromnetzes, Durchsetzung von Marktanteil-Zielen für erneuerbare Energien).

<sup>2</sup> Unter Oil Peak versteht man das Erreichen der maximalen jährlichen Fördermenge beim Erdöl, welches von manchen GeologInnen noch vor 2010 erwartet wird. <http://www.peakoil.net/>

Strategisch betrachtet sind erneuerbare Energien nur die zweite Wahl. **An erster Stelle muss die Energieeffizienz stehen**, denn jede Verbrauchsreduktion senkt den zukünftigen Produktionsbedarf und erleichtert es, das Ziel, die Vollversorgung mit erneuerbaren Energien, zu erreichen. Energieeffizienz macht auch ökonomisch Sinn: Jede gesparte Kilowattstunde ist in der Regel günstiger als eine Kilowattstunde aus einem neuen Kraftwerk.

Bei der nachfolgenden Modulierung des Stromverbrauchs wurden manche Effizienztechniken, für welche Angaben über Reduktionspotentiale von externen ExpertInnen vorliegen (Prognos-Studien über A-Klasse-Strategie und Ersatz Elektro-Widerstandsheizungen), als „Angebotstechniken“ integriert, weil sie sich ähnlich auf das Gleichgewicht von Angebot und Nachfrage auswirken wie der Neubau von Kraftwerken. Mit diesen Angaben sind die Reduktionspotentiale allerdings bei Weitem nicht ausgeschöpft. Ein radikaler Übergang zum „zukunfts-fähigen Bauen“ – mit dynamisch steigendem Anteil an Passiv-Häusern – führt zu wesentlich höheren Strombeiträgen. Diese Einsparungen werden aber – mangels Berechnungsgrundlagen – in dieser Studie nicht quantifiziert.

Wo die effizientere Technik nicht ausreicht, sollen erneuerbare Energien den Verbrauch decken: Die Potentiale der Geothermie und der Import von Windenergie anstelle von französischen Atomimporten, kombiniert mit einheimischer solarer Energiegewinnung und Biomasse, können den Landesverbrauch mehrfach decken.

Wird Energieeffizienz verstärkt durchgesetzt, ist mit einer Abnahme des Stromverbrauchs von ca. 0,7% pro Jahr zu rechnen. Umgekehrt steigt der Stromverbrauch durch die Verbreitung von Wärmepumpen, die zu starken Reduktionen beim Bedarf nach Heizöl führen.

CO<sub>2</sub>-Reduktionen erfolgen durch den Ersatz von Ölöfen durch Pellet-Heizungen und Wärmepumpen. Wärmekraft-Kopplung ist wichtig: Wo Erdgas verfeuert wird, soll es auch der Stromerzeugung dienen, geheizt wird dann mit Abwärme.

Die CO<sub>2</sub>-Bilanz der Schweiz verschlechtert sich durch den Einsatz von Wärmekraft-Kopplung nicht, im Gegenteil. Moderne Wärmepumpen weisen immer höhere Leistungsziffern<sup>3</sup> aus. Die Verminderung der Ölheizungen liefert die entscheidenden CO<sub>2</sub>-Reduktionen und ist für die KonsumentInnen kosteneffizient.

### **Stromerzeugung: die Entwicklung bis 2020 und danach**

Die Wasserkraft bleibt das Rückgrat der schweizerischen Stromversorgung. Sie kann durch Modernisierungen alter Turbinen und durch die Inbetriebnahme neuer oder revitalisierter Wasserkraftwerke noch gesteigert werden. Entscheidend dabei ist die stark verbesserte Wirtschaftlichkeit, seit die Marktpreise für Strom auf 8-15 Rp./kWh angestiegen sind. Sie wird die Modernisierung der Wasserkraftwerke wesentlich erleichtern und den Wasserkantonen Mehreinnahmen (höhere Wasserzinsen und geldwerte Heimfallrechte) verschaffen.

Dank neuer Technologien wird die Stromherkunft in Zukunft stärker diversifiziert als bisher. Bis zum **Jahr 2020** kann eine zusätzliche Stromerzeugung aus

- Kehricht
- Biogas
- Wärmekraft-Kopplung
- Wasserkraft
- Effizienzgewinnen aus einer Bestgeräte-Strategie
- Effizienzgewinnen durch Ersatz der Elektro-Widerstandsheizungen
- Windenergie, insbesondere Windstromimporte aus dem Ausland

sehr grosse Beiträge liefern. Auch die Geothermie ist wichtig, doch bleiben die Erfolge des Basler Tiefenwärme-Projekts abzuwarten, welches um das Jahr 2009 den Betrieb aufnehmen dürfte. Ist die Technik funktionstüchtig, wird der Weg frei für eine breite Nutzung in allen Bevölkerungszentren der Schweiz.

Ein Ersatz der bestehenden Atomkraftwerke ist selbst bei steigendem Stromverbrauch möglich. Ausländische Bezugsrechte aus Windenergie werden die französischen Strombezugsrechte aus Atomkraft ungefähr im Verhältnis 1:1 ersetzen. Diese Entwicklung ist bereits im Gang: Dank der guten Rentabilität der Windenergie werden europaweit immer neue Ausbaupläne lanciert. Früher oder später wird die Schweiz eine Vielzahl von Angeboten erhalten, Beteiligungen oder Bezugsrechte für

---

<sup>3</sup> Verhältnis von Wärmegewinnung zum Stromeinsatz.

Windstrom zu erwerben, um daraus wachsende Beiträge der Stromversorgung aus dieser zuverlässigen und kostensicheren Quelle abzudecken.

Schon rein kommerziell sind solche Geschäfte für die Schweiz hoch interessant, denn in vielen Gebieten Frankreichs, Spaniens und an der Nord- und Ostsee kann Windkraft zu Kosten von 7-10 Rp./kWh erzeugt und zu einem wesentlich höheren Preis verkauft werden. (Am 20. März 2006 steht der Swiss Electricity Price Index (SWEPI) bei 14,5 Rp./kWh.)

### Zwischen 2020 und 2040 werden

- Geothermie,
- Photovoltaik

noch stärker als bisher zulegen. Nach 2030 wird die dann wahrscheinlich voll konkurrenzfähige Photovoltaik ein schwergewichtiger Wirtschaftsfaktor sein. Stromerzeugende Bauteile (Dächer, Fassaden) und Niedrigenergiebauten können dann zu einem Gebäudebestand führen, der seinen Energieverbrauch vorwiegend aus der Gebäudehülle deckt. Voraussetzung dafür ist, dass der Staat diese Techniken durchgesetzt hat und angemessen honoriert (*was heute klar nicht der Fall ist, diese Techniken werden von der Atomlobby gezielt bekämpft*).

Die Geothermie in unterschiedlichen Formen (Wärme aus geringen Tiefen, Stromerzeugung aus tiefen Schichten) dürfte bis 2030 weltweit zu einem wichtigen Energieträger aufrücken. In der Schweiz ist die Geothermie jene einheimische Energiequelle mit dem grössten, noch weitgehend ungenutzten Potential.

Massenproduktion und technische Fortschritte verringern die Kosten aller erneuerbaren Techniken stetig. Zudem werden neue Hilfstechniken für die Bewirtschaftung der erneuerbaren Energien Einzug halten: bessere Batterien und Kondensatoren<sup>4</sup> (Stromspeicher mit sehr rascher Ladefähigkeit und geringeren Verlusten), eine stärkere Vernetzung der europäischen Stromerzeugung, der Bau von verlustarmen Gleichstromleitungen und ein europaweites Kapazitäts-Management für die Netzintegration von fluktuierenden erneuerbaren Energien. Diese Fortschritte ermöglichen dann in einem weiteren Schritt die Ablösung der vorläufig noch anwachsenden Erdgas-Nutzung und werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen weiter verringern.

### Veränderung der Zusammensetzung der Stromerzeugung

*Als „schweizerische Stromerzeugung“ werden in unserer Betrachtung alle Kraftwerke berücksichtigt, die sich in der Schweiz oder im Ausland befinden und (über Eigentum oder vertragliche Bezugsrechte) in der Verfügbarkeit von schweizerischen EntscheidungsträgerInnen stehen, die hier einen Versorgungsauftrag wahrnehmen.*

Die Schweiz betreibt seit Jahrzehnten einen florierenden Strom-Aussenhandel mit hohen Stromimporten aus einer Vielzahl von ausländischen Beteiligungen. Diese nuklearen und fossilen Kapazitäten dienen stets gleichermaßen dem Handel und der Verbesserung der Versorgungssicherheit der Schweiz.

In Zukunft wird die Windenergie im schweizerischen Strommix rasant Einzug halten: Bezugsrechte aus Windfarmen im benachbarten Ausland können die Reichweite der schweizerischen Wasserkraft bedeutend erhöhen, insbesondere dank der bestehenden Speicherseen. Die Diversifikation in Richtung Windenergie ist ein zuverlässiges Schutzpolster und eine Versicherung gegen wasserarme Jahre. Sie kann die Versorgungssicherheit besser gewährleisten als die bisherigen Nuklearbezüge aus Frankreich, denn mehrmonatige Betriebsunterbrüche im Gigawattbereich durch Unfälle, Wartungsarbeiten oder Trockenheiten (wie im Hitzesommer 2003) sind bei der Windenergie niemals zu erwarten.

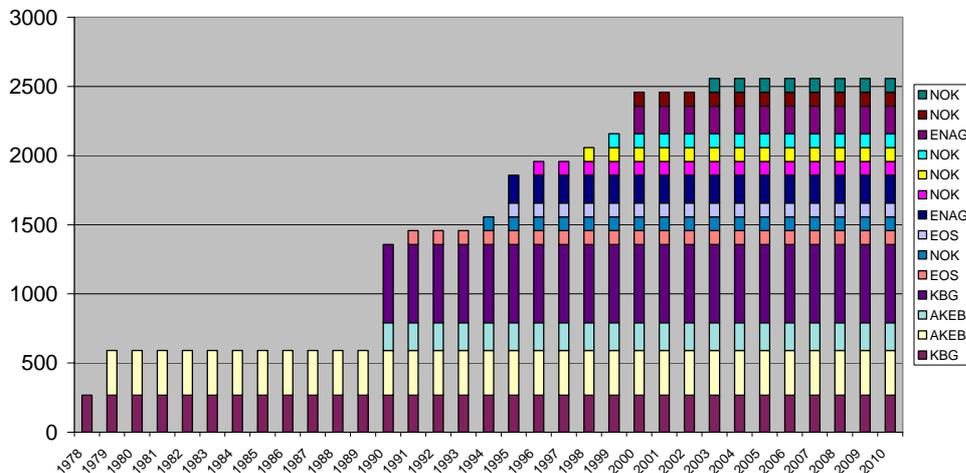
Dank der EU-Richtlinien über den Strombinnenmarkt sind die Durchleitungsrechte von Windfarmen aus EU-Gebieten auch für die Schweiz in Reichweite. Damit kann die Verfügbarkeit von Anlagen im Ausland zur Deckung des schweizerischen Bedarfs besser gesichert werden als bisher. Voraussetzung ist allerdings, dass die Schweiz ihr Verhältnis zur Europäischen Union klärt (im Stromversorgungsgesetz), vertraglich regelt und der EU Gegenrecht gewährt.

---

<sup>4</sup> Sog. Super-Capacitors

Die EU hat umgekehrt gegenüber der Schweiz ihre Erwartung ausgedrückt, dass der Anteil der erneuerbaren Energien am Stromverbrauch zu steigern sei, und zwar gleichwertig wie in der Europäischen Union.<sup>5</sup> Die EU-Politik deckt sich somit voll und ganz mit der Marschrichtung des vorliegenden Perspektivpapiers.

### Schweizer Beteiligungen und Bezugsrechte an französischen Atomkraftwerken (MW Leistung)



**Abbildung 3: Schweizer Atom-Beteiligungen in Frankreich<sup>6</sup>**

Die Schweiz hat in der Vergangenheit im Ausland vorwiegend in Atomenergie investiert. Dies dürfte sich mit der starken Expansion der Windenergie in Zukunft ändern.

<sup>5</sup> Gemäss Rahmenrichtlinie soll der Anteil der erneuerbaren Energien in der Europäischen Union von 1997 bis zum Jahre 2010 von 13,9 auf 22 % ansteigen. Die Schweiz kommt diesem Wunsch nur sehr halbherzig nach: Im Stromversorgungsgesetz ist vorgesehen, dass die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien um 5'400 GWh erhöht wird. Wächst der Stromverbrauch weiter wie bisher, ist ein Absinken des Anteils der erneuerbaren Energien nicht zu verhindern. Wie immer in den letzten 30 Jahren wurde der Ausbau der erneuerbaren Energien durch die im Parlament stark vertretene Atomlobby verhindert.

<sup>6</sup> Inoffizielle Angaben BFE (Stand 2002).

Am 12. Oktober 2004 kündigte die Axpo den Einkauf von Wind-Beteiligungen von „über 1'000 MW“ in Norwegen an. Es folgten Zukäufe in Italien und Deutschland durch weitere Schweizer Investoren. Damit ist die Ablösung der alten Atomverträge durch Windenergie eingeläutet.<sup>7</sup>

Stromerzeugung wird stärker diversifiziert

## Anteile an der Schweizer Stromerzeugung

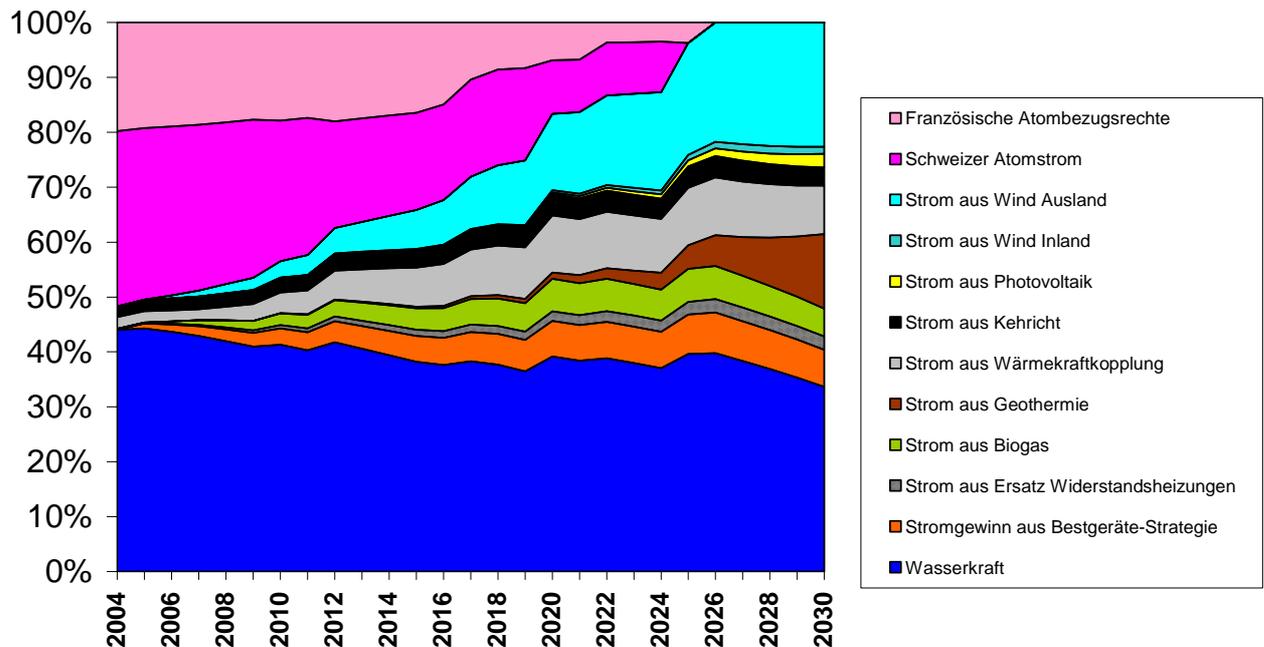


Abbildung 4: Zusammensetzung der schweizerischen Stromerzeugung (inkl. Bezugsrechte im Ausland)

Bis zum Jahr 2030 ist eine **Diversifikation der Stromerzeugung** zu erwarten. An die Stelle des Tandems Wasserkraft/Atomenergie tritt eine Vielzahl neuer Techniken, zu denen auch Effizienzgewinne (im Sinne eines systematisch zu erschliessenden Potentials) gezählt werden.

Die Hauptbeiträge leisten in Zukunft neben der Wasserkraft die Biomasse, Geothermie und Windenergie (inkl. Bezüge aus Schweizer Windfarmen im Ausland).

Der Beitrag der Solarenergie wird hier sehr vorsichtig eingeschätzt. Denkbar ist aber, dass sich die Photovoltaik bei sinkenden Kosten stark beschleunigt ausweitet, wenn die Akzeptanz der Elektrizitätswirtschaft steigt. Dies ist in erster Linie eine Frage der Rahmenbedingungen (Einspeisevergütungen) und der Kostensenkung durch neue Produktionsverfahren. Wir belassen hier die Photovoltaik auf tiefem Niveau, weil wir den populären „Horrorszenarien“ der Atomlobby keinen Auftrieb geben wollen, die die erneuerbaren Energien fälschlicherweise mit hohen Kosten gleichsetzt und die eigenen erhaltenen Quersubventionen (10-20 Milliarden Franken vom Bund und aus alten abgeschriebenen Wasserkraftwerken) stets unterschlägt. *(Zu den Kosten der erneuerbaren Energien vgl. Kapitel 6.)*

<sup>7</sup> In den Grundlagenpapieren der Axpo wird der Ausbau der erneuerbaren Energien oder die Möglichkeit von Windstromimporten allerdings nicht akzeptiert. Dort ist die Rede davon, es gebe nur den Import von Strom aus Kohle, Atomenergie oder Erdgas. Von Windenergie reden die Axpo-Exponenten nur, wenn es darum geht, neue Pumpspeicherwerke anzupreisen.

## 2. Beiträge der erneuerbaren Energien

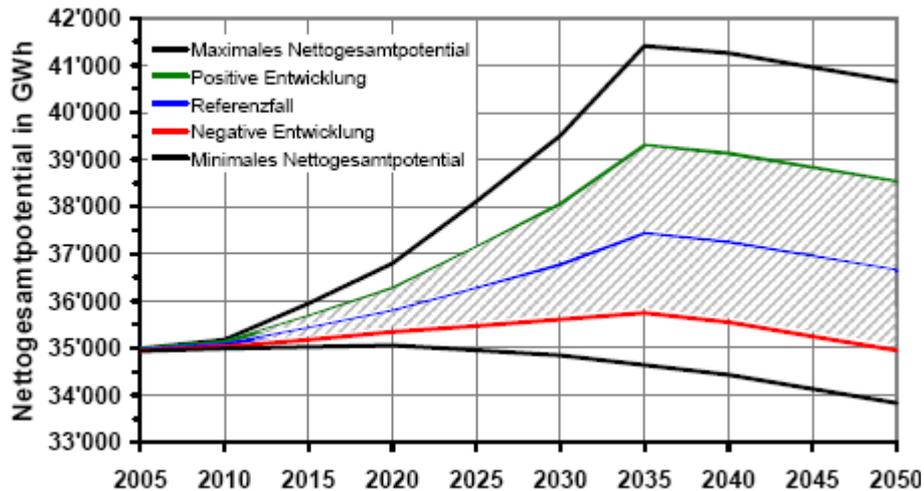
### Strom aus Wasserkraft

<b>Tabelle 1 Stromerzeugung aus Wasserkraft</b>	
Stromerzeugung Mittelwert 1995-2004	36'319 GWh
Leistung 2004	13'330 MW <sub>e</sub>
Zunahme bis 2020	+1'033 GWh
Voraussichtliche Stromerzeugung 2020	37'276 GWh
Quellen	Schätzung: „Referenz-Entwicklung“, aus: Bundesamt für Energie: Ausbaupotential der Wasserkraft. Bern, November 2004, Seite 88. siehe auch: <a href="http://www.smallhydro.ch">www.smallhydro.ch</a>

Bei der Wasserkraft spielen mehrere, teilweise gegenläufige Entwicklungen, eine Rolle:

- Die Erneuerung von bestehenden Wasserkraftwerken führt zu Produktionssteigerungen (z.B. Verdreifachung der Stromerzeugung im Kraftwerk Rheinfelden).
- Die Restwassermengen müssen erhöht werden, was die Produktion reduziert.
- Eine Vielzahl neuer Kleinwasserkraftwerke (inkl. Trink- und Abwasser-Kraftwerke) führt zu einer Steigerung der Stromerzeugung und kann die Fischgängigkeit mancher Gewässer (mit heute geschlossenen Wehren) verbessern oder verschlechtern. Es wird hier unterstellt, dass eine kleine Anzahl von neuen Laufkraftwerken gebaut wird (z.B. am Oberlauf der Rhone), dies unter Einhaltung der Gewässerschutzbestimmungen. Das Ausmass dieses Ausbaus dürfte allerdings sehr umstritten sein. Verschiedene Projekte für neue Kleinkraftwerke werden von Naturschutzorganisationen bekämpft, weil es die vielen kleinen Wasserkraftwerke sind, die in ihrer Summe die Gewässerlebensräume beeinträchtigen. Wo neue Eingriffe vorgenommen werden, sollte es deshalb gleichwertige Ausgleichsmassnahmen geben.
- Kleinkraftwerke in Auen von nationaler Bedeutung müssen zurückgebaut werden.
- Die Verfügbarkeit von neuen erneuerbaren Energien wird dank der Schweizer Speicherkraftwerke stark verbessert werden. Die Schonung der Wasserspeicher in windstarken Zeiten und die Nutzung von Wasserkraft während einer Flaute können die Netzintegration der Windenergie erleichtern und die Verfügbarkeit der Wasserkraft gleichermaßen erhöhen.
- Pumpspeicherung senkt die verfügbare Stromerzeugung, verbessert aber die Integration von (einheimischer und importierter) fluktuierender Wind- und Solarenergie. Ein Ausbau der Pumpspeicherung ist aber nicht per se ökologisch verträglich. **Bezüglich Herkunft des Stroms, der Qualität der Zuleitung, der Art der Pumpspeicher (Umlaufwerke) und der Schutzvorkehrungen für die Gewässer müssen hohe Anforderungen gestellt werden.** Zudem wird eine Regulierung der fluktuierenden Windenergie nicht allein durch Pumpspeicherung erfolgen, sondern durch einen Mix von Massnahmen wie verbesserte Interkonnexion, variable Tarifierung (nach Verfügbarkeit des Stroms), alternative Speicherung (Luftdruck-, Batterie-, Schwungrad- und Wärmespeicherung) sowie flexiblere fossile Kraftwerke (Gasturbinen) anstelle von Kohlekraftwerken.

Die Erhaltung der Wasserkraft ist in der Schweiz weitgehend unbestritten. Die Schutzbestimmungen zugunsten der Fliessgewässer stehen allerdings unter Druck.



**Abbildung 5: Szenarien für den Ausbau der Wasserkraft in der Schweiz, Quelle: Bundesamt für Energie (BFE)<sup>8</sup>**

Ziel sollte sein, die Revitalisierung der Schweizer Gewässer nicht länger zu verzögern und bei der Bewirtschaftung bestehender Speicherbecken jene Optionen zu realisieren, die gleichermassen die Wertschöpfung erhöhen (dank Leistungserhöhungen) und die Eingriffe in den Wasserhaushalt minimieren (dank Regulierung von Schwall und Sunk). Dies ist technisch möglich, doch fehlt offensichtlich der politische Wille, die Anliegen nach höherer Wertschöpfung im Berggebiet mit den Ansprüchen an den Naturschutz (Bewirtschaftung von Ausgleichsbecken) zu verknüpfen.

Die Schätzungen betreffend Wasserkraft-Potentialen sind umstritten. Insbesondere lässt sich heute schwer abschätzen, wie sehr die Erneuerung alter Anlagen zu Effizienzgewinnen führt und in welchem Ausmass diese durch Produktionseinbussen wegen höherer Restwassermengen vermindert werden.

Anlässlich der Beratungen des Ständerates wurden die Zubaumengen an Wasserkraft bis zum Jahre 2030 neu geschätzt: Durch die Ausdehnung des Rechtsanspruchs auf Einspeisevergütungen von 1 MW (bisheriger Art. 7 Energiegesetz) auf 10 MW erhöhen sich die Zubauchancen für die Wasserkraft erheblich. Die dadurch mögliche Zusatzproduktion wird – allein für diesen Leistungsbereich – auf 2'300 GWh veranschlagt. Die technischen Zubaupotenziale für Wasserkraft über 10 MW betragen noch einmal rund 1'000 GWh.<sup>9</sup>

Trotz Minderproduktion durch erhöhte Restwassermengen kann bei den grossen Laufwasserkraftwerken aufgrund von Sanierungen und Modernisierungen der Anlagen ein leicht positiver Saldo erwartet werden, nicht zuletzt dank technischem Fortschritt im Anlagen- und Turbinenbau. Allein im Kraftwerk Rheinfelden wird sich die Stromerzeugung dank neuer Turbinen mehr als verdreifachen.

Wir unterstellen hier trotzdem sehr vorsichtig, dass mit Einspeisevergütungen und Modernisierungen bestehender Anlagen nur ein Mehrertrag in der Grössenordnung der vom BFE postulierten „Referenz-Entwicklung“ (+ 1'100 GWh) möglich ist, weil ein Grossteil der Brutto-Gewinne (3'437 GWh bis 2035) durch die Revitalisierung der Gewässer wieder wegfällt.

Auch eine Anhebung der Wasserzinsen wird wieder diskutiert. Dieses Anliegen deckt sich mit der Politik der SP, wonach die Gebirgskantone angemessen zu entschädigen sind. Als „flankierende Massnahme“ müssen allerdings durchgesetzt werden:

- Umsetzung der geltenden Restwasserbestimmungen für Fließgewässer, inkl. Verbesserung der Bestimmungen zur Regulierung von Schwall und Sunk.
- Neuanlagen zur Pumpspeicherung

<sup>8</sup> Bundesamt für Energie, BFE: Ausbaupotential der Wasserkraft, Bern, November 2004.

<sup>9</sup> Angaben BFE: Unterlagen der UREK-S vom 3./4. April 2006, 04.083 n Stromversorgungsgesetz (StromVG) und Änderung Elektrizitätsgesetz (EleG), Stellungnahmen des Bundesamtes für Energie (BFE), Seite 11.

- nur im Rahmen einer zeitlich, technisch und gesetzlich geklärten Umstellung der Stromerzeugung auf erneuerbare Energien (Atomausstieg, systematisch steigende Marktanteile der erneuerbaren Energien im In- und Ausland),
  - nur in Form von Umlaufwerken, unter vorwiegender Nutzung der bereits bestehenden Speicherbecken,
  - ohne Belastung der Fließgewässer,
  - nicht in Naturschutzgebieten.
- Qualifizierte Ausgleichsmaßnahmen im Konsens mit den Umweltorganisationen für den Fall, dass neue Speicherbecken bewilligt werden müssen.
  - Sanierung des Stromnetzes hinsichtlich landschaftlicher Eingriffe und Elektromog, Zu- und Abtransport via Kabel.
  - Einführung einer Pumpspeicherabgabe, differenziert nach Stromherkunft:
    - steigende Abgaben für Strom aus nichterneuerbaren Energien,
    - fixe Abgabe für Pumpstrom aus erneuerbaren Energien.

Diese Abgabe wäre nach einem gesetzlichen Verteiler zu verwenden a) teilweise für die ansässige Bevölkerung, b) für die ökologische Verträglichkeit der Wasserkraftnutzung (Investitionsbeihilfen) sowie c) für eine Modernisierung und Verbilligung der Netze, inkl. Finanzierung von Erdkabel in sensiblen Zonen und Verbesserung der Netzsicherheit.

## Strom aus Kehricht

<b>Tabelle 2 Annahmen Stromerzeugung aus Kehricht</b>	
Stromerzeugung 2004	1'538 GWh
Leistung 2004 <sup>10</sup>	260 MW <sub>e</sub>
Zunahme bis 2020	+ 2'000 GWh
Voraussichtliche Stromerzeugung 2020	3'538 GWh
Quellenangaben	Verband der BetriebsleiterInnen und BetreiberInnen Schweizerischer Abfallbehandlungsanlagen (VBSA): Strom aus Abfall: weit mehr ist möglich. Information für die Medien, Bern, 29. Juni 2005.

Das realisierbare Potential der Stromerzeugung aus Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA) ist abhängig von einer Regelung der Einspeisevergütungen.<sup>11</sup>

Mit der Neuregelung im Stromversorgungsgesetz, welche neu kostendeckende Einspeisevergütungen auch für KVA ermöglicht, ergeben sich erhebliche neue Marktchancen für die zusätzliche Stromerzeugung aus KVA.

Die bestehenden KVA produzieren weit weniger Strom, als sie produzieren könnten, selbst dort wo bereits eine Stromerzeugung besteht. Der Verband der BetriebsleiterInnen und BetreiberInnen Schweizerischer Abfallbehandlungsanlagen (VBSA) argumentiert im Wesentlichen mit zwei Elementen, welche die Produktion massgeblich erhöhen könnten:

- Nutzung von bisher ungenutzter Wärme für die Stromerzeugung,
- Verbesserung der Wirkungsgrade der Generatoren.

Auch die Abwärmenutzung aus KVA könnte ungefähr verdoppelt werden, was bei steigenden Ölpreisen auch ökonomisch interessant ist.

---

<sup>10</sup> Inkl. WKK in KVA.

<sup>11</sup> Bisher werden die biogenen Abfälle vom Bundesrat nicht als erneuerbare Energien anerkannt. In der Statistik des BFE über die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien wurden sie jedoch als „grösster Beitrag“ an die Ziele von EnergieSchweiz ausgewiesen(!).

## Strom aus Biomasse

<b>Tabelle 3 Stromerzeugung aus Biomasse</b>	
Stromerzeugung 2004	148 GWh
Zunahme bis 2020	5'450 GWh
Voraussichtliche Stromerzeugung 2020	5'600 GWh
Quellen	BFE-Bericht: „Potentiale zur energetischen Nutzung von Biomasse in der Schweiz“. Dezember 2004. <a href="http://www.biomasseenergie.ch">www.biomasseenergie.ch</a> <a href="http://www.fws.ch">www.fws.ch</a> <a href="http://www.holzenergie.ch">www.holzenergie.ch</a>

Die Stromerzeugung aus Biomasse wird schon kurzfristig eine starke Steigerung erfahren, wenn die kostendeckende Vergütung im Stromversorgungsgesetz eingeführt wird. Sie kann – gemessen am Verbrauch von 2004 – rund 10% des schweizerischen Strombedarfs<sup>12</sup> beisteuern.

Biomasseart	Ökologisches Potenzial 2040 PJ/a	Davon max. geeignet für Produktion von					
		Wärme		Strom		Treibstoffe	
		%	PJ/a	%	PJ/a	%	PJ/a
a Waldholz, Feldgehölze	49	100%	49	100%	49	100%	49
b Ackerkulturen, Kunstwiesen, Energiepflanzen	9	10%	1	100%	9	100%	9
c Wiesland	5	0%	0	100%	5	100%	5
d Ernterückstände, Gülle, Mist	23	25%	6	100%	23	50%	12
e, f Strukturreiche Biomasse aus Uferböschungen, Naturschutz- und	1	0%	0	100%	1	100%	1
g Altholz	8	100%	8	100%	8	0%	0
h Restholz	5	100%	5	100%	5	100%	5
i Abfälle aus Industrie, Gewerbe und Haushalte	27	25%	7	100%	27	50%	14
	<b>127</b>		<b>75</b>		<b>127</b>		<b>94</b>
<b>In Bezug auf das ökologische Gesamtpotenzial maximal nutzbar</b>		<b>59%</b>		<b>100%</b>		<b>74%</b>	

**Abbildung 6: einheimische Primärenergien aus Biomasse (BFE)**

Es ist denkbar, dass damit noch nicht das ganze Potential der Biomasse erfasst ist, insbesondere nicht die gesamte Holzverstromung, die z.B. in Österreich stark expandiert, oder die Nutzung neuer Techniken (Organic Rankine Cycle (ORC) oder Stirling). Als Arbeitshypothese wird hier mit einer linearen Erschliessung des Nutzungspotentials im Umfang von 5,6 TWh Elektrizität gerechnet.

Damit bleiben sechs Siebtel der Biomasse der Wärme- bzw. Abwärmeerzeugung oder der Treibstoffgewinnung (z.B. aus Biogas) vorbehalten.

<sup>12</sup> Im BFE-Bericht „Potentiale zur energetischen Nutzung von Biomasse in der Schweiz“ (Dezember 2004) wird zur Biogas- und Holzverstromung festgehalten:

„Unter dem neuen Stromversorgungsgesetz (siehe Vernehmlassung) soll der Anteil der neuen erneuerbaren Energien bis 2035 auf 10% des gesamten Elektrizitätsverbrauchs, d.h. ca. 5.6 TWh oder rund 20 PJ, gesteigert werden. Bei dem geschätzten Nutzungspotenzial von 20 PJ könnten somit 100% dieses Zielwerts durch die Erzeugung von Strom aus Biogas- und Holzvergasungsanlagen erbracht werden.“ (BFE-Bericht „Potentiale zur energetischen Nutzung von Biomasse in der Schweiz“, Dezember 2004, S. 205).

## Strom aus Windenergie

### Windenergie im Inland

<b>Tabelle 4 Stromerzeugung aus Windenergie Inland</b>	
Stromerzeugung 2004	6,3 GWh
Leistung 2004 (Jahresende)	8,7 MW <sub>e</sub>
Zunahme Leistung bis 2020	355 MW
Voraussichtliche Stromerzeugung 2020	608 GWh
Anzahl Turbinen Schweiz	138
Mittlere Anlagengrösse	2,5 MW
Quelle	Eigene Schätzung

Bei der Windenergie in der Schweiz wird mit einem massvollen Ausbau bis auf 355 MW gerechnet. Es werden grosse Anlagen (2-5 MW) eingesetzt, weil diese wegen der kleinen Stückzahlen das Landschaftsbild am wenigsten beeinträchtigen und weil ihre Produktivität sehr hoch ist (eine 3-MW-Turbine kann fünf bis zehn kleinere Dörfer versorgen).

Ein grosser Teil des Windausbau wird erst nach 2020 erfolgen, weil bis dann die Kosten der Windenergie weiter gefallen sein werden und die Standortgemeinden mit hohen Einnahmen rechnen dürfen, wie beim Wasserzins. Die wirtschaftliche Attraktivität der Windenergie erhöht weltweit das Interesse potentieller Standortgemeinden, die die Windenergie als Einkommensquelle schätzen lernen.

Es ist selbstverständlich, dass Windkraftanlagen nicht in Naturschutzgebieten und nicht gegen den Willen der ansässigen Bevölkerung erstellt werden sollen. Die Zahl der Turbinen soll bis 2020 bloss auf 138 und bis 2030 auf 362 anwachsen. Dies bedeutet pro Kanton bis 2030 im Durchschnitt 14 Windturbinen, wobei die grossen Kantone (Bern, Waadt, Wallis, Graubünden) etwas mehr Turbinen aufweisen werden als kleine und städtische Kantone.

In der SP gibt es Stimmen, die einen schnelleren und stärkeren Ausbau der Windenergie begrüessen würden. Die Nebenwirkungen der Windenergie sind in der Tat minimal, verglichen mit den Emissionen und Risiken der konventionellen Stromerzeugung, und die Ästhetik ist bekanntlich eine Geschmacksfrage. Politisch erleichtert werden könnte der Ausbau der Windenergie durch einen gewissen „Abtausch“ landschaftlicher Eingriffe. In der Schweiz werden insgesamt 1 Million Strommasten gezählt.<sup>13</sup> Moderne Technik macht es möglich, die Verteil- und Übertragungsnetze via Erdkabel unsichtbar zu verlegen. Werden Strommasten abgeräumt, könnte dies die Akzeptanz für eine gewisse Anzahl Windkraftwerke verbessern. Insgesamt könnten das Landschaftsbild und die Netzinfrastruktur der Schweiz qualitativ auf ein völlig neues Niveau gebracht werden. Allerdings zeigt die Elektrizitätswirtschaft, welche bisher die Netze kontrolliert und stets auf Atomenergie setzte, keinerlei Interesse an einer solchen Gesamtoptimierung. Die Arroganz vieler dieser Strombarone ist sprichwörtlich.

Solange die Windenergie aus Gründen des (echten oder vorgeschobenen) Landschaftsschutzes auf Ablehnung stösst, ist es wahrscheinlich, dass sich die Investitionen auf dünner besiedelte Gebiete im europäischen Ausland konzentrieren werden. *(Will man diese Selbstblockade der Schweiz beenden, müsste die Elektrizitätswirtschaft ihr Interesse an einer Deblockierung der Situation kund tun. Solange sie auf eine imaginierte Atomrenaissance setzt, wird sie in Zukunft nichts dazu beitragen, die Interessenkonflikte produktiv zu lösen.)*

---

<sup>13</sup> Angaben Starkstrominspektorat.

## Beteiligungen und Bezugsrechte an Windenergie im Ausland

<b>Tabelle 5 Bezugsrechte Windenergie aus dem Ausland</b>	
Stromerzeugung 2004	6 GWh
Leistung 2004	Ca.20 MW
Zunahme Leistung bis 2020	4'336 MW
Voraussichtliche Stromerzeugung 2020	13'136 GWh
Anzahl Turbinen Schweiz	1135
Mittlere Anlagengrösse	3,8 MW
Quelle	Eigene Schätzung

Im Jahre 2004 besaßen die Schweizer Firmen Rätia Energie AG und die Adev Windkraft AG bereits Beteiligungen an Windfarmen im Ausland (ca. 15 MW in Italien und Deutschland). Die Axpo-Tochter EGL hat im Oktober 2004 eine Beteiligung in Norwegen („über 1000 MW“) bekannt gegeben. Das Interesse an der Windenergie nimmt selbst bei den Betreibern von Atomkraftwerken zu.

Unbesehen der schweizerischen Versorgungsstrategie sind Windenergie-Beteiligungen im Ausland finanziell interessant, weil die Preisdifferenzen auf dem Strommarkt im Tauschgeschäft mit Wasserkraft kommerziell hohe Gewinne versprechen. Die Windenergie wird deshalb, so die Prognose, aus **rein kommerziellen Überlegungen** bei allen grossen Schweizer Stromkonzernen Einzug halten.

Abbildung 7: Entwicklung der Windenergie weltweit

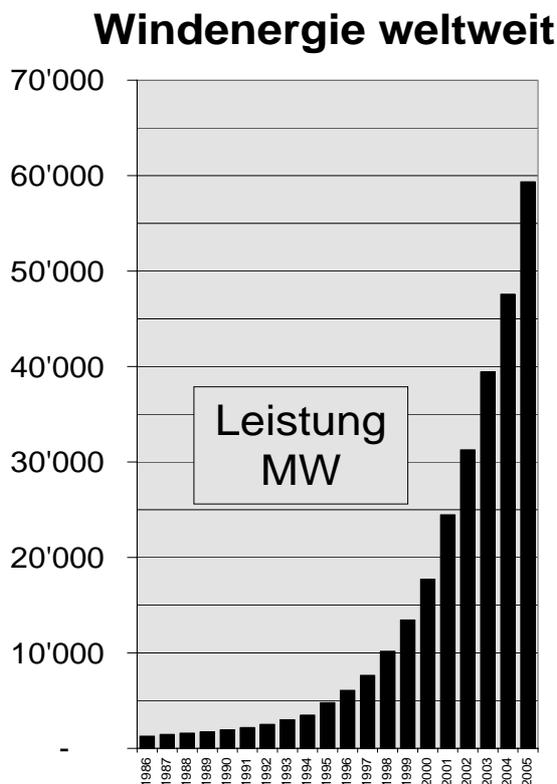
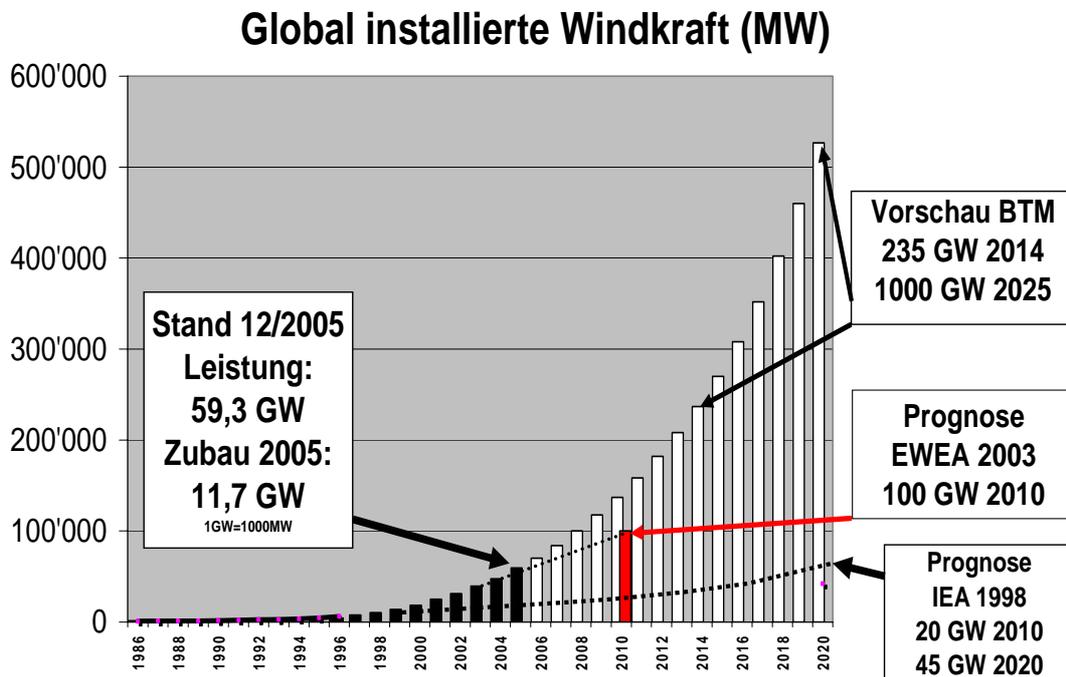


Abbildung 8: Zukunftsperspektiven der Windenergie global



Die Windenergie weist weltweit seit über zehn Jahren eine konstant exponentiell wachsende Nutzung auf. Durch die ansteigenden Preise der konventionellen Primärenergien (Erdgas, Kohle, Uran) könnte sich dieses Wachstum in den nächsten Jahren noch beschleunigen.

**Weltweit gehen zur Zeit jeden Monat über 1'000 MW Windenergie ans Netz.** In Kilowatt (Leistung) entspricht dies monatlich einem neuen AKW Gösgen, in Kilowattstunden (Produktion) wird damit monatlich ein Atomreaktor, ca. Grösse Beznau (300 MW), ersetzt (Kapazitätsfaktor 0,3).

Die dänische Firma BTM Consult, renommiertester Marktanalyst der Branche, rechnet mit einer Vervierfachung der globalen Windkraft auf 235'000 MW bis zum Jahr 2014 (Bild). Dann werden Windturbinen in Europa 50 AKWs ersetzt haben.

Folgende Gründe für den Erfolg der Windenergie sind von Bedeutung und mögen den auch in Zukunft steil wachsenden Stellenwert der Windenergie erklären:

- Neue Windturbinen sind mit Investitionskosten von rund 1 € pro Watt wesentlich billiger als neue Atomenergie oder neue Kohlekraftwerke (mit und ohne CO<sub>2</sub>-Sequestrierung).
- Es gibt keine Brennstoffkosten oder Kostenrisiken.
- Die Bauzeiten sind kurz (0,1-1 Jahr), wenn die Bewilligungen vorliegen.
- Die Potentiale sind auf allen Kontinenten sehr gross (ca. 40-100 Mal der aktuelle Stromverbrauch). Jeder Kontinent besitzt ein Vielfaches an Windressourcen zur Deckung des Eigenverbrauchs.
- Durch den Anstieg der Öl- und Gaspreise und durch die fortgesetzte Verbesserung der Turbinentechnik verstärkt sich der Kostenvorteil der Windenergie stetig weiter. Dies erleichtert die Nutzung in Schwachwindgebieten und in Offshore-Zonen. Bis 2020 dürften die Investitionskosten dank Massenproduktion real auf rund 0,6 €/kWh absinken.<sup>14</sup> Damit ist die Technik kostengünstig fast nicht mehr zu schlagen.
- An guten Lagen ist Windenergie inzwischen zur **günstigsten verfügbaren Technik** mutiert. Dadurch ist – trotz rasch wachsendem Angebot an Neuanlagen (2005: + 43% !) – eine Verknappung von Turbinen eingetreten (Verkäufermarkt), während früher stets eine Knappheit an Investoren bestand.
- Windenergie wird wegen der hohen Wirtschaftlichkeit für viele dünn besiedelte Regionen eine wichtige Einkommensquelle. Die tieferen Kosten der Stromerzeugung an windstarken Lagen rechtfertigen auch die Kosten von Übertragungsnetzen über grosse Strecken in die Zentren. Selbst bei Transportstrecken von über 1'000 km sind Netzkosten und Netzverluste nicht dominant (<10%).<sup>15</sup>

<sup>14</sup> EWEA: Wind Force 12, Brüssel 2004 <http://www.ewea.org/03publications/WindForce12.htm>

<sup>15</sup> Dipl. Phys. Gregor Czisch (ISET): Least-Cost European/Transeuropean Electricity Supply Entirely with Renewable Energies, <http://www.iset.uni-kassel.de/abt/w3-w/projekte/Eur-TransEurEISup.pdf>

- Umweltrisiken bestehen bei umsichtiger Raumplanung kaum.

Auch die Schweizer Elektrizitätswirtschaft wird dank neuer Verträge mit der EU das Recht auf Netzzugang (Third Party Access) auf dem Binnenmarkt erwerben, d.h. sie kann Strom importieren und exportieren wie bisher, aber ihr Einzugsgebiet ist nicht mehr auf wenige Vertragsstrecken nach Frankreich beschränkt.

Eine Ausweitung der Netzkapazitäten in der Europäischen Union steht in Planung und gehört zu den zentralen Strategien des jüngst veröffentlichten Grünbuchs zur zukünftigen Energieversorgung.<sup>16</sup> Auch die UCTE (Union für die Koordination des Transports elektrischer Energie), in der die Schweiz Mitglied ist, hat entsprechende Vorschläge formuliert.<sup>17</sup>

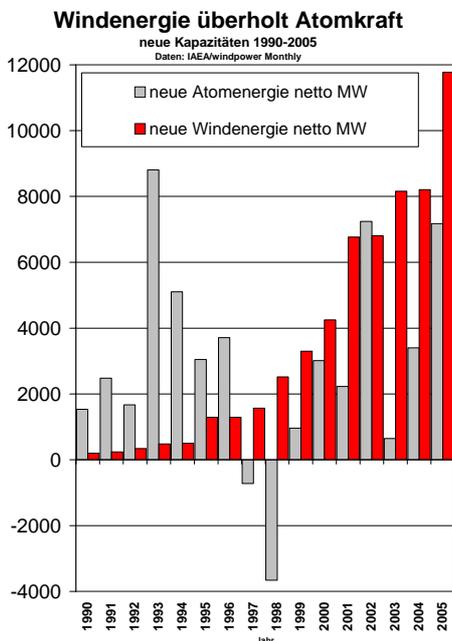
Einige Systemerfordernisse für eine hohe Durchdringung des Marktes mit Windenergie sind heute noch nicht erfüllt. Es geht dabei um die Erschliessung peripherer Lagen, die Verstärkung der transnationalen Stromnetze und um den Ausbau von Speicherkapazitäten und Spitzenstromkraftwerken (Gasturbinen) für windschwache Perioden sowie um die Massenfabrikation von sehr grossen Windturbinen (5-10 MW), die heute in der Testphase stehen.

Die meisten Netzbeziehungen zu Lande bestehen jedoch und müssen lediglich punkto Leistung verstärkt werden.

Technologische Fortschritte erlauben es, die Übertragungsleitungen in dicht besiedelten oder landschaftlich besonders schützenswerten Gebieten unterirdisch zu erstellen. Damit einhergehend können auch erhebliche Energieeinsparungen realisiert werden, weil die Netzverluste in Gleichstromkabeln tiefer sind als bei Wechselstrom.

Mit Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungsleitungen (HGÜ-Linien; HVDC High Voltage Direct Current) ist der Stromtransport über grosse Distanzen zu geringen Kosten (<250 Mio. Fr./GW/1'000 km) möglich, und dies bei geringen Verlusten (<4%/1'000km).<sup>18</sup> Die Firma ABB gehört zu den wichtigsten HerstellerInnen solcher Leitungen. Eine Reihe von unterirdisch zu verlegenden HGÜ-Linien ist in der Schweiz in Planung (z.B. Sils (Domleschg)-Lombardei in der bestehenden Ölpipeline).

Windkraft braucht Regelenergie und starke Netze. Der Nutzungsdruck auf die Alpen wird deshalb in Zukunft eher wachsen. Die Schweiz besitzt dank der Höhendifferenzen und der Stauseen in den Alpen einen natürlichen Standortvorteil, im Ausmass unvergleichbar mit den übrigen Ländern Europas (Ausnahme Norwegen). Die grossen Saisonspeicherseen werden schon heute vermehrt als Tages- und Wochenspeicher betrieben.



Im Jahr 2005 gingen 11'769 Megawatt Windenergie neu ans Netz, 43 % mehr als im Vorjahr.  
Der Bestand an Windkraftwerken verdoppelt sich weltweit alle drei Jahre.  
Im Durchschnitt der letzten 15 Jahre gingen weltweit nur noch 2'915 MW Atomkraft zusätzlich ans Netz, bei der Windenergie werden es bald 25'000 MW pro Jahr sein (Schätzung 2008-2010).

<sup>16</sup> GRÜNBUCH: Eine europäische Strategie für nachhaltige, wettbewerbsfähige und sichere Energie (SEK(2006) 317) KOM(2006) 105 endgültig.

<sup>17</sup> UCTE: Seven Actions for a Successful Integration of Wind Power into European Electricity Systems, May 2005.

<sup>18</sup> Dipl. Phys. Gregor Czisch (ISET): Least-Cost European/Trans-European Electricity Supply Entirely with Renewable Energies, <http://www.iset.uni-kassel.de/abt/w3-w/projekte/Eur-TransEurEISup.pdf>

## Bedeutung für Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit, Ökologie

Für die Schweiz ist die Windenergie kommerziell sehr interessant, weil sich die fluktuierende Windenergie dank der Stauseen zu Spitzenstrom veredeln lässt.

- Immer wenn der Wind (im In- und Ausland) weht, wird die Wasserentnahme aus den Stauseen gedrosselt. Importe aus Windenergie decken dann einen Teil des Schweizer Bedarfs und erhöhen die Speicherreserven.
- Umgekehrt erfolgt eine verstärkte Nutzung der Speicherseen zu Spitzenzeiten, was preislich besonders interessant ist. Fallen die Spitzenverbräuche mit einer Windflaute zusammen, ist auch der Export kommerziell lukrativ.
- Diese Vorteile funktionieren in einem gewissen Umfang **ohne jegliche Pumpspeicherung**. Das Wasser in den bestehenden Stauseen bleibt einfach länger drin und wird konzentrierter genutzt. Erforderlich für eine solche Strategie ohne zusätzliches Pumpen ist aber die Bereitstellung ausreichender Kapazitäten (Hochdruckleitungen, Turbinenkapazitäten) sowie die Beherrschung der Schwall-Sunk-Problematik (unterliegende Ausgleichsbecken).
- Ergänzend dazu kommen die Möglichkeiten der Pumpspeicherung: billiger Nacht- und Sonntagswind pumpt Wasser hinauf, an Tagesspitzenzeiten wird das Wasser wieder turbiniert. Die kontinentale Marktdurchdringung von Windenergie lässt sich dadurch wesentlich erhöhen.

Erfolgt dieser Betrieb mit erneuerbaren Energien und **zwischen bestehenden Stauseen und Ausgleichsbecken in Umlaufkraftwerken**, ist nicht mit negativen ökologischen Auswirkungen zu rechnen, denn die sensiblen Fließgewässer bleiben unberührt. Die bessere Verwertung der Stauseen könnte die Stromerzeuger wirtschaftlich in die Lage versetzen, die geltenden Restwasserbestimmungen eher zu respektieren, denn kommerziell hat das Restwasserpotential in einem solchen Nutzungsmodell nur eine geringe Bedeutung.

Beachtung verdient die Schwall- und Sunk-Problematik. Wo sich das turbinierte Wasser während kürzerer Nutzungszeiten in grossen Mengen nach unten ergiesst, werden die Lebensbedingungen der Wasserfauna schwer gestört. Unabhängig vom Ausmass der Pumpaktivitäten ist deshalb die **Schaffung von unterliegenden Ausgleichsbecken** in Betracht zu ziehen. Kann das turbinierte Wasser aufgefangen werden, steht es für eine erneute Nutzung (Pumpung) zu Verfügung oder es gelingt eine dosierte Ableitung, welche die Fauna schont.

## Klare Haltung gegenüber der Elektrizitätswirtschaft

Eine Neuausrichtung der schweizerischen Wasserkraft erfordert zusätzliche Investitionen und mehr Respekt gegenüber gesetzlichen Regelungen. Werden diese Regeln respektiert, kann eine ökologische Gesamtverbesserung resultieren:

- Die Nutzung der Windenergie im Ausland schafft zusätzliche Handlungsspielräume,
- ersetzt fossile und atomare Energieträger,
- erhöht die Sicherheit der Versorgung und
- führt zu wertvollen Zusatzerträgen.

Dies funktioniert weitgehend ohne Vergrößerung der Speicherbecken, aber mit einer Erhöhung der Leistung. Diese kann in grossem Ausmass mit bestehenden Speicherbecken erreicht werden, denn die schweizerischen Speicherbecken wurden für eine saisonale Umlagerung von Strom angelegt, die Bedürfnisse verlagern sich jedoch hin zum Tages- und Wochengeschäft. Erforderlich dafür sind die punktuelle (unterirdische) Verstärkung der Druckleitungen und der Kraftwerksleistungen. Auch die Einhaltung der Restwasserbestimmungen und die Steuerung der Schwall-Sunk-Problematik scheinen in einem solchen Modell nicht unlösbar, vorausgesetzt es besteht eine Bereitschaft zu Konsens und Respekt naturschützerischer Anliegen (der heute bei den Kraftwerksgesellschaften kaum zu erkennen ist). Manche Stromkonzerne planen gleich mehrere neue Pumpspeicherwerke, ohne sich um ökologische Begleitmassnahmen zu kümmern. Die Axpo argumentiert beim Ausbau der Pumpspeicher explizit mit dem im Ausland vorangetriebenen Ausbau der Windkraft. Umgekehrt ist die Axpo aber nicht bereit, Rahmenbedingungen zu akzeptieren, die auch der Schweiz eine Umstellung auf (einheimische und importierte) Windenergie erlauben würden. Diese Haltung ist hoch paradox:

- für die Veredelung von Windenergie werden neue Pumpspeicher gefordert,
- die Versorgung der Schweiz mit Windenergie wird abgelehnt und aktiv bekämpft.

Heute werden grosse Mengen an Kohle- und Atomstrom importiert (2004:34,9 TWh, entspricht 62% des Endverbrauchs) und wieder exportiert (2004: 31,9 TWh, entspricht 57% des Endverbrauchs). Diese Form der „Veredelung“ von nichterneuerbaren Energien geht mit grossen CO<sub>2</sub>-Emissionen und Pumpverlusten einher.

Damit negative Folgen der Pumpspeicherung beseitigt werden, sollte die SP zusammen mit den Umweltorganisationen eine Strategie verfolgen, welche den Ausbau neuer Werke an klare Bedingungen knüpft.

**Tabelle 6 Einbettung der Schaffung oder Kapazitätserhöhung neuer Pumpspeicheranlagen**

Ökologisches Risiko	Lösung/Bedingung
Zunahme - CO <sub>2</sub> -Emissionen durch Kohlekraftwerke - Atomkraftwerke	Gesetzliche Verknüpfung neuer Pumpspeicherung mit der Umstellung auf erneuerbare Energien, insbesondere: - gesetzliche Restlaufzeiten für Atomkraftwerke - Durchsetzung der gesetzlichen CO <sub>2</sub> -Reduktionen - prozentualer Anstieg des Anteils an erneuerbaren Energien wie in der Europäischen Union  Förderung von alternativen Integrationstechniken für fluktuierende Energien, insbesondere: - verbesserte Interkonnexion - variable Tarifierung (nach Verfügbarkeit der Windenergie) - alternative Speicherung (Luftdruck-, Batterie-, Schwungrad- oder Wärmespeicherung) sowie - flexiblere fossile Kraftwerke anstelle von Kohlekraftwerken zur Ergänzung des Windparks (z.B. Gasturbinen)
Zunahme der Überlandleitungen, verstärkter Elektrosmog	- Reduktion der Masten/Freilandlinien - Ersatz durch Erdkabel - Sanierung der Leitungsnetze in Etappen
Beeinträchtigung der Gewässerqualität durch Schwall-Sunk-Problem	- Betrieb von Umlaufkraftwerken (Pumpen zwischen bestehenden Wasserspeichern) - Schaffung von unterliegenden Ausgleichsbecken - regulative Vorkehrungen - vertragliche und gesetzliche Ausgleichsmassnahmen durch ökologische Sanierung der Fliessgewässer
Aufstockung und Vergrösserung bestehender Wasserspeicher	- Verzicht auf neue saisonal ausgerichtete Wasserspeicher, denn die höchsten Stromerlöse werden im Sommer erzielt. - Ausbau des Pumpbetriebs mit bestehenden Speichern, Erhöhung der Durchlaufkapazitäten - Nutzung bisheriger Saisonspeicher als Tages- und Wochenspeicher (häufigere, aber kürzere Durchlaufzeiten)
Gefährdung der Restwassermengen	Umsetzung der gesetzlichen und verfassungsmässigen Bestimmungen zur Schaffung angemessener Restwassermengen

Die Optimierung der Wasserkraft im Dienste der übrigen erneuerbaren Energien ist eine schmale, aber nicht unmögliche Gratwanderung. Sie erfordert von allen Beteiligten Bereitschaft zur Zusammenarbeit und Respekt der öffentlichen Anliegen (Naturschutz, Emissionsminderung, Versorgungssicherheit). Doch mit einer ökologisch verträglichen Gestaltung der Pumpspeicherung können der Schweiz und Europa Vorteile erwachsen:

- Mit der Speicherung von Strom und dem Import von Windenergie kann die Schweiz die eigene Versorgungssicherheit stark verbessern.

- Auch dem übrigen Europa erwachsen aus den Alpenspeichern Systemvorteile, wenn überschüssige Windenergie gespeichert und Wasserkraft in Zeiten von Windflauten verfügbar wird.
- Der Wirkungsgrad der Pumpspeicherung ist mit 80% höher als bei anderen Speichertechniken wie Batterien, Wasserstoff oder Luftspeichern.
- Die Leistungsbereitschaft der Wasserspeicher trägt zur Stabilisierung der Netze bei.
- Die Gebirgskantone profitieren, weil sie dank der höheren Stromerlöse höhere Wasserzinsen und weitere Erträge (z.B. Pumpabgaben, Heimfallrechte) einbehalten können. Umgekehrt sollten sie zu den gesetzlich längst beschlossenen Qualitätsverbesserungen der Gewässerökologie endlich Hand bieten und ihre Obstruktionshaltung aufgeben.

Die wirtschaftliche Chance der Schweiz liegt langfristig eher in der Veredelung von Strom als in der Erzeugung von mehr Bandenergie.

Eine Wasserkraftpolitik, welche die ökologischen Erfordernisse ignoriert, biologisch tote Gewässer und systematische Beeinträchtigungen der Landschaft in Kauf nimmt, ist weder ökonomisch noch ökologisch zuträglich. Nicht zuletzt gerät dadurch das touristische Potential in Mitleidenschaft.

## Ausländische Strombezüge und Versorgungssicherheit

Die Diversifikation in Richtung Windenergie **aus dem Ausland** zur Deckung des Eigenbedarfs der Schweiz weckt zum Teil grosse Ängste. Die Atomlobby hätschelt noch so gerne die Vorstellung, eine sichere Stromversorgung sei nur gegeben, wenn alle Kraftwerke auf Schweizer Boden stehen. Dabei waren es die Atomkonzerne, die als erste in Frankreich riesige Mengen an Bandenergie (ca. 2,5 GW) erworben haben.

Tatsächlich muss der Versorgungssicherheit hohe Aufmerksamkeit zukommen, wenn man Szenarien für die Zukunft erstellt und mit Erzeugungsanlagen im Ausland operiert. Entscheidend für die Versorgungssicherheit sind vier Determinanten:

- Die Verfügbarkeit der Primärenergie (erneuerbare sind besser als nichterneuerbare Quellen),
- Die Strukturierung der Versorger (dezentral ist weniger riskant als zentral),
- Die Zuverlässigkeit der Nutzungstechnik (Unfälle, Anschläge, inhärente Risiken),
- Die Sicherheit und Redundanz der Netze (n-1-Regel).

Bei den fossilen Energien sind wir längst gewohnt, vom Ausland abhängig zu sein. Niemand käme auf die Idee, eine Eigenversorgung der Schweiz mit Brenn- und Treibstoffen zu postulieren, weil diese Ressourcen gar nicht vorhanden sind. Der Wettbewerb um die fossilen Ressourcen hat sich in jüngster Zeit aber stark verschärft und ist Ursache kriegerischer Konflikte (Irak, Nigeria, Kolumbien usw.). Es ist deshalb durchaus angebracht, auch im Brenn- und Treibstoffsektor mehr Versorgungssicherheit einzufordern.

Versorgungstechnisch beinhaltet eine Versorgung der Schweiz mit ca. 20% Windenergie aus dem europäischen Ausland weniger Risiken als der Einkauf von französischem Atomstrom (2005: ca. 20% des Schweizer Bedarfs):

- Windkraftwerke nutzen eine unerschöpfliche Primärenergie (Wind),
- sind dezentral strukturiert,
- die Nutzungstechnik ist mit garantierter 99% Verfügbarkeit sehr zuverlässig.

Engpässe bestehen einzig bei den Stromnetzen, doch diese erscheinen aus technischer Sicht am einfachsten lösbar: Gleichstromleitungen quer durch Europa werden die Kapazitäten in den nächsten Jahrzehnten stark erhöhen und die Gefahr von Blackouts absenken, so die Pläne der Europäischen Union.

Die Tatsache, dass die Stromerzeugung aus Windenergie zeitlich fluktuiert, bildet bei stärkerer Vernetzung und dank der Kapazitäten an Wasserspeichern in der Schweiz ebenfalls keine technischen Probleme. Windenergie ist vielmehr bestens geeignet, die Wasservorkommen zu schonen und die Reichweite der Stauseen zu vergrössern.

## **Kooperation mit den Lieferländern**

Um echte Versorgungssicherheit mittels Windenergie im europäischen Verbund zu garantieren, muss mit den Standortgebieten eine kooperative Politik vereinbart werden. Der Rahmen, in dem sich dies abspielen muss, sei explizit aufgezeigt:

- (1) Die Schweiz ist Teil des europäischen Strom-Binnenmarktes. Sie pflegt seit Jahrzehnten einen intensiven Stromhandel und profitiert davon versorgungstechnisch und wirtschaftlich. Es ist folgerichtig, dass sie diese Strategie weiterführt und die Durchleitungsrechte mit Europa so oder so vertraglich neu regelt. Die Hauptforderung Brüssels besteht bekanntlich in der Reziprozität der Durchleitungsregeln und des Marktzugangs. Beides liegt auch im Interesse der Schweiz.
- (2) Strategisch geht es darum, die Bezugsrechte aus dem Atompark in Frankreich durch neue erneuerbare Energien abzulösen, wofür (neben den einheimischen erneuerbaren Energien und Energieeffizienz) am ehesten Windbezüge aus geographisch diversifizierten Lieferländern in Frage kommen. Diese Option ist ökologisch und ökonomisch interessant (wie die Windstrategie der Axpo beweist), erfordert allerdings eine umsichtige Planung und Abstimmung aller Systemerfordernisse (Bezugsrechte, Netze, Durchleitungsrechte, Backup-Kapazitäten).
- (3) Mit Beteiligungen und Bezugsrechten an Windenergie aus den Nachbarländern kann die Schweiz auf einen Energieträger abstellen, der auch in Zukunft mit Sicherheit verfügbar ist, keine Brennstoff-Kostenrisiken aufweist und die Reichweite der einheimischen Speicherkraftwerke dank Winterspitze der Windenergie ideal ergänzt.
- (4) In einem grossen Strombinnenmarkt wird man Elektrizität dort produzieren, wo dies am kostengünstigsten möglich ist. Die Expansion der Windenergie wird deshalb vornehmlich in Küstengebieten (Nordsee, Ostsee, Mittelmeer, Ukraine) stattfinden sowie auf dünn besiedelten Hochplateaus mit starken Windressourcen (Zentral-Spanien,

Massiv Central). Die Sicherung solcher Bezugsrechte ist für die Schweiz angesichts steigender Energiekosten von strategischer Wichtigkeit.

Dazu kommen die riesigen Potentiale an Offshore-Standorten, insbesondere in den grossen Flachgebieten der Nord- und Ostsee, deren Erschliessung im kommenden Jahrzehnt absehbar ist.

- (5) Die Europäische Union will den Ausbau der Windenergie aus Gründen der Versorgungssicherheit vorantreiben, ganz unbesehen von den Entscheiden und Präferenzen in der Schweiz.
- (6) Um die Versorgung der Bevölkerungszentren sicher zu stellen, wird die EU ein grosses interkontinentales (Gleich-) Stromnetz (Supergrid) erstellen und die Ausbaupläne der Mitgliedsländer koordinieren.<sup>19</sup>
- (7) Dieses Netz wird auch den Wettbewerb unter den fossilen und atomaren Stromerzeugern verstärken.
- (8) Mit der Erstellung eines solchen „Supergrids“ oder „Windgrids“ ist es möglich, die negativ korrelierten Hoch- und Tiefdruckzonen in Europa zu vernetzen und damit die Versorgungssicherheit bei hohen Anteilen fluktuierender Windenergie stark zu verbessern (nach dem Motto: „Irgendwo windet es immer“).
- (9) Dank der hohen Wirtschaftlichkeit der Windenergie und dank der Bedeutung der Steuereinnahmen („Windzinsen“) ist nicht damit zu rechnen, dass europaweit eine Verknappung an Standorten zu erwarten ist. Mit dem Take off der kommerziellen Offshore-Nutzung wird erst recht keine Nutzungskonkurrenz zwischen den Bedürfnissen der Meeresanrainer und der Schweiz bestehen: Es gibt genügend Land- und Meeresgebiete in Europa, um den aktuellen Stromverbrauch gleich mehrfach zu decken. Einziger knapper Faktor sind die überregionalen Übertragungsnetze, die bisher nicht aus technischen Gründen, sondern mangels Bedarf nicht ausgebaut wurden.<sup>20</sup>

Im Dezember 2005 verlagerte Frankreich die Kompetenzen zur Schaffung von Windnutzungszonen an die Departemente. Bis zum Jahre 2016 sollen 12'500 MW Windkraft erstellt werden.<sup>21</sup> Nicht einmal die französische Atomlobby kann sich noch länger der wirtschaftlichen Attraktivität der Windenergie entziehen. Beispiele aus anderen Ländern (Spanien, Portugal) zeigen, dass sich auch ein „widerwilliger“ Anfang rasch zum selbst beschleunigenden Boom auswachsen kann.

---

<sup>19</sup> Vgl. Eddie O. Connor: European Unity, a vision for sustainable Power in Europe. Renewable Energy World, March-April 2006 S. 124-127.

<sup>20</sup> Die schlechte kontinentale Vernetzung hat zwei Ursachen: Zum einen die bis 2007 bestehenden nationalen Monopole, die externe Vernetzungen als Bedrohung des eigenen Marktes wahrgenommen haben und deshalb erschwerten. Zum zweiten die Tatsache, dass bei einer fossil/atomaren Stromversorgung der Transport von Primärenergie (Gas, Kohle, Uran) in die Verbrauchszentren billiger war als die Erstellung kontinentaler Übertragungsnetze für Strom.

<sup>21</sup> Le Temps 10.12.2005: «La France met le turbo sur l'éolien».

## Strom aus Photovoltaik

Stromerzeugung 2004	16,7 GWh
Leistung 2004	23,1 MW <sub>e</sub>
Zunahme bis 2020	274 GWh
Voraussichtliche Stromerzeugung 2020	290 GWh
Quelle	Eigene Schätzung

Die Bedeutung der Sonnenenergie ist nach wie vor kontrovers. Wir gehen von vorsichtigen Annahmen aus und unterstellen, dass die Solartechnik vorerst im Wärmebereich (solare Warmwasservorwärmung, Heizungsunterstützung) substantielle Beiträge liefert, angetrieben von steigenden Heizölpreisen und Gebäudesanierungsprogrammen.

Im Bereich der Stromerzeugung geht es darum, eine kritische Masse für die Massenproduktion und für die technologische Weiterentwicklung zu erreichen, damit die Technik mittelfristig – ab ca. 2015 – deutlich höhere Beiträge an die Stromversorgung liefern kann. Die Schweiz betreibt eine an sich hochwertige Forschung, hat es aber versäumt, Rahmenbedingungen für die Umsetzung dieser Erkenntnisse zu schaffen.

Für die Stromerzeugung aus Photovoltaik wurden folgende Annahmen getroffen:

- 3 MW ab 2007, jährlich steigend um 20%,
- Ab 2016 30% Wachstum der Zubaurate,
- Ab 2025 noch 10% Wachstum der Zubaurate.

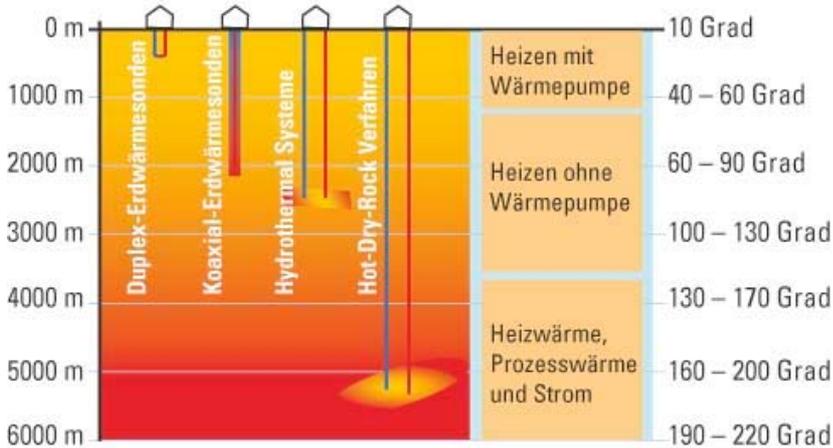
**Tabelle 8 Zubau Photovoltaik**

Jahr	Bestand MW	Zubau MW	Stromerzeugung GWh
2005	22	3	17
2006	25	2	20
2007	27	5	22
2008	32	6	26
2009	38	7	32
2010	45	9	39
2011	53	10	47
2012	64	12	57
2013	76	15	69
2014	91	18	83
2015	109	21	101
2016	130	26	123
2017	156	34	149
2018	190	44	184
2019	233	57	230
2020	290	74	290
2021	364	96	369
2022	460	125	474
2023	584	162	611
2024	746	210	792
2025	956	231	1'031
2026	1'188	255	1'299
2027	1'443	280	1'601
2028	1'723	308	1'941
2029	2'031	339	2'322
2030	2'370	373	2'751

Im Jahr 2020 wird die Photovoltaik etwa ein halbes Prozent des Stromverbrauchs liefern, aber im folgenden Jahrzehnt könnte sich ihr Beitrag verzehnfachen, wenn die heute zu beobachtenden technischen Fortschritte extrapoliert werden. Diese Entwicklung liesse sich mit geeigneten Rahmenbedingungen (kostendeckende Einspeisevergütungen ohne Deckel) erheblich beschleunigen.

## Strom aus Geothermie

Die Schweiz gehört heute zu den Ländern, welche die (untiefe) Erdwärme, gemessen pro Kopf, am intensivsten nutzen. Mit dem geothermischen Tiefen-Kraftwerk in Basel (Deep Heat Mining) wird zudem eine neuartige Stromerzeugung eingeführt, die mittelfristig in allen grösseren Städten und Gemeinden einen wichtigen Beitrag zur Strom- und Wärmegewinnung liefern kann.



**Abbildung 9: Nutzungstechniken der Geothermie**

So oder so weist die Geothermie in all ihren technischen Anwendungen sehr viel versprechende Potentiale auf. Die Erfahrungen in Deutschland und anderen Ländern zeigen, dass für solche neuen Techniken im Wesentlichen nicht technische Faktoren, sondern die regulatorischen Rahmenbedingungen ausschlaggebend sind. Für die Schweiz werden folgende Rahmenbedingungen unterstellt:

- kostendeckende Vergütung für Stromeinspeisungen wie in der BRD (14-22 Rp./kWh), so im Stromversorgungsgesetz vorgesehen,
- Risikogarantien für geothermische Bohrungen durch den Bund bzw. die Netzbetreiber,<sup>22</sup> wie sie schon einmal in der Schweiz bestanden hatten (1985-1995), so im Stromversorgungsgesetz vorgesehen.

Die Entwicklung der tiefen Geothermie lässt sich in allen grösseren Städten und Gemeinden der Schweiz vorantreiben. Die Vereinigung für Geothermie schätzt die mögliche Stromerzeugung auf bis zu 33% des Stromverbrauchs der Schweiz.<sup>23</sup>

Für die nächsten 25 Jahre wird folgendes Szenario entwickelt:

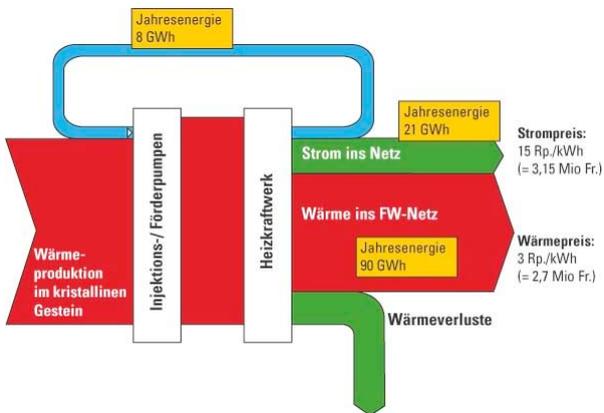
- Ab 2009 erfolgt die Inbetriebnahme der ersten Anlage in Basel mit 3 MW<sub>e</sub>.
- Danach wachsen die Kapazitäten um durchschnittlich 20% pro Jahr, ab 2015 um 30% pro Jahr, nicht zuletzt getrieben durch die Aussicht, die Abwärme kostendeckend zu verkaufen. Ein Einspeisegesetz für erneuerbare Wärme könnte hier die Entwicklung namhaft beschleunigen.
- Im Jahre 2030 wird eine Kapazität von 2,1 GW<sub>e</sub> erreicht.
- Das Potential der Wärmenutzung ist sehr gross.<sup>24</sup> Die Geothermie kann umgerechnet den gesamten Heizölverbrauch der Schweiz ersetzen.
- Denkbar ist, dass in Sommerperioden bei fehlender Verwendung der Abwärme der elektrische Wirkungsgrad erhöht werden kann. Dies geschieht mittels Flüssigkeiten im Sekundärkreislauf, die bei Temperaturen von unter 100° C sieden (ORC-Verfahren). In jüngster Zeit notieren die Sommerpreise für Elektrizität höher als die Winterpreise<sup>25</sup>, was eine solche Zusatznutzung attraktiv macht, selbst wenn dabei ein gewisser Mehraufwand entsteht.

<sup>22</sup> So vorgesehen im Stromversorgungsgesetz.

<sup>23</sup> Angaben: Geothermal Explorers.

<sup>24</sup> BFE Energieperspektiven: Erneuerbare Energien und neue Nuklearanlagen, Final Draft 24. September 2004, Paul Scherrer Institut (PSI) für das Bundesamt für Energie (BFE) <http://www.energie-schweiz.ch/internet/medienmitteilungen/03742/index.html?lang=de>

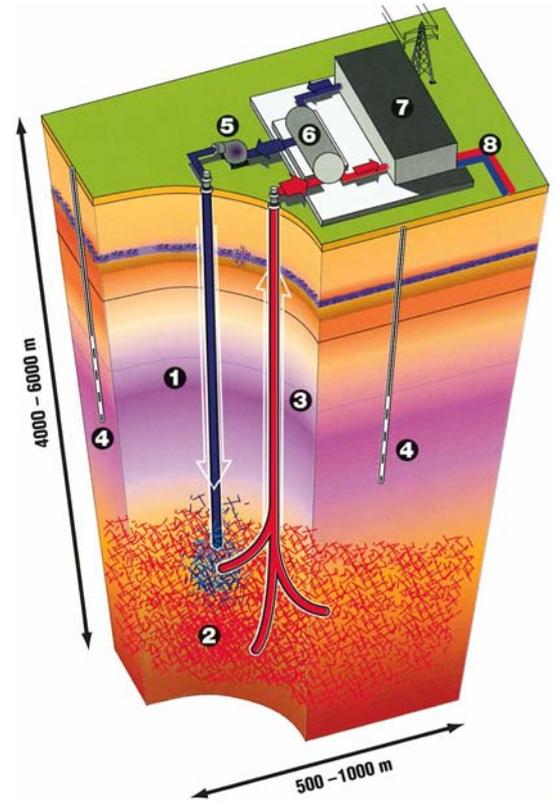
<sup>25</sup> Siehe Swiss Electricity Price Index (SWEP), Entwicklung 2000-2004.



**Abbildung 10: Modell des Kraftwerks von Basel**

Beim geothermischen Kraftwerk in Basel wurde ursprünglich mit einem Erlös aus Abwärme von 2,1-3,0 Rp./kWh gerechnet. Inzwischen sind die Ölpreise auf über 70 Rappen/Liter angestiegen, entsprechend ca. 7 Rp./kWh für die Vergütung von genutzter Abwärme.

Durch die veränderten Ölpreise verbessert sich auch die Wirtschaftlichkeit der Stromerzeugung trotz gestiegener Kosten erheblich.



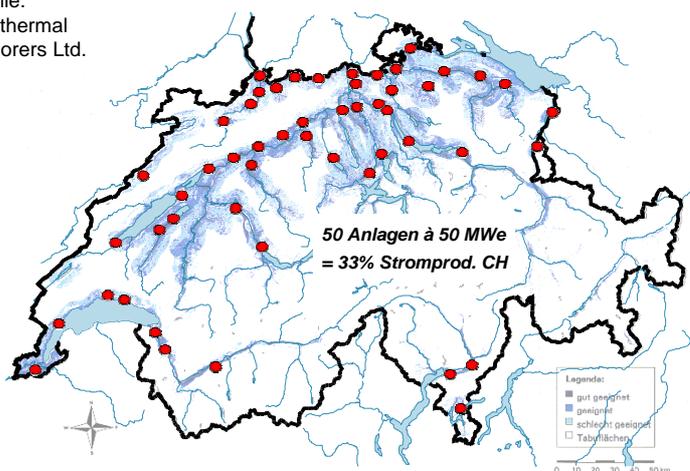
**Tabelle 9 Entwicklung der Geothermie (inkl. Abwärmepotentiale)**

	MW elektr.	Zubau MW	Produktion GWh	Jahresleistung	Abwärmeproduktion GWh (Annahme: elektrischer Wirkungsgrad 25%)	Äquivalent Wärmeproduktion in Tonnen Heizöl
2005		0				
2006						
2007						
2008						
2009	3	3	21	7000	63	6'300
2010	7	4	46	7000	139	13'860
2011	11	4	76	7000	229	22'932
2012	16	5	113	7000	338	33'818
2013	22	6	156	7000	469	46'882
2014	30	7	209	7000	626	62'558
2015	39	10	276	7000	829	82'938
2016	52	13	365	7000	1'094	109'431
2017	69	16	480	7000	1'439	143'872
2018	90	21	629	7000	1'886	188'645
2019	118	28	823	7000	2'469	246'851
2020	154	36	1'075	7000	3'225	322'518
2021	200	47	1'403	7000	4'209	420'885
2022	261	61	1'829	7000	5'488	548'763
2023	340	79	2'383	7000	7'150	715'003
2024	443	103	3'104	7000	9'311	931'116
2025	577	134	4'040	7000	12'121	1'212'062
2026	751	174	5'258	7000	15'773	1'577'293
2027	977	226	6'840	7000	20'521	2'052'092
2028	1'271	294	8'898	7000	26'693	2'669'332
2029	1'653	382	11'572	7000	34'717	3'471'743
2030	2'150	497	15'050	7000	45'149	4'514'878

Die Perspektivstudien des BFE zeigen, dass diese Strompotentiale in der Schweiz vorhanden sind, und zu Kosten zwischen 10 und 20 Rp./kWh gewonnen werden können.<sup>26</sup> Die schweizerische Vereinigung für Geothermie hat auch bereits eine grosse Zahl möglicher Standorte identifiziert.

### Geothermie: 50 Standorte in allen Landesteilen realistisch

Quelle:  
Geothermal  
Explorers Ltd.



**Abbildung 11: Mögliche Standorte für geothermische Kraftwerke**  
(Quelle: Geothermal Explorers LTD.)

<sup>26</sup> BFE Energieperspektiven: Erneuerbare Energien und neue Nuklearanlagen, Final Draft 24. September 2004, Paul Scherrer Institut (PSI) für das Bundesamt für Energie (BFE) <http://www.energie-schweiz.ch/internet/medienmitteilungen/03742/index.html?lang=de>

### 3. Beiträge der Energieeffizienz

#### Vorbemerkung

Energieeffizienz gehört zu den zentralen Pfeilern jeder rationalen Energiepolitik.

- Energieeffizienz hat zum einen zu tun mit dem Wirkungsgrad von Anlagen und Geräten: Es geht um Systeme, die gleich viel Nutzen mit weniger Energieverbrauch erzeugen.
- Die spezifische Energieeffizienz hängt aber auch von der **Wahl der Primärenergien** ab. Ein hoher Marktanteil von Kohle, Gas, Öl und Uran reduziert die Energieeffizienz wegen der hohen Energieverluste der fossilen und atomaren Versorgungsketten, ganz zu schweigen von den hohen ökologischen Schäden und Risiken.
- Ungenutzte Abwärme verursacht aber auch **Kosten**. Abwärme ist Energie, die nie bei den KonsumentInnen ankommt.

Rund zwei Drittel des gemessenen Bruttoenergieverbrauchs von Kohle- und Atomkraftwerken in Europa verpuffen nutzlos durch Kamine und Kühltürme. Rund 80% beträgt der Energieverlust von Motorfahrzeugen, gemessen vom Bohrloch bis zum Pneu.

Anders die dezentralen und erneuerbaren Energietechniken: Biomasse, Geothermie, Windenergie und Solarenergie auf dem Hausdach zeichnen sich durch kurze Nutzungswege und hohe Wirkungsgrade aus. Der kleinere Marktanteil (derzeit etwa 15%), gemessen am Umsatz, stiftet einen höheren Beitrag an Nutzenergie.

Auch die nicht gehandelte Energie, zum Beispiel die Sonnenstrahlung, die durchs Fenster smart gebaute Häuser heizt, müsste in der Energiestatistik erfasst werden, denn vom Nutzensgesichtspunkt her leistet sie dasselbe wie eine Ölheizung.

#### **Der Übergang von einer 6'000- zur 2'000-Watt-Gesellschaft erfolgt deshalb, indem wir**

- a) vermehrt erneuerbare Energien einsetzen, und zwar jene mit einem hohen Energy-return-on-energy-investment,
- b) die hohen Ineffizienzen der konventionellen Energie-Dinosaurier beseitigen, indem wir sie still legen (thermische Stromerzeugung und Verbrennungsmotoren durch modernere Techniken ersetzen),
- c) auf allen Ebenen der Energieübertragung und der Energienutzung die jeweils effizienteste Technik einsetzen,
- d) mit besserer Wärmedämmung und Energieeinsparung den Verbrauch senken.

Technologisch gesprochen heisst das: Intelligente Architektur, Solarkollektoren, Holzheizungen, Windturbinen mit >40% Wirkungsgrad, Wind-/Solarstrom-Hybrid-Autos mit > 60% Wirkungsgrad, Geothermie usw.

All dies sind Techniken mit geringer Abwärme und ohne CO<sub>2</sub>-Emissionen!

Energieeffizienz war in den neunziger Jahren nicht sehr in Mode. Sinkende Energiepreise machten die Programme wirtschaftlich wenig attraktiv. In jüngster Zeit haben sich die wirtschaftlichen Verhältnisse aber stark verändert, bedingt durch das teurere Erdöl. Unternehmen haben plötzlich ein grosses Interesse an Energie(kosten)-Einsparung. Allerdings befindet sich die Effizienzpolitik in der Schweiz noch immer im Dornröschenschlaf: Die Kantone tun wenig für energieeffiziente Bauten, die Energie-Etikettierung hinkt hinter den Vorgaben der EU her. Dezidierte Programme werden von der Öl- und Stromwirtschaft immer wieder unterlaufen (zum Beispiel mit Subventionen für Elektro-Widerstandsheizungen wie im Kanton Bern) oder politisch behindert (durch Einflussnahme auf Parlamentsmitglieder).

**Um eine Effizienzstrategie durchzusetzen, braucht es nicht neue Techniken (die wären längst da), sondern eine Deblockierung der Politik, die Einführung von wirtschaftlichen Anreizen (Tarifbestimmungen), branchenspezifische Programme, welche die EndverbraucherInnen wirtschaftlich und technisch entlasten, faire Abnahmeregeln für effizient erzeugten Strom (Wärme-Kopplung) usw.**

Das Energiegesetz und die Energieverordnung bieten an sich viele Möglichkeiten, die aber vom Bundesrat und von den Kantonen aus falscher Rücksichtnahme zuwenig genutzt werden:

- Zulassungsbedingungen für Geräte, von Kühlschränken über Motoren bis zu Fahrzeugen:  
Notwendig sind verbindliche Fahrpläne, die der Industrie und den InvestorInnen die entsprechenden Signale vermitteln, und eine konsequente Vollzugskontrolle. Bis jetzt fehlt die notwendige Verbindlichkeit.<sup>27</sup>
- Folgende Zulassungsbedingungen sind möglich: a) nur noch Geräte der Kategorie A oder besser, schlechtere werden verboten. b) Bonus-Malus-Systeme
- Verbot von verschwenderischen Anwendungen, z.B. Elektroheizungen (mit sehr spezifischen Ausnahmen), Geräte mit unnötigen Stand-by-Verbräuchen usw.

---

<sup>27</sup> Grundlagen sind schon vorhanden: S.A.F.E., Topten, Energieetikette, u.a. <http://www.energieagentur.ch/d/IndexMarktCheck.html>

## Strombeitrag Bestgeräte-Strategie (A-Klasse-Vorschrift)

Stromverbrauch 2004	31'141 GWh
Abnahme bis 2020 (Bestgerätestrategie)	6'108 GWh
Abnahme über das Bestgeräte-Programm hinaus (2020-2030)	1'338 GWh
Quellen	Datengrundlagen 2005-2020: Prognos <sup>28</sup> 2020-30: Eigene Schätzung

Neue Geräte lassen sich in der Regel auf einem qualitativ besseren Niveau beschaffen als alte Geräte. Die Firma Prognos AG erhielt im Jahre 2001 vom Bundesamt für Energie den Auftrag, die möglichen Stromeinsparungen zu berechnen, wenn ab 2004 in der Schweiz nur noch die zum jeweiligen Zeitpunkt effizientesten Geräte verkauft werden dürften. Dabei galt die Bedingung, dass die Zulassungsbeschränkungen nicht zu Funktions- oder Wohlstandseinbussen führen dürfen. Die Einsparungen wurden von Prognos auf **6,1 TWh** beziffert und verteilen sich wie folgt:

**Tabelle 11: Einsparungen mittels A-Klasse (Prognos 2002)**

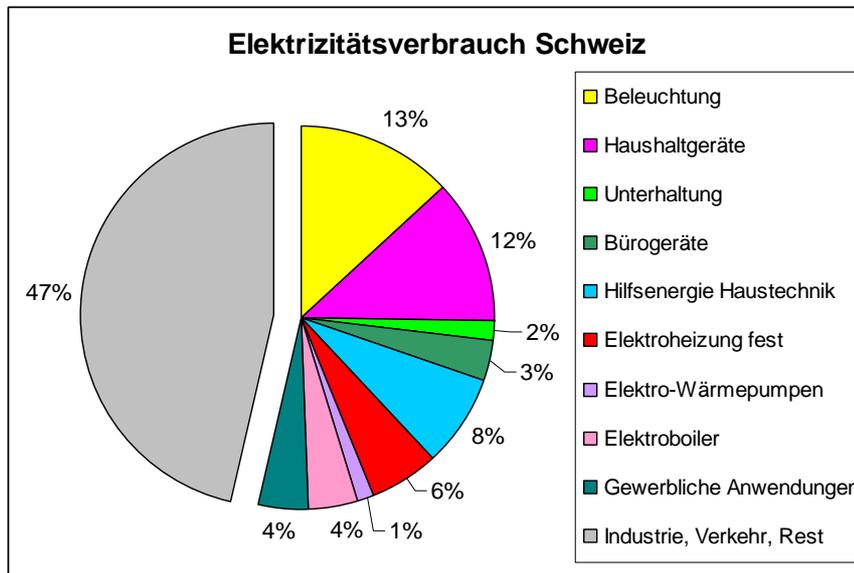
<i>Elektrizitätsverbrauch serienmässig hergestellter Elektrogeräte 2000-2020, in GWh, Referenz-Variante</i>					
Kategorie	2000	2005	2010	2015	2020
Haushaltsgeräte	7'075	7'141	7'116	7'066	7'074
Beleuchtung	5'791	5'945	5'925	5'851	5'810
Haustechnik	11'720	12'000	12'295	12'574	12'843
Unterhaltung	1'210	1'209	1'170	1'112	1'094
Büro/Kommunikation	1'555	1'620	1'775	1'964	2'182
Gewerbl. Anwendungen	2'191	2'170	2'178	2'137	2'137
<b>Summe</b>	<b>29'543</b>	<b>30'085</b>	<b>30'459</b>	<b>30'703</b>	<b>31'141</b>
<i>Elektrizitätsverbrauch serienmässig hergestellter Elektrogeräte 2000-2020, in GWh, Bestgeräte-Variante</i>					
Kategorie	2000	2005	2010	2015	2020
Haushaltsgeräte	7'075	6'947	6'447	5'985	5'737
Beleuchtung	5'791	5'793	5'216	4'404	3'654
Haustechnik	11'720	11'776	11'476	11'130	10'928
Unterhaltung	1'210	1'187	1'098	1'011	981
Büro/Kommunikation	1'555	1'462	1'449	1'516	1'596
Gewerbliche Anwendungen	2'191	2'170	2'178	2'137	2'137
<b>Summe</b>	<b>29'543</b>	<b>29'335</b>	<b>27'865</b>	<b>26'184</b>	<b>25'033</b>
<i>Einsparungen nach Kategorie Differenz Bestgeräte-Referenz-Variante, in GWh</i>					
Kategorie	2000	2005	2010	2015	2020
Haushaltsgeräte	0	-194	-669	-1'081	-1'337
Beleuchtung	0	-153	-709	-1'447	-2'156
Haustechnik	0	-224	-819	-1'443	-1'915
Unterhaltung	0	-22	-72	-101	-113
Büro/Kommunikation	0	-157	-326	-448	-587
Gewerbliche Anwendungen	0	0	0	0	0
<b>Summe</b>	<b>0</b>	<b>-750</b>	<b>-2'595</b>	<b>-4'519</b>	<b>-6'108</b>

Serienmässig hergestellte Elektrogeräte und Kleinanlagen verbrauchen in der Schweiz 55% des Elektrizitätseinkaufsverbrauchs.

- Die grössten Sparpotentiale bestehen bei Elektroheizungen (13% des Stromverbrauchs), Glüh- und Halogenlampen (9%), FL-, Kompakt-FL-Leuchten (9%), und Elektrowarmwassergeäten (7%).

<sup>28</sup> Prognos AG: Bericht: Die Entwicklung des Elektrizitätsverbrauchs serienmässig hergestellter Elektrogeräte in der Schweiz unter Status-quo-Bedingungen und bei Nutzung der sparsamsten Elektrogeräte bis 2010 mit Ausblick auf das Jahr 2020, Bern 2002.

- Vor allem bei der Unterhaltungselektronik wird erwartet, dass die Effizienzgewinne die Mengeneffekte (zunehmende Zahl von Geräten) überkompensieren können.
- Darüber hinaus wird die konventionelle Elektrowärme in Form Ohm'scher Heizungen beschränkt.
- Weitere grosse Potentiale bestehen bei der Verbesserung von Elektromotoren und bei der Steigerung des Wirkungsgrads von Wärmepumpen und Boilern (Heizung und Warmwasser).



**Abbildung 12: Stromverbrauch der Schweiz (Nipkow et al. 2005)**

Jüngere Untersuchungen zeigen, dass damit die Möglichkeiten effizienter Stromnutzung längst nicht ausgeschöpft sind.<sup>29</sup> Zu den Verbesserungen der Geräte gesellt sich das Einsparpotenzial durch Systemoptimierung, durch die optimale Planung und Steuerung von Anlagen usw. Ab 2020 wird deshalb eine weitere Steigerung der Energieeinsparung um 2% – zuzüglich zu den 6,1 TWh der Bestgeräte-Strategie – unterstellt.

### Reduktion der Standby-Verluste

Gemäss Schätzungen belaufen sich die Standby-Verluste auf über 5% des Elektrizitätsverbrauchs. Je nach Definition der Leerlaufverluste kann dieser Anteil noch viel höher sein, etwa wenn unnötige Warmhaltung, z.B. von Kaffeemaschinen oder unnötiger Betrieb von Haustechnikanlagen, berücksichtigt wird. Die Reduktionspotentiale sind bekannt, werden aber aus verschiedenen Gründen nicht umgesetzt.

Beispiele: Sparsame Netzteile von elektronischen Geräten, Ausschaltautomatik für Büro- und Unterhaltungselektronik, Kaffeemaschinen, Präsenzmelder und Bedarfssensoren für Beleuchtung und weitere Haustechnikanlagen. Alle diese Verluste liessen sich durch geeignete Etikettierung und durch Zulassungsbeschränkungen deutlich eindämmen. Ebenfalls können Lenkungsabgaben auf Strom, wie sie der Kanton Basel-Stadt kennt, eine Nutzung solcher Techniken begünstigen.

### Entwicklungsszenarien

(Der folgende Abschnitt wurde wörtlich übernommen aus Nipkow/Brunner 2005):

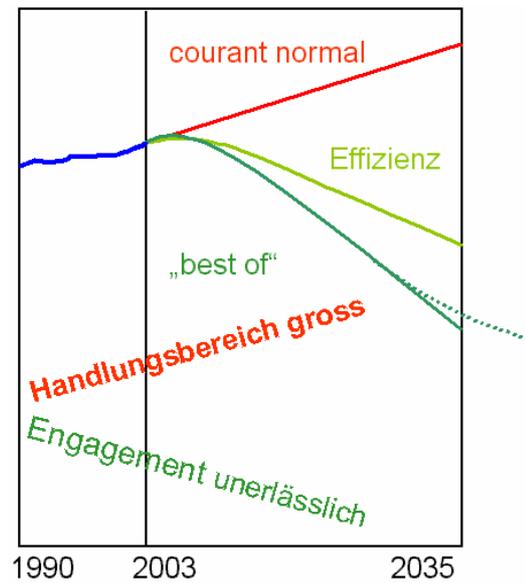
*Unter Energiefachleuten ist ein altes "Spiel" bekannt: rechnet man den Effekt aller verfügbaren Effizienztechniken auf die Elektrizitätsanwendungen der Schweiz hoch, so resultiert ein Einsparpotenzial von mindestens 30%. Alle wissen, dass es nicht kurzfristig realisierbar ist. Deshalb werden Szenarien mit verschiedenen Voraussetzungen durchgerechnet, z.B. für den Bereich Seriengeräte. Eine der wichtigsten, aber tatsächlich nicht bekannten Randbedingungen ist das eingangs erwähnte Wachstum von Flächen, Bevölkerung, Wirtschaft und Ansprüchen etc.. Letztlich ist die Perspektive des Elektrizitätsverbrauchs eine Art Wettlauf zwischen "unbeeinflusstem Wachstum" und der Umsetzung der –*

<sup>29</sup> Jürg Nipkow, Conrad U. Brunner: Energie effizient nutzen, Perspektiven des Elektrizitätsverbrauchs, Bulletin SEVVSE 9/05.

verfügbaren – Effizienztechniken. In diesem Feld lassen sich aus heutiger Sicht qualitativ die drei Szenarien für die Entwicklung bis zum Jahr 2035 gemäss **Abbildung 13** ableiten:

- Szenario *courant normal* (+0,5% p.a.):  
Energie-Etikette, wenig zusätzliche Information, keine Technologieförderung, keine Preissteigerung, etc.
- Szenario *Effizienz* (- 1% p.a.):  
Gezielte Entwicklungs- und Marketingförderung sowie Anreize für Effizienzprodukte.
- Szenario *„best of“* (- 2% p.a.):  
Zulassungsbeschränkungen, Bonus/Malus, vermehrte Förderung von Entwicklungen, aufwändiges Marketing, etc.

Die grafische Darstellung zeigt die riesige Spanne der denkbaren Entwicklungen. Dementsprechend sind die nötigen Anstrengungen zur Umsetzung nur schon des Szenarios "Effizienz" einzuschätzen!



## Ersatz von Elektroheizungen/-Boiler durch Wärmepumpen

Stromverbrauch 2004	6'132 GWh
Abnahme bis 2020 (Bestgeräte-Strategie)	3'882 GWh
Abnahme über das Bestgeräte-Programm hinaus	2'717 GWh
Voraussichtlicher Stromverbrauch 2020	1'165 GWh
Quellen	Datengrundlagen: Prognos <sup>30</sup> Schätzung ab 2020: Eigene Berechnung

Bei den Elektroheizungen wird angenommen, dass die im Bestgeräte-Szenario verbleibenden Elektroheizungen und Boiler (Verbrauch 2020: 3'882 GWh) bis 2020 vollständig durch Wärmepumpen ersetzt werden. Diese Umstellung ist wirtschaftlich betrachtet ein gutes Geschäft, denn die Beteiligten sparen Geld und Energie. Trotzdem ist es falsch zu glauben, eine solche Umstrukturierung, wiewohl rentabel, sei ein Selbstläufer, denn es gibt Markthindernisse:

- Fehlende Informationen, Mangel an Kapital,
- MieterInnen-/VermieterInnen-Konstellationen, die die InvestorInnen für die verbesserte Energieeffizienz nicht belohnen,
- Externalitäten werden in der Marktwirtschaft nicht internalisiert.

Deshalb braucht es ein breit angelegtes **Gebäudemodernisierungs-Programm**, das mit verstärkten Anreizen oder Sanierungsvorschriften die Potentiale ausreizt.

Im Bereich Wärmepumpen pflegen die Elektrizitätswerke ein wirksames Förderprogramm, welches zu einem raschen Ausbau der Kapazitäten führte. Unterstützt wurde das Programm durch kantonale Bauvorschriften. Die Eliminierung ineffizienter Elektroheizungen sollte deshalb bis 2020 zu erreichen sein, wenn sie mit dem gleichen Engagement verfolgt wird wie die Umstellung von Ölheizungen auf Wärmepumpen.

---

<sup>30</sup> Prognos AG: Bericht: Die Entwicklung des Elektrizitätsverbrauchs serienmässig hergestellter Elektrogeräte in der Schweiz unter Status-quo-Bedingungen und bei Nutzung der sparsamsten Elektrogeräte bis 2010 mit Ausblick auf das Jahr 2020, Bern 2002.

## Energieeffizienter Gebäudepark

Neben der Umstellung der Stromerzeugung auf erneuerbare Energien und neben dem Einsatz von sparsameren Geräten, Fahrzeugen und Anlagen sollten wir eine Strategie ins Auge fassen, die den Anteil an energiesuffizienten Gebäuden systematisch und dauerhaft erhöht.

Energiesuffizient sind Gebäude, die ihren Energieverbrauch zu 100% oder mehr aus der Gebäudehülle decken.

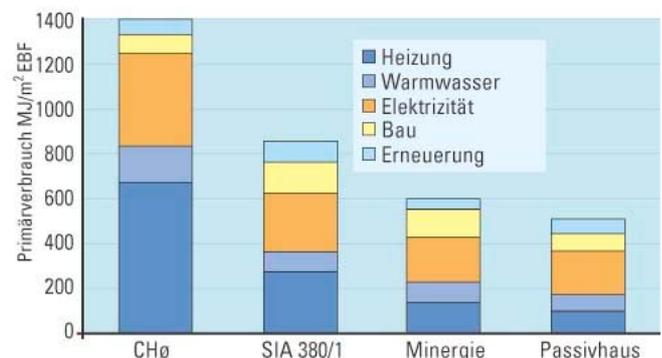
Energiesuffizienz beinhaltet einen hohen Anteil an Systemlogik: Eine EigentümerInnen- und NutzerInnen-Verantwortlichkeit, die über den Partialansatz effizienter Geräte hinausführt.

Der Marktanteil von Passivhäusern an Neubauten beträgt heute weniger als 1%. Er könnte sich, mit einem spezifischen Förderprogramm des Bundes, bis 2010 auf 10% und anschliessend bis 2020 auf mindestens 50% erhöhen. Verfolgt werden damit

- Versorgungssicherheit,
- Reduktion von Emissionen und Ressourcen-Abhängigkeiten,
- Pro-aktives Verhalten der NutzerInnen (Effizienz als Kauf- und Verhaltenskriterium),
- Technologische Entwicklung, beschleunigte Diffusion von Know-how,
- erhöhte Wertschöpfung,
- Schaffung einheimischer Arbeitsplätze an Stelle von vorwiegend importierten Energieträgern.

Gebäude und Anlagen verschlingen rund die Hälfte des heutigen Energiekonsums. Verbrauchsreduktionen von 90 % und mehr sind möglich. Durch die Kombination von Energieeffizienzmassnahmen und erneuerbaren Energien im Gebäudesektor entsteht ein neues Optimum, das Energieverbrauch, Emissionen und Treibhauseffekt massiv absenken kann.

Es gibt zahlreiche Beispiele von neueren Wohn-, Dienstleistungs- und Industriegebäuden, die im Jahresdurchschnitt mehr Strom und Energie erzeugen, als sie selber verbrauchen.



Die – zum Beispiel vom schweizerischen Solarpreis – prämierten Neubauten erzeugen Stromüberschüsse und können auch einen Teil der benötigten Energie für den Verkehr decken (Elektroautos/öffentliche Verkehrsmittel). Es geht dabei nicht um Energieautarkie als Selbstzweck. Die Deckung des Spitzenenergiebedarfs erfolgt auch bei Passivhäusern durch Wasserkraft und reduziert die Energieinvestitionen erheblich.

Benötigen künftige Minergie-P-Gebäude bloss 1'000 kWh/a statt 5'000 kWh/a pro Wohnung, dann ist ein höherer spezifischer Preis der Energie vertretbar. Die Stromrechnung ist tiefer als in einem schlecht isolierten Gebäude mit hohem Verbrauch.

## 4. Stromerzeugung aus CO<sub>2</sub>-neutraler Wärmekraft-Kopplung

<b>Tabelle 13 Annahmen Stromerzeugung aus Wärmekraft-Kopplung (ohne KVA)</b>	
Stromerzeugung 2004	1'673 GWh
Leistung 2004	454 MW <sub>e</sub>
Zunahme bis 2020	8'121 GWh
Voraussichtliche Stromerzeugung 2020	9'794 GWh
Quellen	Eigene Schätzung. Literatur: Bundesamt für Energie: Thermische Stromproduktion und Wärmekraftkoppelung in der Schweiz 1990 bis 2002, Bern 2002.

### Was ist Wärmekraft-Kopplung?

Wärmekraftkopplungs-(WKK)-Anlagen produzieren elektrische Energie, wobei die anfallende Abwärme für Heizzwecke genutzt wird. Wo die verfügbare Abwärme genutzt werden kann, können Gesamtwirkungsgrade erzielt werden, die den Wirkungsgrad von Kraftwerken „auf der grünen Wiese“ oder von konventionellen Gasfeuerungen weit übersteigen.<sup>31</sup> Die WKK-Stromproduktion ermöglicht den Antrieb von Elektro-Wärmepumpen und den Einsatz anderer sogenannter Elektro-Thermo-Verstärkungsprozesse (z.B. Wärmerückgewinnung bei Lüftungsanlagen und gewerblichen Kälteanlagen, Elektrofahrzeuge).

Die Kombination von WKK-Anlagen und Elektro-Thermo-Verstärkern ermöglicht im Vergleich zu modernen konventionellen Feuerungen markante Energie- und Luftschadstoffeinsparungen bis zu 40 %.

*Aus dem WKK-Bericht des BFE<sup>32</sup>:*

*Die kleineren WKK-Anlagen bis 1 MW elektrischer Leistung haben ab Mitte der achtziger Jahre eine starke Zunahme erfahren. Die Klein-WKK-Anlagen werden seit 1991 statistisch erfasst und umfassen folgende Technologien:*

- **Blockheizkraftwerke (BHKW)** mit Gas-, Diesel- und Zündstrahlmotoren
- **Wärmepumpen**, welche mit Gas-, Diesel- und Zündstrahlmotoren angetrieben werden
- **Mit Gasmotoren angetriebene Gebläse** in Kläranlagen
- **Total-Energie-Anlagen (TEA)**, die eine Kombination aus Gasmotor, Elektrogenerator und Wärmepumpe darstellen
- **Gasturbinen** unter 1 MW elektrischer Leistung
- **Neue Technologien (Brennstoffzellen, Stirlingmotoren usw.)**

*Als Gross-WKK-Anlagen werden folgende Technologien bezeichnet:*

- **Dampfturbinen:** Es kann zwischen folgenden Dampfturbinen-Typen unterschieden werden: Entnahme-Gegendruckanlagen, Gegendruckanlagen, Entnahme-Kondensations-Anlagen. Reine Kondensationsanlagen werden nicht erfasst, da die anfallende Wärme nicht genutzt wird und es sich folglich nicht um WKK-Anlagen handelt.
- **Gasturbinen** (ab 1 MW elektrischer Leistung)
- **Kombianlagen:** Bei Kombiheizkraftwerken wird einer Gasturbine ein Hochdruckabhitzeessel mit Dampfturbine nachgeschaltet. Dadurch kann ein höherer elektrischer Wirkungsgrad erzielt werden.

<sup>31</sup> Wird statt eines konventionellen Gasofens das Erdgas zuerst in einer Wärmekraft-Kopplungsanlage verwendet und die erzeugte Elektrizität nachher teilweise oder ganz in einer Wärmepumpe eingesetzt, kann auch die Wärmeleistung vervielfacht werden.

<sup>32</sup> Bundesamt für Energie: Thermische Stromproduktion und Wärmekraftkopplung in der Schweiz 1990 bis 2002, Bern 2002.

## Wärme-Kraft-Kopplung und Klimapolitik

In der offiziellen Schweizer Energie- und Umweltpolitik wird immer noch davon ausgegangen, dass der Schweizer Strom weitgehend CO<sub>2</sub>-frei ist. Dies führt in allen spezifischen Stromversorgungs-Szenarien zu einer Blockadehaltung gegenüber fossiler Wärme-Kraft-Kopplung, auf die wir in einer Übergangsphase angewiesen sind.

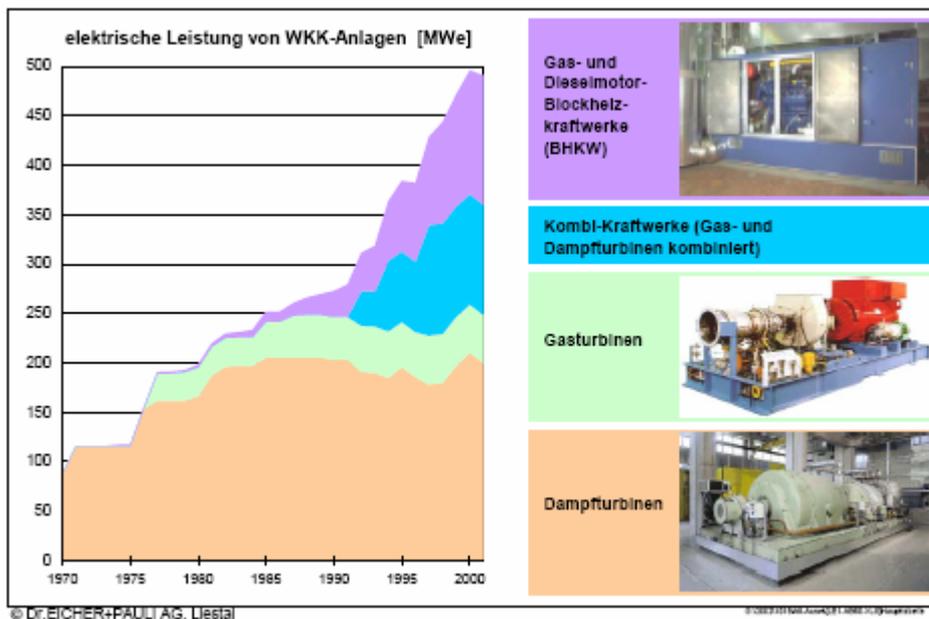
Analysiert man die schweizerische Stromerzeugung auf Basis von Herkunftsbescheinigungen, wie sie in der EU und in der Schweiz inzwischen obligatorisch sind, dann zeigt sich, dass die Schweiz grosse Mengen von Kohle- und Atomstrom aus dem europäischen Mix einkauft und umgekehrt Wasserkraft in grossen Mengen an den europäischen Markt weiter gibt. Der Schweizer Strommix ist deshalb mitnichten CO<sub>2</sub>-frei, sondern operiert wegen der grossen Importe viel näher auf dem Niveau „EU-Mix“ als in der Schweiz selber gerne kommuniziert wird.

Werden diese Realitäten anerkannt, dann wird ersichtlich, dass jede WKK-Einheit die CO<sub>2</sub>-Bilanz der Stromerzeugung insgesamt verbessert, vorausgesetzt, es werden auch die dadurch frei werdenden Kohle- und Gaskapazitäten von Kraftwerken auf der grünen Wiese angerechnet.

Mit den Stromerzeugungs-Kapazitäten, die in den schweizerischen Öl- und Gasheizungen schlummern, kann die Gesamteffizienz des schweizerischen Energieverbrauchs erheblich verbessert werden. Es ist allerdings nötig, den Strom- und Wärmesektor einer Gesamtopik zu unterziehen und die Anrechnung ebenso wie die Ausgleichsmassnahmen für CO<sub>2</sub>-Reduktionen regulativ auch durchzusetzen.

### Die aktuelle Rolle der Wärme-Kraft-Kopplung in der Schweiz

Die elektrische Leistung aller WKK-Anlagen betrug Ende 2001 rund 490 MW.<sup>33</sup> In den letzten 10 Jahren ist eine deutliche Leistungssteigerung zu beobachten.



**Abbildung 14: Thermische Stromproduktion und Wärme-Kraft-Kopplung in der Schweiz 1990 bis 2002**

	Nr.	Anlagenkategorie	Anzahl Anlagen Ende 2001	Inst. el. Leist. Ende 2001 [MWe]	Stromproduktion 2001 GWh %
	T1	diverse therm. Stromerzeuger	20	75.0	16 1%
	T2	Vouvry (stillgelegt 30.9.1999)	0	0.0	0 0%
	T3	Deponiegasverstromung	7	6.6	38 1%
	T4	Kehrichtverbrennungsanlagen	23	225.6	1'217 42%

<sup>33</sup> Bundesamt für Energie: Thermische Stromproduktion und Wärme-Kraft-Kopplung in der Schweiz 1990 bis 2002, Bern 2002.

		(KVA ohne WKK*)							
Thermische Stromproduktion	Gross-WKK	Subtotal Nicht-WKK-Anlagen		50	307.2	1'271	44%		
		W1	Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA mit WKK*)		3	36.6	129	4%	
		W2	Industrie**		23	247.9	883	30%	
	Wärmekraftkopplung	Klein-WKK	W3	Fernheizkraftwerke**		8	74.5	109	4%
			W4	stromproduzierende Klein-WKK (Blockheizkraftwerke und Gasturbinen < 1MW)		944	131.5	512	18%
		W5	nicht stromproduzierende Klein-WKK (Gas-/Dieselmotor-Wärmepumpen)		(53)	0.0	0	0%	
		Subtotal WKK-Anlagen (ohne W5)		978	490.6	1'633	56%		
Total gesamte thermische Stromproduktion				1'028	797.9	2'904	100%		

Kommentare:

\* Definition der Wärmekraftkopplungs-(WKK)-Anlagen im Rahmen dieser Statistik: ETAtot >= 60% und ETAel >= 5%

\*\* ohne Gas-/Dieselmotoren-Blockheizkraftwerke (diese sind bei den stromproduzierenden Klein-WKK-Anlagen erfasst)

**Der WKK-Beitrag bis 2030**

Werden die Rahmenbedingungen für Wärmekraft-Kopplung im Zuge der gesetzlichen Neuordnung des Stromsektors verbessert, ergibt sich die Möglichkeit, ohne Steigerung des Gesamtverbrauchs fossiler Energieträger eine erhebliche Steigerung der Stromerzeugung und des Wirkungsgrades des „Energiesystems Schweiz“ zu erreichen.

**Tabelle 14: Stromerzeugung aus Wärmekraft-Kopplung mittels Erdgas**

Jahr	Nettoimport Erdgas		Gasanteil für Produktion aus WKK (ansteigend ab 2008-2020, max.50% Import ohne WKK/ Fernwärme 2004)	Zusatzproduktion Strom aus neuen WKK	Leistung neue WKK MW	Zusatzverbrauch für Wärmepumpen GWh	Zusatzleistung WP MW	Stromerzeugung für andere Zwecke GWh	Wärmeproduktion durch neue Wärmepumpen (Jahres-Arbeitsziffer #,0) GWh	Öleinsparung in Tonnen
2005	32539			0						
2006	33585			0						
2007	34664			0						
2008	35778	0.08	1355	515	119	170	39	345	680	67'962
2009	36928	0.16	2802	1065	246	351	81	713	1405	140'539
2010	38115	0.24	4345	1651	382	545	126	1106	2180	217'951
2011	39339	0.32	5989	2276	527	751	174	1525	3004	300'431
2012	40604	0.40	7740	2941	681	971	225	1971	3882	388'221
2013	41908	0.48	9601	3648	845	1204	279	2444	4816	481'574
2014	43255	0.56	11578	4400	1018	1452	336	2948	5808	580'751
2015	44645	0.64	13677	5197	1203	1715	397	3482	6860	686'027
2016	44645	0.72	15386	5847	1353	1929	447	3917	7718	771'780
2017	44645	0.80	17096	6496	1504	2144	496	4353	8575	857'534
2018	44645	0.88	18806	7146	1654	2358	546	4788	9433	943'287
2019	44645	0.96	20515	7796	1805	2573	596	5223	10290	1'029'040
2020	44645	1.00	21370	8121	1880	2680	620	5441	10719	1'071'917
2021	44645	1.00	21370	8121	1880	2680	620	5441	10719	1'071'917
2022	44645	1.00	21370	8121	1880	2680	620	5441	10719	1'071'917
2023	44645	1.00	21370	8121	1880	2680	620	5441	10719	1'071'917
2024	44645	1.00	21370	8121	1880	2680	620	5441	10719	1'071'917
2025	44645	1.00	21370	8121	1880	2680	620	5441	10719	1'071'917
2026	44645	1.00	21370	8121	1880	2680	620	5441	10719	1'071'917
2027	44645	1.00	21370	8121	1880	2680	620	5441	10719	1'071'917
2028	44645	1.00	21370	8121	1880	2680	620	5441	10719	1'071'917
2029	44645	1.00	21370	8121	1880	2680	620	5441	10719	1'071'917
2030	44645	1.00	21370	8121	1880	2680	620	5441	10719	1'071'917

## Grundlagen des Szenarios

- Der Gasimport steigt weiter um 3,2% pro Jahr (Mittel 1995-2004) und stagniert erst ab 2015 bis 2030 bei 32,5 TWh.
- Ab 2008 wächst die Rolle der Wärmekraft-Kopplung. Bis 2020 wird die Hälfte des Gasverbrauchs, der nicht bereits schon vor 2005 für Wärmekraft-Kopplung genutzt wurde, in Wärmekraft-Kopplungs-Anlagen genutzt.
- Für diese Stromerzeugung stehen folgende Energiewandler zur Verfügung:
  - Kleine WKK-Einheiten, z.B. Typ Swissmotor
  - Mikro-Gasturbinen
  - Gasturbinen
  - Brennstoffzellen
  - Stirlingmotoren
- Der „Swissmotor“ erreicht einen Wirkungsgrad von 38%.<sup>34</sup> In der Leistungsklasse ab ca. 120 kW<sub>e</sub> konzentriert sich die Nutzung von WKK auf Mehrfamilienhäuser, Industrie- und Infrastrukturanlagen (Fabriken, Bürogebäude, Schulen, Spitäler).
- Es wird mit einer mittleren Jahresleistung während 4'320 Stunden (Wintermonate) gerechnet. Bei den industriellen WKK-Anlagen dürfte die Nutzungszeit grösser, bei Mehrfamilienhäusern mit ergänzender solarer Zusatzheizung (vorab für Warmwasser) dürfte die Jahresnutzungsdauer evtl. etwas tiefer liegen, in Industriebetrieben aber wesentlich höher.
- Die Stromerzeugung aus WKK (Erdgas) versechsfacht sich so bis 2020 von 1'673 GWh<sup>35</sup> (2004) auf 9'794 GWh (2020). Die Stromerzeugung aus Erdgas steigt damit um 8'100 GWh.
- Die installierte Leistung steigt von 490 MW (2002) um 1'880 MW auf über 2'300 MW.

## Gas-Grosskraftwerke oder Wärmekraft-Kopplung?

Zwischen der Nutzung von Erdgas in Gross- und Kleinanlagen besteht ein gewisser Zielkonflikt:

- Grossanlagen (Gas- und Dampf-Kraftwerke GuD) erreichen einen höheren elektrischen Wirkungsgrad (ca.55-58%). Das Problem liegt in der ungesicherten bzw. teureren Verwertung der anfallenden Abwärme. Wegen der grösseren Transportwege und teurerer Fernwärmenetze wird in Gasgroskraftwerken häufig nur ein kleiner Teil der Abwärme genutzt. Grossanlagen erfordern zur Neutralisierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen viel grössere Investitionen in Wärmepumpen als kleine Wärmekraft-Kopplungsanlagen.
- Kleinanlagen können überall dort wärmegeführt betrieben werden, wo ein Wärmenutzer vorhanden ist. Sie lassen sich auch einfacher ins Stromnetz integrieren, verfügen aber über einen etwas tieferen elektrischen Wirkungsgrad (35-40%). Die Gesamteffizienz bei Nutzung der Abwärme liegt mit über 90 % aber höher als bei Grosskraftwerken.
- WKK statt GuD heisst somit 30-40% Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparungen. In den nächsten Jahrzehnten, bis zum vollständigen Umstieg auf erneuerbare Energien, bilden dezentrale WKK-Anlagen einen wesentlichen Pfeiler für den Umstieg. Unter ökologischen Gesichtspunkten sind kleine WKK-Anlagen für die Schweiz viel eher zu empfehlen als Grosskraftwerke.

Zur Umsetzung einer WKK-Strategie sind verschiedene Hürden zu überspringen:

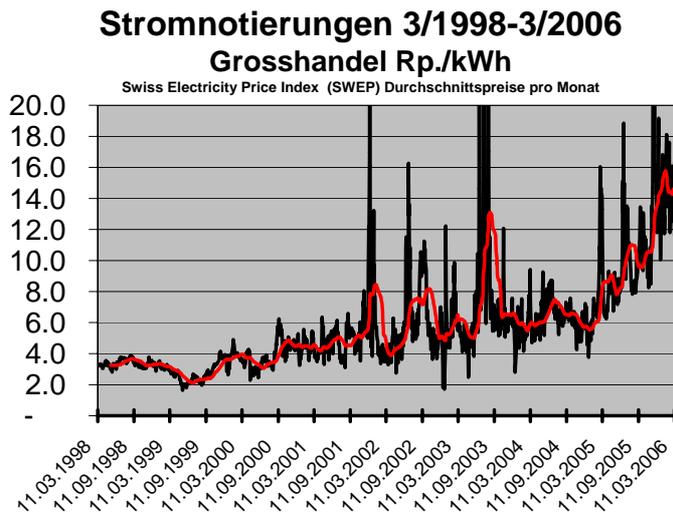
- Es braucht nicht mehr nur Einzelinvestitionsentscheide grosser Elektrizitätsunternehmungen, sondern eine Fülle von Investitionsentscheiden auf unterschiedlichen Ebenen. Contracting-Lösungen sind in diesem Bereich hilfreich.
- Die bürokratischen Hürden zur Einspeisung von Strom (z.B. schikanöse Vergütungsabzüge) müssen beseitigt werden.
- Im Kanton Zürich besteht die Möglichkeit zur WKK-Pflicht bei grossen Heizanlagen: *§ 48. Bewilligungen für Heizanlagen mit einer Feuerungswärmeleistung von 2 Megawatt oder mehr können unter Berücksichtigung von Umweltverträglichkeit, Wirtschaftlichkeit und betrieblicher Gegebenheiten mit der Auflage zur Erstellung einer Wärmekraftkopplungsanlage verbunden werden.*<sup>36</sup>
- Mit einer WKK-Strategie können rasch zusätzliche Stromproduktionsleistungen zugebaut werden. Vorläufig liegt der Technologie-Schwerpunkt bei mechanischer WKK (Gasmotoren und Gasturbinen), längerfristig auch bei Brennstoffzellen und Stirlingtechniken. Dazu sind kurzfristig v.a. mittelgrosse dezentrale Anlagen in Industrieanlagen und bei grossen Wärmeverbrauchern geeignet. Mittelfristig und für den weiteren WKK-Ausbau eignen sich alle Heizungen zum Ersatz mit WKK.

<sup>34</sup> Verband Schweizerische Gasindustrie, VSG, Jahresbericht 2004, S. 12.

<sup>35</sup> Ein Teil der Stromerzeugung aus Wärmekraft-Kopplung stammt auch aus Diesel- und KVA-Aggregaten. Die einzelnen Anteile sind in der Gesamtenergiestatistik nicht aufgeschlüsselt. Die Zubauten, die im Modell gerechnet werden, werden allein dem Erdgas zugeschrieben. Die Nutzung von Biogas und KVA wird separat elaboriert.

<sup>36</sup> Verordnung über die ordentlichen technischen und übrigen Anforderungen an Bauten, Anlagen, Ausstattungen und Ausrüstungen. Besondere Bauverordnung I; BBV I 49 vom 6. Mai 1981.

**Abbildung 15: Swiss Electricity Price Index (SWEP)**



### Regulatorisches Umfeld

Dank höherer Wärmekosten und steigender Strompreise ist eine Kombination von Erdgas heute viel attraktiver als in den neunziger Jahren. Zudem muss auf der Stromerzeugung zum Eigenverbrauch in Zukunft keine Netznutzungsgebühr entrichtet werden.<sup>37</sup> Die Bedeutung der Wärmekraft-Kopplung könnte deshalb erheblich zunehmen, wenn die grossen Stromkonzerne dieser Technik keine neuen Steine in den Weg legen (wie dies in der Vergangenheit stets der Fall war). Gesetzlich verbesserte Einspeisevergütungen für Strom aus WKK oder das Recht auf net metering (der Zähler läuft rückwärts) können die Attraktivität von WKK-Anlagen weiter verbessern.<sup>38</sup>

Die Grosshandelspreise für Elektrizität lagen in den 90-er Jahren lange unter 5 Rp./kWh. In jüngerer Zeit hat sich dies verändert.

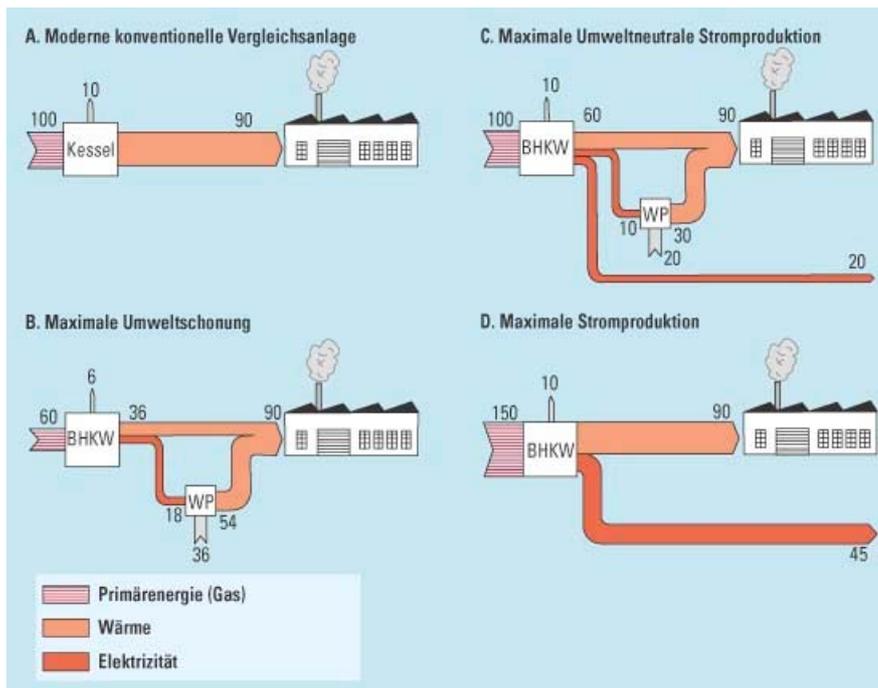
### Neutralisierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

Die Stromerzeugung in Wärmekraft-Kopplungs-Anlagen erhöht zwar auf den ersten Blick den Verbrauch fossiler Energien. Doch dieser Effekt kann kompensiert werden,

- a) wenn dafür der Zukauf aus europäischen Kohlekraftwerken vermindert wird oder
- b) wenn mindestens ein Drittel der Stromerzeugung für Wärmepumpen eingesetzt wird, die wiederum Ölheizungen (oder Gasheizungen ohne WKK) ersetzen (Variante C unten, CO<sub>2</sub>-neutral).

<sup>37</sup> Stromversorgungsgesetz Art. 14.2. Das Ausspeisepunktmodell enthält keine Netznutzungskomponente für Erzeuger. In Art. 15 Abs. 4b ist das Nettoprinzip der Kostenwälzung gemeint, welches die dezentralen Einspeisungen fördert, indem sich durch diese Einspeisung das Netznutzungsentgelt reduziert.

<sup>38</sup> Dazu müsste evtl. Art. 7 Absatz 2 des Energiegesetzes wie folgt angepasst werden (Änderungen unterstrichen): Bei Elektrizität, die aus mit fossilen Energieträgern betriebenen Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen gewonnen wird, richtet sich die Vergütung nach markt-orientierten Bezugspreisen für gleichwertige Energie auf der Spannungsebene der Einspeisung.



**Abbildung 16: Wärmekraft-Kopplung im Vergleich (Grafik BFE) <sup>39</sup>**

Um die CO<sub>2</sub>-neutrale Stromerzeugung abzusichern, müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

- Ein Drittel der Stromerzeugung aus Erdgas wird für den Betrieb von Wärmepumpen (Annahme: Arbeitsziffer 4,0) verwendet. Diese ersetzen in erster Linie Ölheizungen<sup>40</sup>, die durch den Anstieg der Ölpreise und wegen der Luftreinhaltebestimmungen ersetzt werden müssen. Der Ölverbrauch lässt sich so um 1,07 Mio. Tonnen senken. Dies entspricht 9,1% des gesamten Ölverbrauchs im Jahre 2004 oder 20% des Brennstoffverbrauchs von Heizöl.
- Nicht beziffert in diesen CO<sub>2</sub>-Reduktionen ist der Minderverbrauch an fossilen Brennstoffen, der durch die Nutzung neuer Holzöfen (anstelle von Ölheizungen) oder durch bessere Baustandards (Minergie) einher geht. Häufig erfolgt die Installation von Wärmepumpen bei der Gesamt-Sanierung eines Gebäudes. Neue Heizanlagen kommen dann mit kleineren Kapazitäten aus.
- Nicht berücksichtigt sind mögliche weitere CO<sub>2</sub>-Reduktionen durch Verbesserungen der Arbeitsziffern von Wärmepumpen.

Die Kapazität der Wärmepumpen müsste bei dieser Wärmekraft-Kopplungs-Strategie von derzeit 1'314 MW bis 2020/2030 um 1'880 MW gesteigert werden, was einer Erhöhung um 143 % entspricht. Die Chancen dafür sind durchaus gegeben, vielleicht wird das Ziel schon viel früher erreicht. Zwischen 1990 und 2004 stieg die Leistung der Wärmepumpen von 823 MW auf 1'314 MW. Im Jahre 2004 waren 87'000 Wärmepumpen in Betrieb.

Eine WKK-Strategie hat eine Reihe von Vorteilen:

- Die Anlagen können dank einheimischem Know-how weitgehend in der Schweiz hergestellt werden.
- Die Wertschöpfung und die Gesamt-Energieeffizienz steigen.
- Die Nutzung von importierten Primärenergien aus Krisengebieten (Öl) verringert sich.
- Eine dezentrale Strukturierung der Stromerzeugung verbessert die Versorgungssicherheit.
- Bei steigendem Stromverbrauch reduzieren Wärmekraft-Kopplungs-Anlagen den Bedarf an Netzausbauten. Sie tragen damit zur Kostenminderung aller VerbraucherInnen bei.

<sup>39</sup> Daten aus: Schweizerisches Bundesamt für Konjunkturfragen (Ravel): Elektrizität im Wärmesektor, Bern 1991.

<sup>40</sup> oder konventionelle Gasheizungen.

## Wärmepumpen in der Schweiz

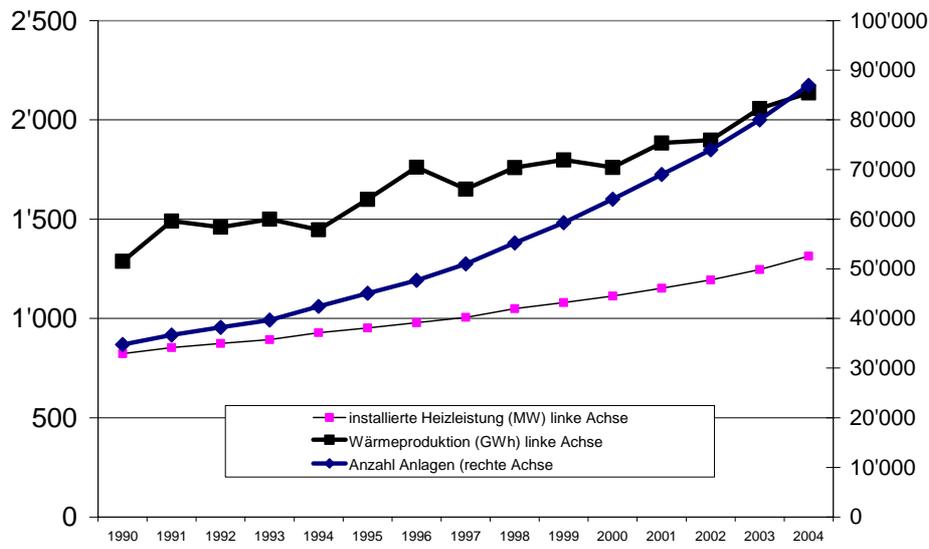


Abbildung 17: Entwicklung der Anzahl und der Leistung von Wärmepumpen in der Schweiz

## 5. Die Rolle der Atomenergie

Das vorliegende Papier beschäftigt sich mit den Ersatzstrategien für Atomkraftwerke. **Mit der Reduktion von Atomrisiken wird die Schweiz sicherer.** Dies gilt sowohl

- für die Risiken einer radioaktiven Verstrahlung,
- punkto Versorgungssicherheit.

Atomenergie ist ein ökologisches und wirtschaftliches Klumpenrisiko. Bei einem grossen Unfall oder einem Terroranschlag mit nachfolgender Schliessung einer Vielzahl von Anlagen („Domino-Effekt“) steht die Versorgungssicherheit der Schweiz stets auf dem Spiel.

Nur eine breite Diversifikation der Stromerzeugung und die Nutzung von erneuerbaren, unerschöpflichen Energien bringt echte Versorgungssicherheit.

Die Atombranche versucht, die Laufzeiten der bestehenden Werke zu verlängern. Dies führt zu wachsenden Sicherheitsdefiziten. Das Interesse von privaten InvestorInnen an neuen Atomkraftwerken hält sich bisher in Grenzen. Es sind staatliche, marktmächtige Stromkonzerne, die dank Monopolgewinnen der Atom-Philosophie frönen. Trotz Ausbauprogrammen in China und Indien ist der Marktanteil der Atomenergie global rückläufig, während die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien weit dynamischer ansteigt (auch und gerade in Indien und China).

Die Forderung nach einem Verzicht auf neue Atomkraftwerke ergibt sich aus technischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Gründen, die hier nur summarisch aufgezählt seien:

- Technisch gesehen sind die **Sicherheitsrisiken der Atomenergie** zu hoch: **Unfallrisiken, fehlende Haftpflichtversicherung, lang strahlende hoch-radioaktive Abfälle, Proliferation, Emissionen in kleinen Dosen auch bei Normalbetrieb**<sup>41</sup> .
- Die Atomenergie erweist sich wegen dieser externalisierter Kosten als die am stärksten subventionierte Form der Stromerzeugung weltweit.
- Als neues Risiko gesellt sich die **Terrorgefahr** dazu, welche bestehende Anlagen, Atomtransporte und Zwischenlager treffen kann.
- **Personell** gesehen fehlt es der Atomwirtschaft an jungem, motiviertem Personal. Das Studium der Kernphysik vermag nur noch wenige Menschen zu begeistern. Die erneuerbaren Energien erweisen sich als attraktiver. Dadurch wird der sichere Betrieb der Atomkraftwerke erschwert, wenn nicht gefährdet.
- Der grosse Bedarf an **Kühlwasser** macht die Atomenergie in vielen Weltgegenden unattraktiv. Trockenheiten sowie die Gefahr von Überflutungen werden zum Betriebsrisiko, das auch in der Schweiz und in Frankreich Abschaltungen erzwungen hat.<sup>42</sup>
- Die **Ressourcenbasis** der Atomenergie ist – wie die Verdreifachung der Urankosten zeigt – in wachsendem Masse ungesichert. Heutige Anlagen profitieren noch ca. 10 Jahre lang von militärischen Vorleistungen (Nutzung von Atombombenmaterial), die sich aber zunehmend erschöpfen. Bei einer Renaissance der Atomindustrie wäre ein Übergang zu deutlich teureren und riskanteren Brennstoffen (Plutonium, Thorium, schwach konzentriertes Uran) unausweichlich.
- Mit der Atomenergie wächst die **Auslandabhängigkeit** der Stromerzeugung. Dazu gehören die Urangewinnung, die Brennstoffaufbereitung, der Bau der Reaktoren, die Konditionierung der Brennstäbe nach deren Gebrauch und mithin die Personalbasis.
- Die Öffnung der Strommärkte hat zur Folge, dass kapitalintensive Technologien mit langen Abschreibungsfristen unrentabel werden, wenn sie in den ersten Jahrzehnten nicht mehr quersubventioniert werden können. InvestorInnen in Atomkraftwerke tragen ein erhebliches **Kostenrisiko**, das sie nicht mehr wie bisher auf Dritte (Staat, KleinkonsumentInnen) überwälzen können.
- Der Wettbewerb zwingt aber auch zu einer Reduktion der Sicherheit und zur Abschiebung von Kosten auf die öffentliche Hand, namentlich der Kosten der Lagerung, die nur für wenige Jahrzehnte gedeckt sind.
- Die Vernehmlassung zur Revision des Kernenergiehaftpflichtgesetzes zeigt, dass die Atomlobby, die im Bundesrat seit Jahrzehnten über eine solide Mehrheit verfügt, keineswegs gewillt ist, auf ihre Protektion durch

---

<sup>41</sup> Diese fallen vor allem bei der Urangewinnung und der Aufbereitung der Brennstäbe an.

<sup>42</sup> Ole von Uexküll: Energy and Water, Exploring the Relationship Between Energy and Water, <http://www.rmi.org/sitepages/pid1141.php>

Haftungsprivilegien zu verzichten. Diese Haftungssumme soll, im Verhältnis zur Grösse des Risikos völlig unangemessen, von 1 Milliarde auf bloss 2 Milliarden Franken erhöht werden, was kaum der Teuerung seit Beginn der Atomenergie entspricht.

- Bisher wurden namhafte Kosten der Atomwirtschaft, insbesondere die Defizite bei der Herstellung und Wiederaufarbeitung von Brennstäben, mit **staatlichen Mitteln** finanziert. In der Schweiz erhielten die Atomkraftwerke über den Mischtarif sehr hohe Zuwendungen aus der Wasserkraft. Dies wird in Zukunft aus wettbewerbsrechtlichen Gründen schwieriger zu werden, wie die Klage von EREF bei der europäischen Union gegen die Finanzierungsmodalitäten des französisch/finnischen Atomreaktors belegt.<sup>43</sup>
- Wirtschaftlich waren neue Atomkraftwerke stets mit vergleichsweise hohen Kosten verbunden. Die angebliche Verbilligung der Reaktoren ist nicht nachgewiesen und basiert auf der Annahme grosser Stückzahlen. Das letzte in Europa fertig gestellte Atomkraftwerk mit transparenter Rechnung, Sizewell B in Grossbritannien mit 1'258 MW Leistung, kostete 5 Mrd. € oder über 7,5 Mrd. SFr. (6'000 SFr. /MW).<sup>44</sup> Die Kosten von Leibstadt beliefen sich laut Hersteller auf 4,8 Mrd. SFr. (SFr. von 1984) oder real auf 6.96 Mrd. in SFr. von 2004<sup>45</sup>.
- Notwendige Vorkehrungen gegen Terroranschläge und die stark gestiegenen Stahlpreise dürften die neuen Reaktoren weiter verteuern und die suggerierten Verbilligungen mindestens teilweise rückgängig machen.

International gesehen stiehlt die Windenergie der Atomenergie zunehmend die Show. Dies gilt nicht nur für Europa, wo 2005 über 6'000 MW Windenergie in Betrieb gingen, sondern in verstärkter Masse für Länder wie China, Indien und Brasilien, wo bessere Rahmenbedingungen zu viel höheren Wachstumsraten der Windenergie beitragen.

Die Risiken der Atomenergie wurden in vielen Ländern in Kauf genommen, weil es die Atomlobby immer wieder verstanden hat, eine vermeintliche Unersetzlichkeit zu suggerieren. Je mehr aber die Windenergie zulegt und sich durch begleitenden technischen Wandel (HGÜ-Leitungen, Speicherung) Marktanteile von 30-50% erschliesst (wie in Dänemark, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern usw.), desto unglaubwürdiger wird die „Unersetzlichkeit“ der Atomenergie. Länder wie Dänemark, Deutschland, Italien, Spanien, Portugal und Österreich beweisen täglich, dass der Beitrag der erneuerbaren Energien gesteigert werden kann, sobald die obsessive politische Dominanz der Atomlobby, die sich heute vor allem als Verhinderer-Kartell für erneuerbare Energien und Energieeffizienz profiliert, einmal überwunden ist.

Noch sind wir in der Schweiz nicht so weit, wie der Widerstand der grossen Elektrizitätswerke (Atel, Axpo, BKW) gegen geregelte Einspeisevergütungen zeigt. Doch die Dynamik im benachbarten Ausland lässt sich nicht länger übersehen und wird eines Tages auch die Schweiz erfassen.

---

<sup>43</sup> Die European Renewable Energies Foundation (EREF) hat bei der Europäischen Kommission eine Untersuchung verlangt, weil die offiziell günstigen Kosten des finnischen Euro-Reaktors von 3,2 Mrd.€ nur mit einer Vielzahl direkter und indirekter staatlicher Beihilfen erreicht werden. Die EREF-Klage an die EU Kommission spricht von „serious and orchestrated concertation and action“ aiming „to reduce economic risks related to the projects...to a level which is unheard of in any power plant deal or any energy supply since liberalization of the energy market in 1996“. Zum „Preis-Dumping“ gehören laut EREF Kostenübernahmen durch staatliche Herstellerfirmen, Exportrisikogarantien und niedrig verzinsliche Kredite. So sind folgende Subventionen bekannt:

- Ein Darlehen der Bayerischen Landesbank (BLB) von 1,95 Mrd. € zu einem Zins von 2,6%,
- Die Umgehung der EU-weiten Beschaffungsbestimmungen durch feste Abnahmeverträge,
- Exportrisikogarantien der schwedischen und französischen Behörden.

<sup>44</sup> Steve Thomas: The economics of new nuclear power plants and electricity liberalisation: Lessons for Finland from British experience, Senior Research Fellow, Public Service International Research Unit (PSIRU), University of Greenwich.

<sup>45</sup> Aufindexierung unter Verwendung des Landesindex der Konsumentenpreise.

### Neue Atom-Gesetzgebung in der Schweiz

Schliesslich ist darauf hinzuweisen, dass in der Schweiz seit 2005 neue gesetzliche Rahmenbedingungen gelten:

- Die Möglichkeit, AKW-Betreiber vor Bundesgericht zu verklagen, namentlich hinsichtlich der nicht gewährleisteten Sicherheit bei Unfällen, Terror und Erdbeben.
- Die Möglichkeit, gegen neue Atomanlagen das Referendum zu ergreifen.

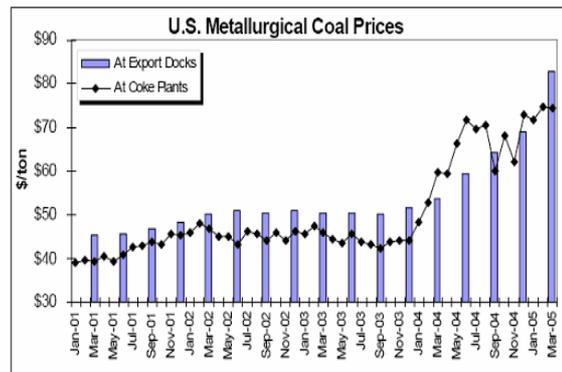
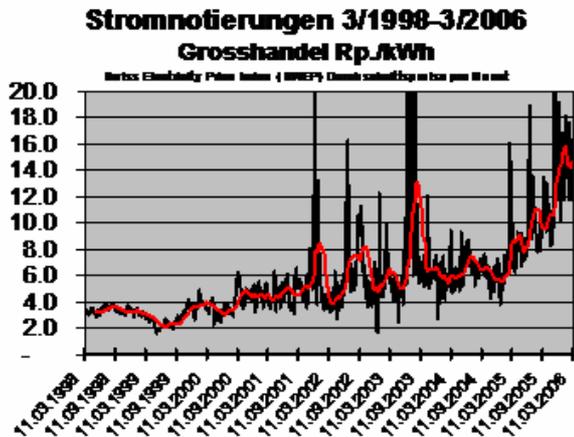
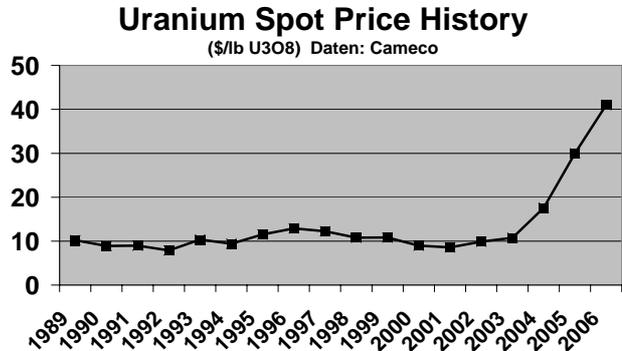
Nein-Mehrheiten bei Referenden lassen sich bekanntlich leichter erzielen als Ja-Mehrheiten für Volksinitiativen. Der Widerstand gegen die Atomenergie wird auch in Zukunft anhalten, und im Unterschied zu früher besteht heute eine Palette von sauberen, marktgängigen Strombezugsmöglichkeiten, die die Atomenergie problemlos ablösen können.

Deshalb ist es unwahrscheinlich, dass die Atomlobby ihre heute bestehenden Anlagen problemlos ersetzen oder noch ausbauen kann. Das einzige, was ihr derzeit gelingt, ist die Blockierung der erneuerbaren Energien im Inland. Eine Renaissance der Atomkraft beinhaltet dies jedoch noch nicht.

Und auch in Zukunft wird es Gruppierungen mit Zivilcourage geben, die alle juristischen Möglichkeiten gegen das Grossrisiko Atomkraft ausschöpfen werden. Um die erneuerbaren Energien voran zu bringen, bleibt ihnen auch keine andere Wahl.

## 6. Preise, Kosten und regulatorisches Umfeld

### Entwicklung der Energiepreise



**Abbildung 18, 19, 20, 21: Entwicklung der Ölpreise (\$ pro Barrel), Uranpreise, Kohlepreise (USA) und der Strompreise**

In jüngster Zeit haben steigende Preise für Erdöl, Gas, Kohle und Strom die Wettbewerbsposition der erneuerbaren Energien weltweit verbessert. Das Interesse der InvestorInnen ist geweckt, in vielen Ländern herrscht ein Boom: Windturbinen, Photovoltaik-Module, Holzpellet-Öfen und Wärmepumpen sind zum Teil auf Jahre hinaus ausverkauft, die Wachstumsraten sehr hoch (30-50% pro Jahr).

Die Ölpreise ziehen auch die Gaspreise nach oben.<sup>46</sup> Dies beeinflusst direkt die Kosten der Stromerzeugung, weil die Kohlenutzung – in Europa – wegen des Kyoto-Protokolls kaum erhöht werden darf (und weil selbst in den USA und China die Kohlepreise ansteigen, bedingt durch den häufig „fossilen Input“ bei der Gewinnung und Transport).

### Kosten und Nutzen der erneuerbaren Energien

Eine eigentliche Kostenschätzung des Szenarios ist hier aus verschiedenen Gründen nicht möglich:

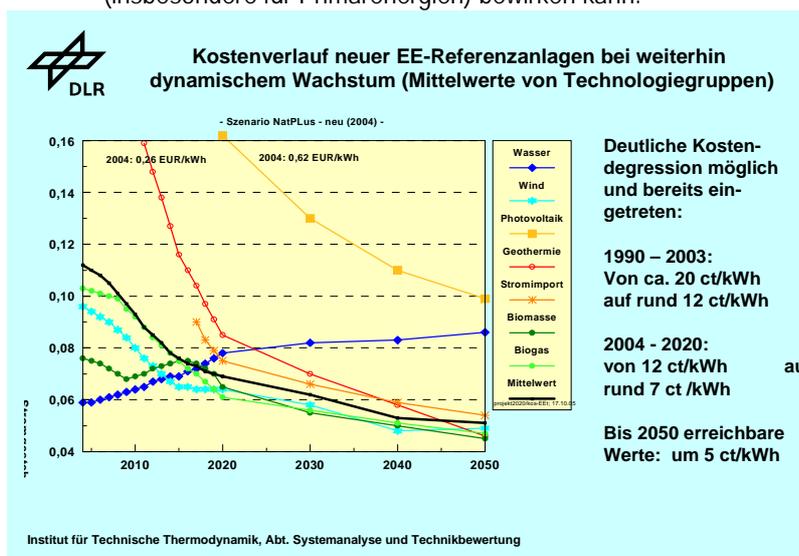
- Nettokosten und -nutzen einer Strategie mit Energieeffizienz und erneuerbaren Energien hängen von den erwarteten Konkurrenzkosten für Öl und Erdgas ab. Diesbezügliche Prognosen werden hier nicht erarbeitet.
- Alle Nutzungstechniken der erneuerbaren Energien werden dank Massenproduktion günstiger. Das heisst, dass die Position der erneuerbaren Energien im Wettbewerb mit den nicht erneuerbaren Energien tendenziell immer besser wird.

Bei einer Kostenschätzung der Szenarien müsste neben den **Kosten auch der Nutzen unterschiedlicher Investitionspfade** abgewogen werden. Dazu gehören namentlich:

- Der Wegfall der Erstellungskosten von neuen Atomkraftwerken,
- Der Wegfall des Unfallrisikos für die Bevölkerung,
- Kosteneinsparungen dank Energieeffizienz,
- Erhöhte Versorgungssicherheit dank Diversifikation der Ressourcen und der Standorte,
- Mässige Entwicklung der Netzkosten bei dezentraler Stromerzeugung,
- Verminderung der externen Kosten bei Absenkung von Emissionen (Luft- und Bodenbelastung, Klimaschäden, Ernteschäden usw.),
- Multiplikator-Effekte bei einheimischen Energien und Schaffung von Arbeitsplätzen, auch in Randgebieten (Biomasse, Wind),
- Erschliessung neuer Exportmärkte,
- Technologische Lerneffekte und wissenschaftliche Multiplikator-Effekte zukunftsfähiger Technologien.

Zu beachten ist ein weiterer wichtiger Unterschied zu den in der Schweiz bisher genutzten Energieträgern Öl, Erdgas und Uran: **Alle postulierten erneuerbaren Technologien sind kostensicher.** Kostensicher bedeutet:

- Sie nutzen **verfügbare, erneuerbare inländische oder ausländische Primärenergien** (Wind, Wasser, Erdwärme, Solarenergie, Biomasse).
- Die erneuerbaren Ressourcen sind den Preisvolatilitäten der nicht erneuerbaren Energien nicht ausgesetzt. Zudem ist ihre Nutzung bei sachgerechtem Vorgehen nur mit geringen externen Kosten verbunden.
- Sie führen bereits bestehende inländische Energieverbräuche (Kehricht, Erdgas, Biomasse) einer **Zusatznutzung** zu und verbessern damit die Effizienz bestehender Infrastrukturen, was indirekt eine **Senkung der Kosten** (insbesondere für Primärenergien) bewirken kann.



**Abbildung 22: Kostenverlauf der deutschen Referenzanlagen mit erneuerbaren Energien**

Die spezifischen Gesteungskosten der erneuerbaren Energien sinken.

Nach einem vorübergehenden Anstieg der Mehrkosten für die kostendeckende Vergütung wird in Deutschland spätestens ab 2015 eine Abnahme erwartet.

Die gestiegenen Notierungen am Spotmarkt, welche die erneuerbaren Energien relativ vergünstigen, sind hier nicht berücksichtigt.

<sup>46</sup> In der Schweiz sind alle Gasbezugsverträge an den Ölpreis gebunden (mündliche Angabe Verband der Schweizerischen Gasindustrie, VSG).

## Regulatorisches Umfeld

Das hier publizierte Umstiegsszenario setzt punkto Technologien auf die Fortschreibung bestehender Trends im In- und Ausland. Im Übrigen werden folgende gesetzliche Rahmenbedingungen unterstellt:

- Befreiung dezentraler Stromerzeugung zum Eigenverbrauch von den Netzgebühren,<sup>47</sup>
- Keine neuen Atomkraftwerke bis 2030 (Referendum muss gewonnen werden),
- Keine Betriebsverlängerungen > 40 Jahre (umstritten), keine weiteren Leistungserhöhungen, letzte Stilllegung bestehender Werke bis 2024 (optimistisch),
- Einhaltung der Restwasservorschriften für die Wasserkraft,
- Kostendeckende Einspeisevergütungen für Strom aus erneuerbaren Energien und aus dem biogenen Anteil im Kehrrecht gemäss Nationalratsbeschluss im Stromversorgungsgesetz,<sup>48</sup>
- Vergütung der marktorientierten Beschaffungskosten für ins Netz eingespeiseten WKK-Strom (geltendes Energiegesetz Art. 7 Absatz 2),
- Risikogarantien für Geothermie-Anlagen (gemäss Stromversorgungsgesetz),
- Schaffung ausreichender Windnutzungszone im In- und Ausland,
- Ausbau der kontinentalen Netzinfrastruktur.

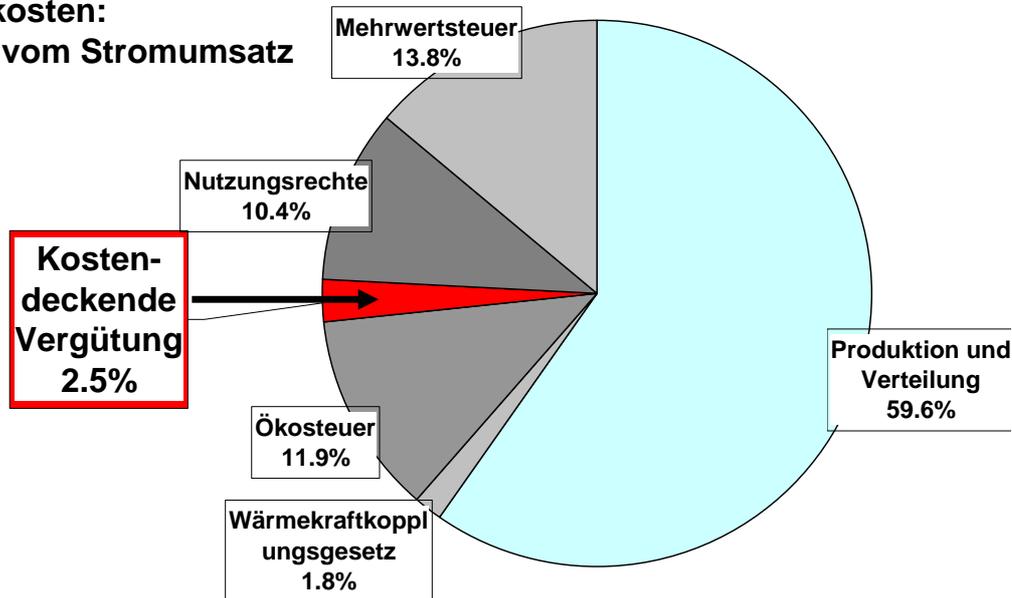
## Erfolgreiche Beispiele ausländischer Technologieförderung

Mit dem Instrument der kostendeckenden Vergütung wird seit 1990 im Ausland erfolgreich operiert. Dänemark (1985), Deutschland (1990) und Spanien (1995) führten kostendeckende Vergütungen für Windenergie ein. Mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz in Deutschland wurde dieses erfolgreiche Modell auf alle erneuerbaren Energien ausgeweitet.

Heute gehören diese Länder zu den erfolgreichsten Exportnationen für Energietechniken, während die Schweiz – ursprünglich eine erfolgreiche Pionierin – die neuen Entwicklungen wegen der anhaltenden Blockade der Wirtschaftsverbände und der Atomlobby verschlafen hat.

### **Mehrkosten:**

**2,5 % vom Stromumsatz**



**Abbildung 23: Mehrkosten der kostendeckenden Vergütung**

<sup>47</sup> Stromversorgungsgesetz Art. 14.2. Das Ausspeisepunktmodell enthält keine Netznutzungskomponente für Erzeuger. In Art. 15 Abs. 4b ist das Nettoprinzip der Kostenwälzung gemeint, welches die dezentrale Einspeisungen fördert, indem sich durch diese Einspeisung das Netznutzungsentgelt reduziert.

<sup>48</sup> Deckelung der Mehrkosten bei 0,3 Rp./kWh; keine Technik darf > 50% der Einspeisevergütungen erhalten.

Die kostendeckende Vergütung verteuert den Strom in Deutschland um 2,5% (Daten 2003). Die Mehrkosten derselben Menge Strom aus Atomenergie dürften eher höher liegen. Mit dem Anstieg der Strompreise sind die Differenzkosten der erneuerbaren Energien rückläufig:

- Die Stromerzeugung aus Kehrlicht, Biogas, Biomasse, Geothermie und Windenergie operiert heute schon zu vergleichsweise marktnahen Kosten.
- Die noch teure Photovoltaik dürfte weiterhin stark expandieren. Sicherungen gegen ein zu schnelles Wachstum sind im Stromversorgungsgesetz eingebaut (max. 25 % des Kostendeckels).
- Die Einführungskosten vergünstigen sich im Lauf der Zeit dank der Kostensenkungen auf dem Weltmarkt, von denen auch die Schweiz profitieren kann.

Im vom Wind nicht verwöhnten Deutschland lagen die Stromspitzenlast-Notierungen an der European Energy Exchange (EEX)<sup>49</sup> mit 9,4 €/kWh im Dezember 2005 höher als viele Einspeisevergütungen nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (z.B. höher als die garantierten 5,3-8,4 €/kWh für neuen Wind- und Biomassestrom). Das heisst: Wind- und Biomassekraftwerke vergünstigten in diesem Winter tagsüber den deutschen Strom massiv und werden in Zukunft noch stärker zur Preisstabilisierung der Stromkosten auf tieferem Niveau beitragen.

---

<sup>49</sup> Energiebörse Deutschlands mit Sitz in Leipzig.

### Tabelle 15 Aktuelle Höhe der kostendeckenden Vergütung in Deutschland

Die nachfolgende Tabelle gibt wieder, welche Vergütungen derzeit für die neuen erneuerbaren Energien in Deutschland gelten:

Vergütung in der BRD in €-Cents/kWh (1 € = 1.55 CHF)	2006
<b>Solarstrom: Degression 5-6.5% pro Jahr</b>	
Dach < 30 kW	51.8
Dach < 100 kW	49.3
Dach > 100 kW	48.7
Fassade < 30 kW	56.3
Fassade < 100 kW	53.8
Fassade > 100 kW	53.2
Freilandanlagen	42.7
<b>Strom aus Biomasse-WKK Degression 1.5% pro Jahr</b>	-
bis 150 kW	13.1
bis 500 kW	11.5
bis 5 MW	10.6
5 MW - 20 MW	10.1
Strom aus Deponiegas/Klärgas bis 500 kW	7.5
bis 5 MW und mehr	6.5
<b>Strom aus Geothermie Degression 1% pro Jahr</b>	-
bis 5 MW	14.7
bis 10 MW	13.7
bis 20 MW	8.8
ab 20 MW	7.0
<b>Strom aus Windkraft, Degression 2% pro Jahr</b>	-
onshore Basis	5.3
onshore erhöht (mind. 5 Jahre)	8.4
offshore Basis	6.2
offshore erhöht (erste 12 Jahre)	9.1
<b>Strom aus kleiner Wasserkraft (keine Degression)</b>	-
bis 500 kW	14.5
bis 5 MW	10.0
<b>Leistungserhöhungen Grosse Wasserkraft (Degression 1% pro Jahr)</b>	0
bis 500 kW	11.3
bis 10 MW	9.8
bis 20 MW	9.0
bis 50 MW	6.7
ab 50 MW	5.4

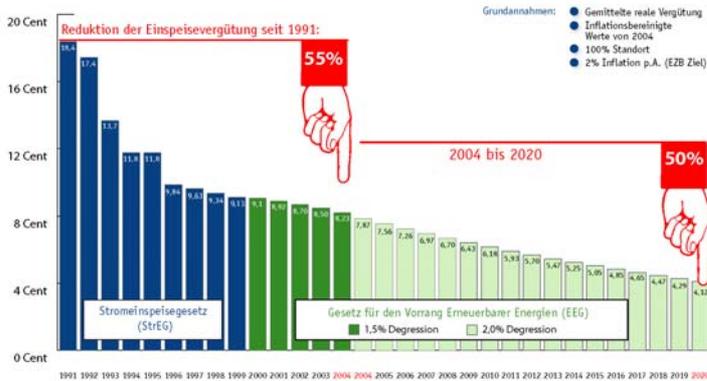
Der Blick ins Ausland zeigt: Neue Technologien werden rasch rentabel. Die jährliche Preissenkung für Neuanlagen erzeugt massiven Druck auf der Kostenseite. In Deutschland gilt folgende Degression:

Windenergie	- 2,0%	pro Jahr
Biomasse	- 1,5%	pro Jahr
Geothermie	- 1,0%	pro Jahr
Photovoltaik	- 5,0%	pro Jahr
Photovoltaik auf Freiflächen	- 6,5%	pro Jahr

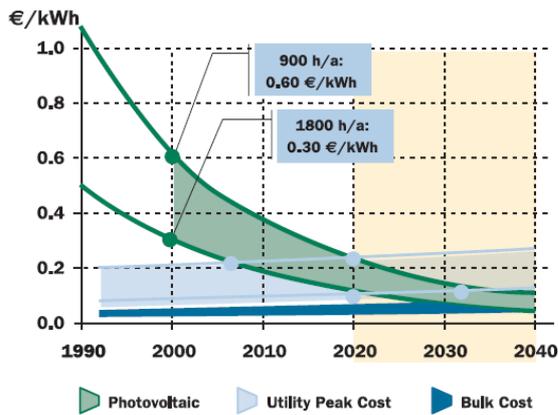
Diese Degression versteht sich nominal. Real ist die Absenkung noch um den Umfang der Jahreststeuerung erhöht.

Inzwischen wurden diese Vergütungsmodelle in einem weiteren Dutzend EU-Länder, in China, der Türkei, in Brasilien und in einzelnen Bundesstaaten in Nordamerika kopiert. Überall führt die Einführung geregelter Vergütungen für Stromeinspeisungen unmittelbar zu einem Investitionsboom.

**Beispiel Windenergie:  
spezifische Kosten um 55% gesenkt**  
*78 % Kostenreduktion bis 2020 – dank Kontinuität und guten Rahmenbedingungen*



**Figure 5: Generation costs of PV electricity<sup>25</sup>**



<sup>25</sup> EPIA: Towards an Effective Industrial Policy for PV (RWE Schott Solar)

**Abbildung 25 und 26: Entwicklung der Modulkosten Photovoltaik**  
(Quelle: European Commission 2005)<sup>50</sup>

Lernkurven zeigen: Bei jeder Verdoppelung der kumulierten Herstellungsmenge lassen sich die Kosten um einen im Voraus bekannten Schätzwert absenken. Die Konkurrenzfähigkeit ist somit eine Frage der verkauften Menge und der Zeit.

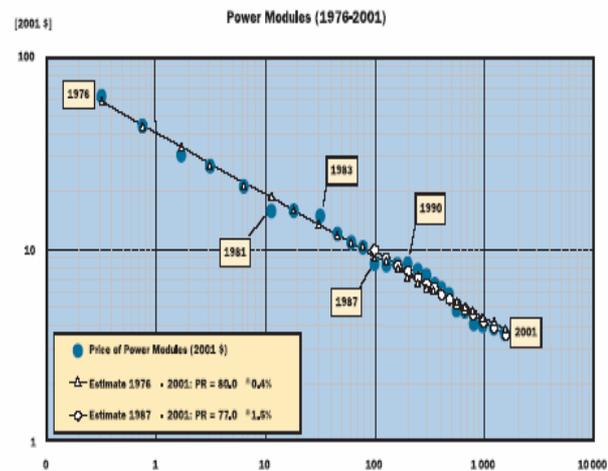
**Obstruktionspolitik der Elektrizitätswirtschaft**

Um ihre Atomkraftwerke vor Opposition zu schützen, betreibt die schweizerische Elektrizitätswirtschaft seit Jahrzehnten Obstruktion gegen die erneuerbaren Energien. Angemessene Vergütungen für neue Techniken werden bekämpft und verhindert (Ausnahme Basel-Stadt). Dem Markteintritt von potentiellen Konkurrenten (z.B. mit WKK, solarer Warmwasservorwärmung) wurde mit Kampfpreisen (Dumpingtarifen) begegnet. Die Schaffung eines Krebsregisters zur Messung von Erkrankungen im Umkreis von Atomkraftwerken wird seit Jahrzehnten verschleppt, denn das Volk darf auf keinen Fall erfahren, welche Gesundheitsschäden die Atomenergie nach sich zieht.

**Abbildung 24: Absenkung der gesetzlichen Einspeisevergütungen für Windenergie in der Bundesrepublik Deutschland 1990-2020**

Die Kostensenkungspotentiale sind heute alles andere als ausgeschöpft.

**Figure 3: Learning curve – PV module prices (per Watt) against cumulative shipment (in MW)<sup>18</sup>**

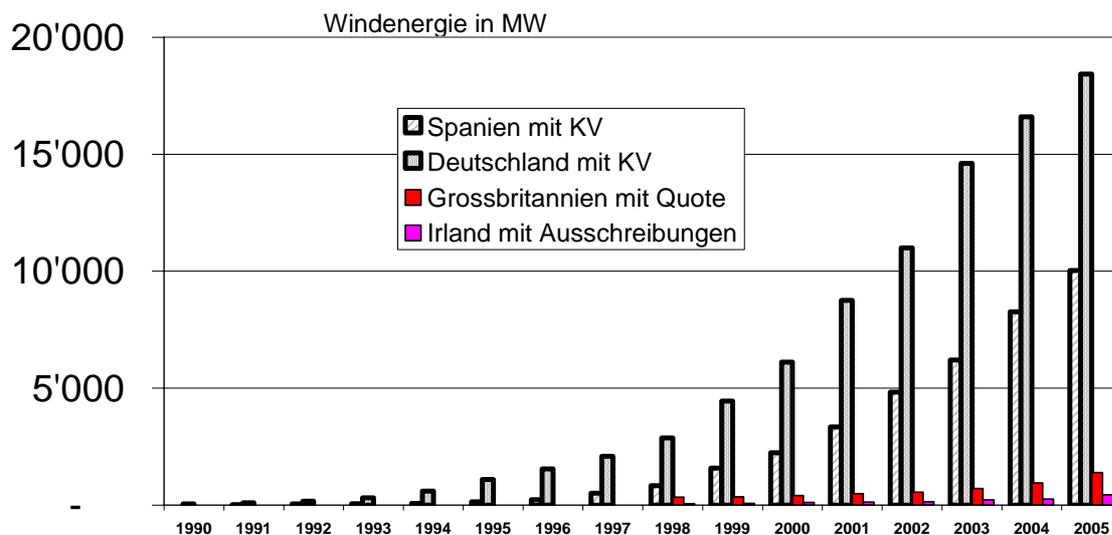


<sup>50</sup> EU-Kommission: A Vision for Photovoltaic Technology, Report by the Photovoltaic Technology Research Advisory Council (PV-TRAC), Brüssel 2005.

Die auf dem Mont Soleil und anderswo verwirklichten Demonstrationsanlagen (Wind, Photovoltaik) dienen dem Event- und Eigenmarketing. Stets wurden Rahmenbedingungen bekämpft, die auch privaten InvestorInnen die Realisierung und den Betrieb von Anlagen zur dezentralen Stromerzeugung erlaubt hätten.

Seit 2004 propagiert der Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE), getrieben von den grossen Atomkonzernen (Axpo, Atel, BKW), das so genannte Ausschreibemodell, um die im Parlament genehmigte kostendeckende Vergütung zu hintertreiben.

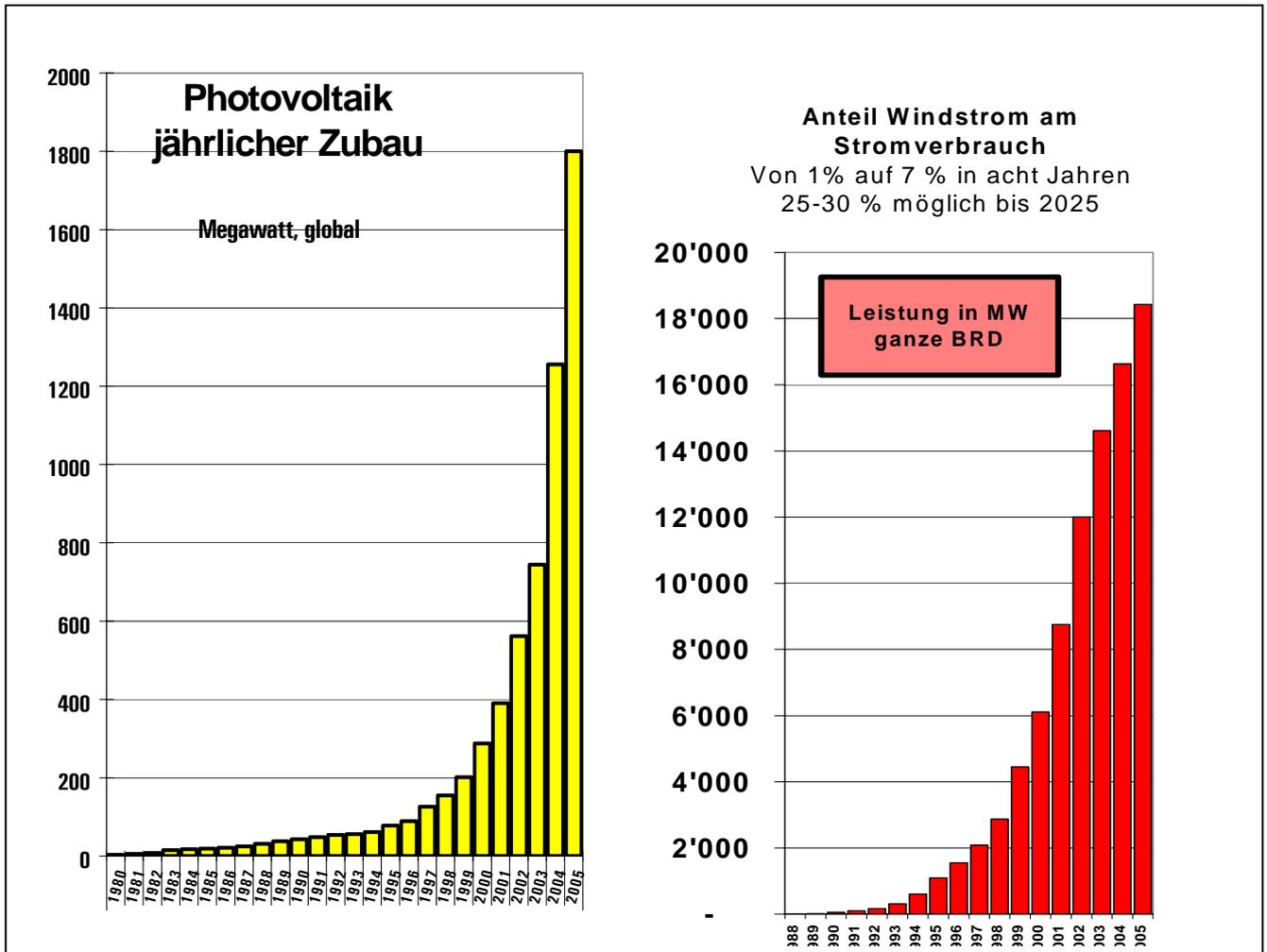
## Länder mit Quoten/Ausschreibungen und kostendeckender Vergütung (KV)



**Abbildung 27: Vergleich des Zubaus neuer Windkraft in Ländern mit kostendeckender Vergütung und in Ländern mit Ausschreibe-/Quotenmodellen**

Doch die ausländischen Erfahrungen mit Ausschreibungen und Quoten für neue erneuerbare Energien sind desaströs. Als letztes Land hat Irland im Jahre 2005 (nach Grossbritannien und Österreich) das Ausschreibemodell abgeschafft und auf Einspeisevergütungen umgestellt.

Ausschreibemodelle haben zur Folge, dass nur wenige grosse Anlagen realisiert und diese vornehmlich von Grosskonzernen – mit Zugang zum Kapitalmarkt – erstellt werden. Die breite Anwendung neuer Techniken und der Markteintritt neuer AnwenderInnen werden so verhindert.



### Wirtschaftliche Bedeutung für die Schweiz

Es ist unübersehbar, dass auch die Schweiz am Boom der erneuerbaren Energien teilhaben kann, denn technisches Know-how und Kapital dafür sind reichlich vorhanden. In der Energieforschung nimmt die Schweiz seit Jahrzehnten einen Spitzenplatz ein (Aufwand/Kopf), doch werden die Innovationen mangels Rahmenbedingungen nicht umgesetzt.

In den Bereichen Photovoltaik und Windenergie haben sich Schweizer Hersteller trotzdem als Zulieferer profiliert (z.B. Wechselrichter, Zahnräder, Wafer-Säge-Systeme, Leitungstechnik, Karbon-Fasern, Projektentwicklung, Steuerungen, Plasmatechnologie). Ein Heimmarkt ist aber nicht entstanden.

Die Schweiz besitzt die Voraussetzungen, in den Bereichen Biomasse, Geothermie und Photovoltaik eine Mitspielerin auf dem Weltmarkt zu werden, vorausgesetzt, der Markteintritt wird nicht länger systematisch verhindert, wie dies in den letzten Jahren der Fall war.

## 7. Anhang: Szenario Produktion der Schweizerischen Elektrizitätswirtschaft (GWh)

Jahr	Wasserkraft	Strom aus Wärmek- raftkop- plung	Strom aus Kehricht	Strom aus Biogas	Strom aus Photovoltaik	Strom aus Wind Inland	Strom aus Wind Ausland	Strom aus Geothermie	Strom aus Ersatz Widerstandsheizungen	Stromgewinn aus Best- geräte- Strategie	Schweizer Atomstrom	Französische Atombezugsrechte	Total Stromer- zeugung
2005	36356	1673	1671	148	17	13	40	0	0	750	25639	15800	82106
2006	36392	1673	1805	373	20	17	453	0	109	1119	25639	15800	83400
2007	36429	1673	1938	747	22	23	912	0	217	1488	25639	15800	84888
2008	36466	2188	2071	1120	26	30	1'422	0	326	1857	25639	15800	86945
2009	36503	2738	2205	1493	32	38	1'985	21	435	2226	25639	15800	89114
2010	36540	3324	2338	1867	39	48	2'609	46	543	2595	22644	15800	88392
2011	36576	3949	2471	2240	47	60	3'296	76	652	2980	22644	15800	90792
2012	36613	4614	2605	2613	57	74	4'055	113	761	3365	17032	15800	87700
2013	36650	5321	2738	2987	69	91	4'889	156	870	3749	17032	15800	90352
2014	36687	6073	2871	3360	83	111	5'807	209	978	4134	17032	15800	93145
2015	36724	6870	3005	3733	101	136	6'815	276	1087	4519	17032	15800	96098
2016	36760	7520	3138	4107	123	165	7'922	365	1196	4837	17032	14600	97764
2017	36797	8169	3271	4480	149	201	9'135	480	1304	5155	17032	10000	96173
2018	36834	8819	3405	4853	184	243	10'464	629	1413	5472	17032	8400	97748
2019	36871	9469	3538	5227	230	294	11'918	823	1522	5790	17032	8400	101113
2020	36908	9794	3671	5600	290	355	13'116	1075	1630	6108	9191	6500	94238
2021	36944	9794	3671	5600	369	428	14'314	1403	1739	6230	9191	6500	96184
2022	36981	9794	3671	5600	474	516	15'512	1829	1848	6355	9191	3500	95270
2023	37018	9794	3671	5600	611	621	16'710	2383	1957	6482	9191	3500	97538
2024	37055	9794	3671	5600	792	748	17'908	3104	2065	6611	9191	3500	100039
2025	37092	9794	3671	5600	1031	900	19'106	4040	2174	6744	0	3500	93651
2026	37129	9794	3671	5600	1299	1'082	20'304	5258	2283	6879	0	0	93297
2027	37165	9794	3671	5600	1601	1'301	21'502	6840	2391	7016	0	0	96882
2028	37202	9794	3671	5600	1941	1'401	22'700	8898	2500	7156	0	0	100863
2029	37239	9794	3671	5600	2322	1'401	23'898	11572	2609	7300	0	0	105405
2030	37276	9794	3671	5600	2751	1'401	25'096	15050	2717	7446	0	0	110800