



## **Energieperspektive 2050 der Umweltorganisationen**

Studie im Auftrag von Greenpeace Schweiz, Schweizerische Energiestiftung,  
Verkehrs-Club der Schweiz und WWF Schweiz

Dr. Andreas Sturm (Projektleitung, Ellipson AG)  
Norbert Egli (Ellipson AG)  
Dr. Rolf Frischknecht (ESU-services)  
Roland Steiner (ESU-services)

perspE\_bericht\_20060302.doc

Ellipson AG  
Römergasse 7  
CH – 4058 Basel  
Switzerland

Voice: +41 -61 261 93 20  
Fax: +41 -61 261 93 13  
E-mail: [sturm@ellipson.com](mailto:sturm@ellipson.com)  
Web: [www.ellipson.com](http://www.ellipson.com)

## Inhalt

<b>1 Auftrag</b>	<b>5</b>
1.1 Ausgangslage	5
1.2 Zielsetzung und Auftrag	5
1.3 Auftraggeber, Auftragnehmer und Finanzierung	6
<b>2 Vorgehen und Methode</b>	<b>7</b>
2.1 Zielperspektive statt Ergebnisprognose	7
2.2 2000-Watt-Gesellschaft	8
2.2.1 2000-Watt pro Kopf	8
2.2.2 Inländerkonzept statt Inlandkonzept	8
2.2.3 Erneuerbarkeit, Verfügbarkeit und begrenzende Faktoren	10
2.2.4 Reduktion der Auslandsabhängigkeit	11
2.2.5 2000 Watt auf Stufe Primärenergie	14
2.3 Vorgehen Ableitung der Perspektive	18
2.3.1 Grundsätzlicher Ansatz: Energieeffizienz vor Kapazitätserweiterung	18
2.3.2 Ausgangspunkt Energienachfrage	19
2.3.3 Technologieentwicklungen, Erneuerungs- und Abschreibungszyklen sowie Planungs- und Realisierungszeiträume	20
2.3.4 Entscheidungsorientierung	20
2.3.5 Zurückführung aller Energienachfrage auf individuelle Konsum- und Investitionsentscheide	22
<b>3 Strategien zur Stützung der Investitions- und Konsumententscheide in Richtung Potentialausnutzung</b>	<b>28</b>
3.1 Leitgedanke	28
3.2 Politische Strategie / Rahmenbedingungen	28
3.2.1 Lenkungsabgabe mit vollständiger Auszahlung	29
3.2.2 Technische Vorschriften	30
3.2.3 Zielorientierte Einspeisevergütung	31
3.2.4 Forschungsförderung durch zweckmässige Rahmenbedingungen	32
<b>4 Ergebnisse: Der Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft</b>	<b>33</b>
<b>5 Schlussfolgerungen</b>	<b>42</b>
<b>6 Quellenverzeichnis</b>	<b>44</b>

## Abbildungen

Abbildung 1: Auslandsabhängigkeit der schweizerischen Stromproduktion 2004	13
Abbildung 2: Von der Primärenergie zur Nutzenergie	15
Abbildung 3: Umlage sämtlicher Energienachfrage auf individuelle Konsumententscheide	27
Abbildung 4: Zielperspektive 2000-Watt-Gesellschaft	33
Abbildung 5: Anpassung des Strom-Mix an sinkendes Verbrauchsniveau und Umstellung auf erneuerbare Quellen	34
Abbildung 6: Energienutzung im Jahr 2004	35
Abbildung 7: Energienutzung im Jahr 2020	36
Abbildung 8: Energienutzung im Jahr 2035 mit der Option Windenergie	37
Abbildung 9: Energienutzung im Jahr 2035 mit der Option eines Gas-Kombikraftwerks (GUD)	38
Abbildung 10: Energienutzung im Jahr 2050	39
Abbildung 11: Energienutzung im Jahr 2100	40

## Tabellen

Tabelle 1: Qualität der Energien	10
Tabelle 2: Umrechnungsfaktoren für Strom von Endenergie in Primärenergie	16
Tabelle 3: Umrechnungsfaktoren für Fernwärme, Brennstoffe von Endenergie in Primärenergie	17
Tabelle 4: Umrechnungsfaktoren für Treibstoffe von Endenergie in Primärenergie	17
Tabelle 5: Betrachtete individuelle Konsumkategorien/-entscheide	23
Tabelle 6: Betrachtete individuelle Investitionsgüter/-entscheide	24
Tabelle 7: Betrachtete kollektive Konsumkategorien/-entscheide	25
Tabelle 8: Betrachtete kollektive Investitionsgüter/-entscheide	26
Tabelle 9: Bestimmungsfaktoren einer mit der Zielsetzung einer 2000-Watt-Gesellschaft konformen Lenkungsabgabe auf Brenn- und Treibstoffe	30

# 1 Auftrag

## 1.1 Ausgangslage

Die Organisationen Greenpeace Schweiz (Greenpeace), Schweizerische Energiestiftung (SES), Verkehrsclub der Schweiz (VCS) und WWF Schweiz (WWF) wurden vom Bundesamt für Energie (BFE) aufgefordert, im Rahmen der Arbeiten zu den Energieperspektiven am 10. März 2006 ihren Standpunkt zu präsentieren.

## 1.2 Zielsetzung und Auftrag

Die Ellipson AG entwickelt im Auftrag des obigen Konsortiums einen Standpunkt, welcher im Kontext der gesamten schweizerischen Energienachfrage Lösungsansätze und Strategien aufzeigt, welche mit den Zielsetzungen der Umweltorganisationen in Einklang stehen. Dies sind insbesondere: Minimierung der Energienachfrage zur Befriedigung der gegebenen Bedürfnisse (aus Nutzensicht) und Deckung dieser Nachfrage möglichst aus erneuerbaren Quellen.

Darauf aufbauend wird eine Zielperspektive beschrieben, modelliert und quantifiziert. Als Benchmark für diese Zielperspektive dient die Vision einer 2000-Watt-Gesellschaft gemäss «Strategie Nachhaltige Entwicklung 2002» des schweizerischen Bundesrates.<sup>1</sup> Zeithorizont für die Perspektive ist 2050. Dabei wird in erster Linie die Frage beantwortet, wie weit uns die heute im Markt verfügbare beste Technologie auf dem Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft voran bringt, wenn sie konsequent eingesetzt wird.

Die der Zielperspektive zugrunde liegenden technischen Zielsetzungen sind:

1. Energienachfrage mindern (Effizienzstrategie),
2. Energiebedarfsdeckung möglichst aus erneuerbaren Quellen,
3. Qualitätsgerechter Einsatz der Energieformen resp. Minimierung des Einsatzes hochwertiger Energieformen (z. B. Strom) zur Deckung niederwertiger Energiebedürfnisse (z. B. Wärme).

Diese drei technischen Aspekte werden durch eine vierte politische Zielsetzung ergänzt:

4. Deckung des Strombedarfs aus inländischen Primärenergiequellen, um die Auslandsabhängigkeit bei dieser netzbasierten Endenergie zu verringern.

In Analogie zu den bisherigen Arbeiten des BFE wird auch in dieser Studie zunächst noch keine Analyse und Beurteilung der gesamtwirtschaftlichen Wirkungszusammenhänge unternommen. Aufgrund des langen Betrachtungszeitraumes von beinahe einem halben Jahrhundert wären jegliche Annahmen über Technologie, Kosten und relative Preise reine Spekulation. Es wäre im Jahr 1955 wohl kaum jemanden gelungen, die Situation bezüglich Technologie, Kosten und relativen Preisen des Jahres 2005 auch nur einigermaßen treffend abzubilden. Wir beschränken uns vielmehr darauf, Wege aufzuzeigen, mit welchen politischen Strategien wir uns entlang des technologisch möglichen Zielpfades mit maximaler Effizienz bewegen können (siehe Abschnitt 3). Selbstverständlich kann und muss entlang dieses Weges in der kurzen und mittleren Frist

<sup>1</sup> Die Umweltorganisationen gehen davon aus, dass die Zielsetzung, den Primärenergiebedarf pro Kopf schrittweise auf 2000 Watt (mit dem Hauptziel 500 Watt aus nicht-erneuerbaren Quellen) zu senken, aus Umwelt- und Klimaschutzgründen unabdingbar ist und von keiner Seite im Grundsatz bestritten wird.

(bis zu 10 Jahren) jeweils eine Abschätzung der gesamtwirtschaftlichen Implikationen vorgenommen werden, welche eine Umsetzung der Zielsetzung mit sich bringt.

Als Resultat liegt dieser schriftliche Bericht zuhanden der Auftraggeber vor.

### **1.3 Auftraggeber, Auftragnehmer und Finanzierung**

Auftraggeber dieser Studie sind: Greenpeace Schweiz, Schweizerische Energiestiftung, Verkehrs-Club der Schweiz und WWF Schweiz.

Auftragnehmer ist die Ellipson AG in Basel. Als Experte wurde von der Ellipson AG die Firma ESU-services in Uster beigezogen. Die Studie wurde von Dr. Andreas Sturm, Norbert Egli (beide Ellipson AG), Dr. Rolf Frischknecht und Roland Steiner (beide ESU-services) erarbeitet und verfasst.

Die Studie wurde gemeinsam von den vier Auftraggebern finanziert. Es stand ein Budget von 120'000.– CHF zur Verfügung. Die Studie wurde im Zeitraum von Oktober 2005 bis Februar 2006 erarbeitet.

## 2 Vorgehen und Methode

Im folgenden werden die methodischen Grundlagen erläutert, welche bei der Entwicklung der Zielperspektive zur Anwendung gelangten.

### 2.1 Zielperspektive statt Ergebnisprognose

Das hier gewählte Vorgehen unterscheidet sich im Ansatz grundlegend von den bisher vom BFE und anderen zur Präsentation ihrer Überlegungen eingeladenen Organisationen veröffentlichten Szenariostudien. Wir fragen uns in dieser Studie, welche Entscheide wann und wie gefällt werden müssen, damit ein definierter Zielzustand erreicht wird (Zielperspektive). Daraus werden politische Strategien abgeleitet, welche diese Zielerreichung unterstützen. Zielsetzung ist die 2000-Watt-Gesellschaft gemäss «Strategie nachhaltige Entwicklung 2002» des schweizerischen Bundesrates (zur Ableitung der Zielsetzung siehe Abschnitt 2.2). Im Gegensatz dazu ist die Fragestellung bei den bisherigen Szenarien des BFE so, dass über gewisse Parameter (Bevölkerung, Erdölpreis etc.) bestimmte Annahmen getroffen werden und man daraus den Energiekonsum als resultierende Grösse ableitet (Ergebnisprognose).

*Die Zielperspektive bildet keine realistische Entwicklung ab. Sie zeigt einzig auf, was unter gewissen Annahmen – bei entsprechendem politischem Willen zur Zielsetzung und Zielerreichung – technologisch möglich wäre. Damit diese Zielperspektive auch nur annähernd eintritt, müssen entsprechende stringente politische Rahmenbedingungen geschaffen werden, welche die reale Entwicklung rigoros auf dem Zielpfad halten. Zweck der Zielperspektive ist es, die politischen Handlungsbereiche zu identifizieren, die für die Zielerreichung entscheidend sind. Es geht um die Prioritäten im politischen Prozess von Heute.*

Die Zielperspektive basiert auf der Fragestellung,

- wie sich die direkte und indirekte Energienachfrage, welche durch den Konsum einer in der Schweiz lebenden Person induziert ist, entwickeln würde, wenn im Rahmen der normalen Ersatz- und Investitionszeiträume im Entscheidungszeitpunkt jeweils die im Sinne obiger Zielsetzung und heute im Markt bereits verfügbare Best-Available-Technology (BAT\_2004) gewählt würde und
- wie das Energieangebot zur Deckung dieser Energienachfrage unter Berücksichtigung der Erneuerungs- und Abschreibungszyklen sowie der Planungs- und Realisierungszeiträume unter Berücksichtigung der BAT\_2004 ausgestaltet werden müsste.

Das gewählte Modell ist beim jetzigen Stand der Arbeit – ausser betreffend Technologieentscheiden – bewusst ein statisches. Wir gehen vom heutigen Konsumniveau und den heutigen Konsummustern aus und variieren einzig die Technologie zur Energienutzung (z. B. Auto) und Energiebereitstellung (z. B. Gas-Kombikraftwerk) und führen BAT\_2004 im Rahmen der heute üblichen Erneuerungszyklen ein. Zur Dynamisierung der Zielperspektive müsste in einem nächsten Schritt eine Modellierung der ökonomischen Zusammenhänge erfolgen, dürften doch der als Ziel angepeilte starke Rückgang des Energieverbrauchs pro Kopf und die Deckung desselben durch mehrheitlich erneuerbare Energiequellen zu einer massiven Veränderung der relativen Preise und damit zu einer markanten Veränderung der Konsummuster hin zu weniger energieintensiven Produkten führen. Ebenso ist mit einer weiteren Verbesserung der BAT zu rechnen.

## 2.2 2000-Watt-Gesellschaft

### 2.2.1 2000-Watt pro Kopf

Die Zielsetzung der 2000-Watt-Gesellschaft (siehe Kasten «Die 2000-Watt-Gesellschaft») wird analog zur bundesrätlichen «Strategie Nachhaltige Entwicklung 2002» wie folgt konkretisiert:

Der Bedarf an Primärenergie pro Kopf der Schweizer Bevölkerung soll auf

- 500 Watt nicht-erneuerbar, und
- 1500 Watt erneuerbar gesenkt werden.<sup>2</sup>

Die Zielsetzung betreffend nicht-erneuerbarer Energiequellen ist wichtiger als die Zielsetzung betreffend erneuerbarer Energiequellen, weil die Stabilisierung des Erdklimas nur eine begrenzte Nutzung nicht-erneuerbarer fossiler Quellen erlaubt. Die Zielsetzung soll so weitgehend als möglich mit technischen Mitteln erreicht werden.

### 2.2.2 Inländerkonzept statt Inlandkonzept

Ausgangspunkt jeglichen Energieverbrauchs ist die Konsum- und/oder Investitionsentscheidung eines Konsumenten. Diese Entscheide determinieren sämtliche kollektiven Entscheide und Aktivitäten privater Betriebe und Unternehmungen, öffentlicher Verwaltungen und Behörden. Individuelle Konsum- und Investitionsentscheide bestimmen jegliche wirtschaftliche Aktivität bezüglich Quantität (Wie viel wird hergestellt?) und Qualität (Was wird hergestellt?).

Dabei spielt es primär keine Rolle, wo diese wirtschaftliche Aktivität, welche durch den Konsum einer in der Schweiz lebenden Person ausgelöst wird, stattfindet. Es spielt für unsere Betrachtung vorderhand keine Rolle, wo der Energieverbrauch stattfindet oder wo die Energiebereitstellung erfolgt, sondern es zählt einzig der Umstand, dass er durch Konsum und Investitionsentscheide der schweizerischen Bevölkerung direkt oder indirekt ausgelöst wird. So wird bspw. der durch den Kauf eines Autos ausgelöste Abbau von Eisenerz in Brasilien genauso als «schweizerischer» Energieverbrauch erfasst, wie der Energieverbrauch durch die Herstellung von Beton in der Schweiz zum Bau einer Strassenbrücke. Umgekehrt wird die in der Schweiz von der Exportwirtschaft verbrauchte Energie den exportierten und also nicht in der Schweiz konsumierten Produkten angerechnet.

Dieser Ansatz wird auch als Inländerkonzept bezeichnet. Im Gegensatz dazu wird beim Inlandkonzept, welches bspw. der Energiestatistik zugrunde liegt, der im Ausland induzierte Energieverbrauch nicht berücksichtigt. Hier besteht ein wesentlicher Unterschied zu den bisherigen Szenarienarbeiten des BFE. In den hier entwickelten Energieperspektiven lösen wir uns von der nationalen Energieversorgungs- und Energieverbrauchsperspektive und berücksichtigen vielmehr sämtlichen Energiekonsum, welcher durch den Konsum und die Investitionen der Bevölkerung in der Schweiz induziert wird.

Die nationale (schweizerische) Perspektive spielt einzig bezüglich der Strombereitstellung und hier insbesondere bezüglich der Ausserbetriebnahme der ersten Atomkraftwerke im Jahr 2020+ (Mühleberg, Beznau 1 & 2) eine Rolle.

<sup>2</sup> Es mag verwirren, dass eine Leistung in Watt und nicht in Wattstunden resp. in der gebräuchlichen Einheit kWh gemessen wird. Dies kommt daher, dass das Ziel eigentlich ein Verbrauch gemessen in kWh pro Jahr und Kopf ist. Dadurch kürzt sich die Zeit weg und es verbleibt als Einheit Watt pro Kopf.



### **Die 2000-Watt-Gesellschaft**

*Die positive Korrelation zwischen Bruttoinlandprodukt und Energieverbrauch diente lange Zeit und teilweise bis heute als Argument gegen Einschränkungen bei der Energienutzung. Im Sinne dieser Denkweise stellten sich vor gut 30 Jahren einige mit den Problemen der Entwicklungsländer vertraute Wissenschaftler die Frage, bis zu welchem Betrag die Energienutzung pro Person in einem Land wachsen müsste, damit die Entwicklung nicht länger durch das begrenzte Energieangebot behindert würde. Sie kamen zum Schluss, dass sich oberhalb einer Energienutzung von 1 Kilowatt pro Person die Vergrößerung des Wohlstandes im Prinzip vom Wachstum des Energiebedarfs entkoppeln liesse.*

*Im Zuge des durch Ölpreisschock und Klimawandel gewachsenen Energiebewusstseins erhielt später das Modell der 1 kW-Gesellschaft in den Industrieländern eine neue Bedeutung. Die Frage lautete nun nicht mehr, wie viel Energie mindestens nötig wäre, um den Status eines Entwicklungslandes zu überwinden, sondern auf wie viel Energie verzichtet werden könnte, ohne den heutigen Wohlstand der Industrieländer zu gefährden. Aufgrund von einfachen Überlegungen schätzten damals die Initiatoren der ‚Strategie Nachhaltigkeit im ETH-Bereich‘ diesen Wert auf 2 kW/Person. So entstand das Modell der 2000 Watt-Gesellschaft.*

*Erst später wurde dieser Zielwert detaillierter begründet. Zwei Fragen standen dabei im Vordergrund:*

- 1. Ist es möglich, mit 2000 Watt/Person den heutigen Schweizer Lebensstandard aufrecht zu erhalten?*
- 2. Könnte der Bedarf von 2000 Watt/Person künftig nachhaltig gedeckt werden?*

*Zur ersten Frage: Gegenwärtig beträgt der Schweizer Energiebedarf rund 5000 Watt/Person bzw. 6000 Watt/Person, wenn der Importüberschuss der grauen Energie berücksichtigt wird. Die Forderung der 2000 Watt-Gesellschaft bedeutet also, die heutigen Energiedienstleistungen mit einem Drittel der heute benötigten Energie zu befriedigen. Tatsächlich sind es zwei Bereiche, welche den heutigen Energiebedarf in der Schweiz dominieren: erstens der Bau, Unterhalt und Betrieb des Gebäudeparkes (über die Hälfte des Energiebedarfes) und zweitens die Mobilität von Personen und Gütern (ein Drittel des Bedarfs). Wie eine einfache Abschätzung zeigt, liesse sich mit heute bereits zur Verfügung stehenden Technologien allein durch Vergrößerung der Energie-Effizienz der heutige Lebensstandard mit 2000 Watt/Person aufrecht erhalten.*

*Zur zweiten Frage: Laut Berechnungen des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) und diversen andern Modellen müssten die globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2050 auf jährlich 20 Gigatonnen CO<sub>2</sub> und bis 2100 auf jährlich 10 Gigatonnen CO<sub>2</sub> gesenkt werden, um die atmosphärische CO<sub>2</sub>-Konzentration nicht über 450 ppm ansteigen zu lassen. Mit diesem Konzentrationswert könnte mit einer zwischen 20 und 70% liegenden Wahrscheinlichkeit der globale Temperaturanstieg auf den von der EU als maximalen Toleranzwert definierten Betrag von 2°C begrenzt werden. In einer gerechten Welt stünde somit pro Person und Jahr im Jahre 2050 noch ein mittleres CO<sub>2</sub>-Emissionskontingent von 2 Tonnen zur Verfügung. Damit liesse sich bei einem Energiemix von je 50% Erdöl bzw. Erdgas ein mittlerer Leistungsverbrauch von 1000 Watt/Person erzielen. Im Laufe der folgenden 50 Jahre müssten die Emissionen noch einmal halbiert werden; die erwähnten Energiemengen wären demnach noch halb so gross. Das erklärt den Wert von 500 Watt/Person an nicht-erneuerbarer Energie in der Zielsetzung des Bundesrates für die 2000 Watt-Gesellschaft.*

*An Wasserkraft steht bereits heute in der Schweiz pro Person 600 Watt mittlerer Leistung zur Verfügung. Die restlichen 900 Watt wären demnach durch neue erneuerbare Quellen, insbesondere durch solare Energien zu decken. Auch in einem dicht besiedelten Land wie die Schweiz liessen sich solche Energiemengen ohne Beeinträchtigung der Landschaft und ohne Konkurrenz zu anderen Bedürfnissen bezüglich der Flächennutzung erzeugen.*

*Wäre die 2000-Watt Gesellschaft auch für eine globale Bevölkerung von 10 Milliarden Menschen ein nachhaltiges Modell? – Im Jahre 2002 betrug die kommerzielle und nicht kommerzielle Energienutzung pro Person im globalen Mittel 2200 Watt. Fast 80% dieser Energie stammte von fossilen Brennstoffen. Die Welt entsprach im Mittel also in etwa einer 2000 Watt-Gesellschaft. Bei einem weiteren Bevölkerungswachstum von 50% müsste somit auch der globale Energiebedarf in den nächsten 50 Jahren um rund 50% wachsen können, um den Prokopf-Verbrauch zu halten. Dieses Wachstum ist signifikant kleiner als dasjenige, das in den meisten Modellen prognostiziert wird, wo von einem Wachstum von 200 bis 300% ausgegangen wird. Schon bei einer 50%-igen Steigerung des globalen Energiebedarfes wird es grosser Anstrengungen bedürfen, um von der Dominanz der fossilen Brennstoffen wegzukommen. Wie im Fall der Schweiz postuliert dürfte das nur dann gelingen, wenn die neuen erneuerbaren Energien typischerweise 1000 Watt/Person an den Energiemix beizutragen hätten. Eine Gesellschaft mit 10'000 Watt/Person (dem heutigen Energiebedarf der USA und anderer Länder) mit solarer Energie beliefern zu wollen, ist hingegen undenkbar oder dann mit schwerwiegenden Nebenwirkungen verbunden, die ihrerseits mit den Zielen der Nachhaltigkeit in Konflikt stünden.*

### 2.2.3 Erneuerbarkeit, Verfügbarkeit und begrenzende Faktoren

Die verfügbaren Energiequellen unterscheiden sich grundlegend betreffend Erneuerbarkeit und Verfügbarkeit. Wir unterscheiden drei Kategorien:

- *Erneuerbare und zeitlich unbegrenzt verfügbare Energiequellen*  
Die erneuerbaren und zeitlich unbegrenzt verfügbaren Energiequellen sind durch unterschiedliche Faktoren in ihrer Nutzung begrenzt. So kann die Erntetechnologie die Nutzung begrenzen (Bsp. Sonnenstrahlung) oder das nutzbare Potential wird durch ökologische und gesellschaftliche Faktor begrenzt (Bsp. Windenergie). Die Nutzung von Biomasse wird durch die Erneuerungsrate (Nachwuchs) begrenzt.
- *Teilweise erneuerbare und zeitlich begrenzt verfügbare Energiequellen*  
Bei der Abwärme aus Abfallbehandlung ergibt sich die Begrenzung durch den Output anderer wirtschaftlicher Aktivitäten und durch die verfügbare Technologie.
- *Nicht-erneuerbare und zeitlich begrenzt verfügbare Energiequellen*  
Die Energiequellen dieser Kategorie werden durch die vorhandenen Vorräte (Lager) sowie durch die Fördertechnologie resp. Förderkosten begrenzt.

Die folgende Tabelle zeigt diese unterschiedlichen Qualitäten in einer Übersicht.

Tabelle 1: Qualität der Energien

<i>Erneuerbarkeit</i>	<i>Verfügbarkeit</i>	<i>Begrenzender Faktor</i>	<i>Energiequelle</i>
erneuerbar	zeitlich unbegrenzt verfügbar	Erntetechnologie	Geothermie Sonnenstrahlung Umgebungswärme
		Umwelt- und gesellschafts- verträglich nutzbares Potential	Windenergie Gezeiten, Wellen und Meeresströmungen Wasserkraft
		Erneuerungsrate sowie umwelt- und gesellschaftsverträglich nutzbares Potential	Biomasse
teilweise erneuerbar	zeitlich begrenzt verfügbar	Output anderer wirtschaftlicher Aktivitäten und Technologie	Abwärme aus Abfallbehandlung
nicht-erneuerbar	zeitlich begrenzt verfügbar	Vorräte in Lagerstätten sowie För- dertechnologie resp. Förderkosten	fossile Energieträger Uran, Plutonium

Bei fossilen Energieträgern müssen wir fünf Formen der Knappheit unterscheiden:

1. Die materielle Knappheit, welche durch die absolute Menge an Vorräten in Lagerstätten bestimmt wird.
2. Die technische Knappheit, welche durch die aktuell verfügbare Technologie zum Abbau der Lagerstätten determiniert wird.
3. Die Senkenknappheit, welche beispielsweise bei fossilen Energieträgern durch die Menge an emittierten Treibhausgasen und der Aufnahmefähigkeit und Verfügbarkeit von Senken gegeben ist.

4. Die gesellschaftliche Knappheit, welche sich dadurch ausdrückt, dass sich eine Gesellschaft ein politisches Ziel setzt und entsprechende Instrumente zur Zielerreichung einsetzt, welche sich in der Verfügbarkeit (kein schweres Heizöl) und/oder im Preis der fossilen Energieträger (Abgaben) niederschlagen.
5. Die ökonomische Knappheit, welche einerseits durch die physische, die technische und gesellschaftliche Knappheit und andererseits durch die Nachfrage nach fossilen Energieträgern und die relativen Preise der andern Energieträger bestimmt wird. Schlägt sich die Senkenknappheit wie zu erwarten auch in den Preisen nieder (Emissionshandel), bestimmt letztlich auch diese Senkenknappheit die ökonomische Knappheit.

Indizien sprechen dafür, dass Erdöl und Erdgas in absehbarer Zeit durch steigende Nachfrage und/oder abnehmende Lager knapper werden. Die dadurch induzierte Verteuerung dieser Energieträger wird einerseits die Verwendungseffizienz erhöhen und damit die Nachfrage dämpfen und andererseits die Rentabilität der Nutzung anderer fossiler und teurer zu fördernder Rohstofflager (z. B. Ölsand) erhöhen. Dadurch steigt das Angebot.

Die aus heutiger Perspektive am wenigsten knappe fossile Ressource ist Kohle. Mit den zu erwartenden steigenden Förder- und Verarbeitungskosten von Erdöl werden andere fossile Energieträger preislich konkurrenzfähig. Mittelfristig stehen dabei synthetische Brenn- und vor allem Treibstoffe (SynFuel) auf der Basis von Erdgas im Vordergrund (gas to liquid GTL). Längerfristig können aber auch die für voraussichtlich noch mindestens zwei Jahrhunderte verfügbaren Kohlevorräte zur Herstellung synthetischer Treibstoffe genutzt werden (coal to liquid CTL). Auch für die Stromerzeugung lässt sich Kohle gut nutzen. (Neben dem Preis für die Kohle und deren Transport bestimmen hier vor allem die von den Kraftwerken einzuhaltenden Emissionsziele die Kosten.) Wir gehen davon aus, dass mit der Verknappung der heute kostengünstig abzubauenen und zu verarbeitenden fossilen, nicht-erneuerbaren Primärenergieträger diese zunehmend durch Kohle ersetzt werden.

Wir gehen davon aus, dass wir bezüglich fossiler Energieträger eine Senkenknappheit (Treibhauseffekt) haben, welche wesentlich früher als limitierender Faktor der Nutzung wirkt als die Knappheit bezüglich vorhandener Rohstofflager. Zudem nehmen wir an, dass wir innerhalb des Betrachtungszeitraums (2050) keine materielle Knappheit an nicht-erneuerbaren Ressourcen haben werden. Allerdings dürften steigende Preise für diese Energieträger die zunehmende ökonomische Knappheit abbilden. Dadurch werden entsprechende Anpassungsprozesse auf der Nachfrageseite beschleunigt. Die wirtschaftliche Verfügbarkeit nicht-erneuerbarer Ressourcen hängt damit zunehmend von der Kaufkraft der Konsumenten ab. Knapp wird nicht Erdöl, sondern billiges Erdöl.

#### **2.2.4 Reduktion der Auslandsabhängigkeit**

Die in der Schweiz heute verbrauchte Energie stammt zu rund 80 Prozent aus dem Ausland. Daran haben wir uns gewöhnt und das ist politisch kein Thema. Eine Ausnahme bildet hier die Stromproduktion.

Bei der netzgebundenen Energieform Strom ist die Abhängigkeit vom Ausland ein wesentlicher Faktor, da im Stromnetz das Angebot zu jedem Zeitpunkt die Nachfrage decken muss, ansonsten die gesamte Stromversorgung zusammenbricht. Dieser Umstand bedingt, dass wir über eine

ausreichende Reserve in der Strombereitstellung verfügen müssen, um auftretende Nachfragespitzen jederzeit decken zu können.<sup>3</sup>

Das Schweizer Stromnetz ist historisch bedingt seit langem in das westeuropäische Stromnetz integriert. Der Ausgleich und somit die Sicherung der Stromversorgung wird dabei von verschiedenen heute noch nationalen Systemverantwortlichen vorgenommen, die sich aber über die Grenzen intensiv abstimmen.

Aufgrund der Netzcharakteristik ist die Abhängigkeit von ausländischen Energie-Quellen beim Strom qualitativ eine andere als bspw. bei fossilen Energieträgern, welche in gewissem Umfang gelagert werden können. Politisch äussert sich diese spezielle Qualität darin, dass bei der Stromversorgung grosser Wert darauf gelegt wird, die Versorgung durch inländische Kraftwerke decken zu können. So weisen alle grossen Stromversorger in der Schweiz auch immer wieder auf die Versorgungslücke hin, welche durch die technisch bedingte Stilllegung von Kraftwerken und/oder durch den Anstieg des Stromverbrauchs infolge von Bevölkerungswachstum und/oder infolge von geändertem Konsumverhalten verursacht wird. Daraus leiten die Stromversorger die Forderung nach einer inländischen Strombereitstellungskapazität ab, welche die inländische Nachfrage decken kann. Im Umkehrschluss stellen die Stromversorger politisch die Forderung, dass die Auslandsabhängigkeit auf Stufe Strombereitstellungskapazität (Kraftwerke) möglichst gering gehalten werden soll. Selbstverständlich muss, auch wenn die Reduktion der Auslandsabhängigkeit in der Stromproduktion als politisches Ziel gewollt ist, die schweizerische Stromproduktion aus Gründen des Risikoausgleichs (Netzstabilität) und aus Gründen der Wirtschaftlichkeit (Verteilung der Spitzenkraftwerkskapazität auf möglichst viele Verbraucher) in ein möglichst grosses Stromnetz eingebettet sein.<sup>4</sup>

Wenn man die politische Forderung der Stromversorger nach einer geringen Auslandsabhängigkeit akzeptiert<sup>5</sup> und dann in der Versorgungskette eine Stufe rückwärts geht, erkennt man, dass diese Forderung der Stromwirtschaft nur eingehalten werden kann, wenn auch die zur Strombereitstellung eingesetzte Primärenergie im Inland vorhanden ist. Nicht oder nur in geringem Masse im Inland verfügbare Primärenergiequellen sind sämtliche fossilen Energieträger sowie Uran. Im Inland verfügbare Energieformen sind insbesondere Wasser, Biomasse, Geothermie, Abfälle, Sonne und Wind. Die maximal nutzbare Menge dieser im Inland verfügbaren Energieformen wird durch die Erntetechnologie, die Erneuerungsrate resp. das umwelt- und gesellschaftsverträglich nutzbare Potential begrenzt. Damit ist auch das im Inland verfügbare Potential zur Strombereitstellung begrenzt.

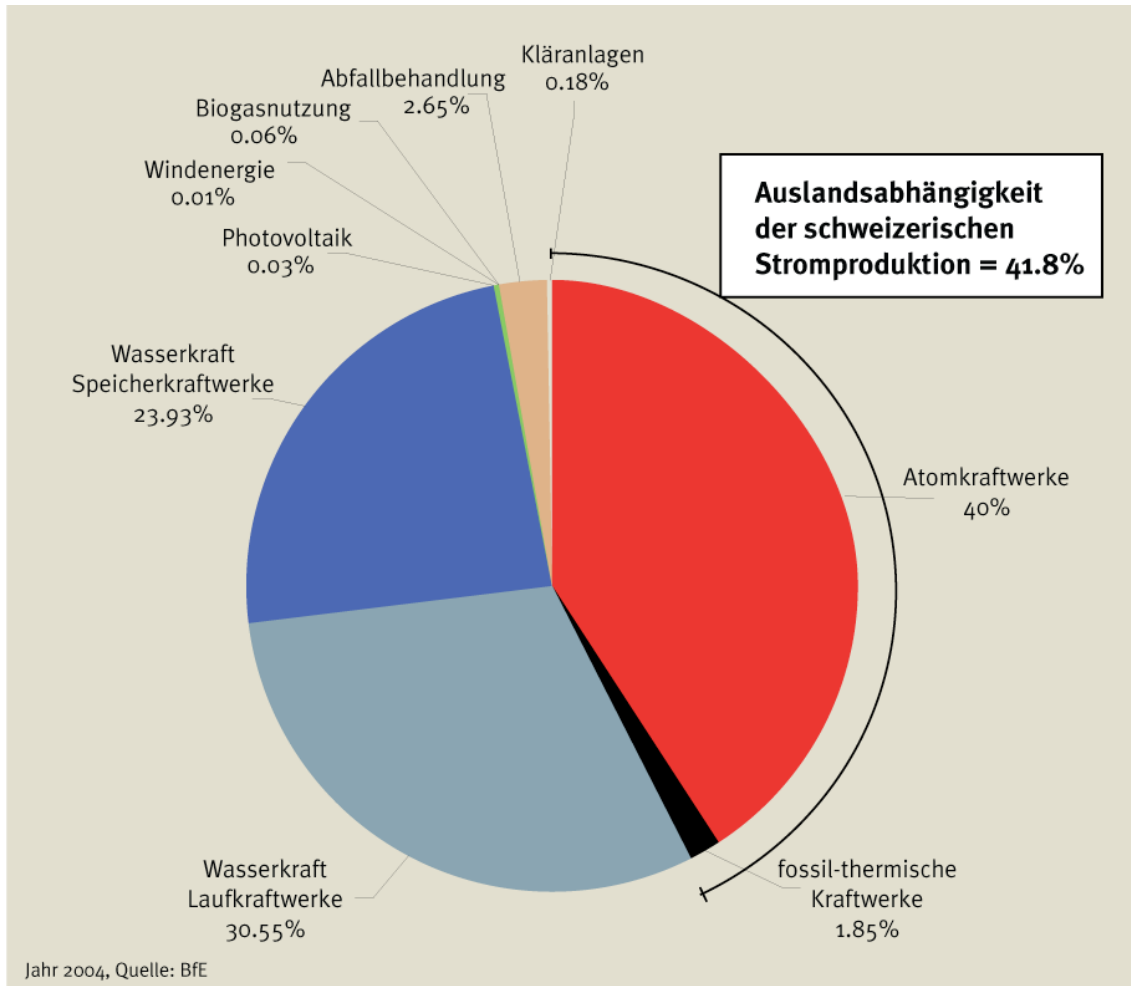
Im aktuellen Bereitstellungs-Mix ist die Auslandsabhängigkeit mit rund 42% relativ hoch (siehe Abbildung 1). Hauptursache ist die grosse Abhängigkeit der Schweiz von importierten Atombrennstoffen.

<sup>3</sup> Diese Reserven sind durch Spitzenlastkraftwerke (keine Grundlastkraftwerke!) im Netz bereit zu stellen. Je grösser, weiträumiger und vernetzter das Strom-Netz, desto weniger Investitionen sind diesbezüglich pro einzelnen Verbraucher notwendig.

<sup>4</sup> Zudem ist zu berücksichtigen, dass erneuerbare Energien wie Wind oder Sonne aufgrund ihrer unregelmässigen Einspeisung wesentlich andere Anforderungen an die Stromnetze (Struktur) und die Versorgungssicherheit (Netzmanagement) stellen.

<sup>5</sup> Aus ökonomischen Gründen ist diese Forderung nicht begründbar und wohl auch nicht sinnvoll. Zur Sicherstellung einer effizienten Stromversorgung mit hoher Versorgungssicherheit ist es unerheblich, ob ein Kraftwerk bspw. auf deutschem oder schweizerischem Staatsgebiet steht. Viel wichtiger als die Nationalität des Standortes sind die Qualität des Netzes, die Qualität des Netzmanagements und die Qualität der Vertragspartner.

Abbildung 1: Auslandsabhängigkeit der schweizerischen Stromproduktion 2004<sup>6</sup>



Bei den hier entwickelten Energieperspektiven übernehmen wir die politische Forderung der inländischen Stromwirtschaft. Damit geht die Reduktion der Auslandsabhängigkeit der Stromversorgung auf Stufe eingesetzter Primärenergieträger als Nebenbedingung zur Zielsetzung der 2000-Watt-Gesellschaft in die Zielsetzung ein. Kann der schweizerische Stromverbrauch auf Stufe eingesetzter Primärenergieträger nicht alleine durch inländische Quellen sichergestellt werden, so ist im Sinne der 2000-Watt Zielsetzung der Erneuerbarkeit der Quelle wichtiger als die geographische Herkunft derselben.

<sup>6</sup> Es wird einzig die Herkunft des Primärenergieträgers als Kriterium herangezogen und nicht die für die jeweilige Strommenge benötigte Menge an Primärenergie. In Abweichung von der Statistik der erneuerbaren Energien des BfE wird im Sinne der 2000-Watt-Gesellschaft Abwärmenutzung aus der Abfallbehandlung zu 100% als erneuerbare Energie betrachtet. Grund: Der nicht-erneuerbare Anteil an Primärenergie ist bereits als «graue Energie» in den als Abfälle zu behandelnden ausgedienten Produkten enthalten.

## 2.2.5 2000 Watt auf Stufe Primärenergie

### 2.2.5.1 Begriffe

Die Zielsetzung von 2000 Watt pro Kopf bezieht sich auf Primärenergie. Als *Primärenergie* bezeichnet man die Energie, die aus den natürlich vorkommenden Energieträgern zur Verfügung steht. Diese umfassen:

- fossile Energie (Steinkohle, Braunkohle, Erdgas, Erdöl),
- Biomasse (Holz, Pflanzen),
- Windenergie (atmosphärische Strömungen),
- Wasserkraft,
- Solarenergie (nutzbare solare Energieeinstrahlung: Licht, Wärme),
- Atomenergie (Natururan u. a.),
- Geothermie (Erdwärme),
- Gezeiten (Tidenhub), Wellenkraft und Meeresströmung.

Als *Endenergie* bezeichnet man denjenigen Teil der Primärenergie, welcher dem Verbraucher, nach Abzug von Transport- und Umwandlungsverlusten, zur Verfügung steht. Die Primärenergieträger werden durch Prozesse wie Verbrennung, Spaltung oder Raffination in Sekundärenergieträger umgewandelt. Diese Umwandlungsprozesse sind mit Verlusten behaftet. Sekundärenergieträger sind zum Beispiel elektrische Energie, Benzin, Kerosin oder Fernwärme. Durch den Transport der Sekundärenergie zum Verbraucher kommt es zu weiteren Verlusten. Diese beim Verbraucher ankommende Energie wird als Endenergie bezeichnet.

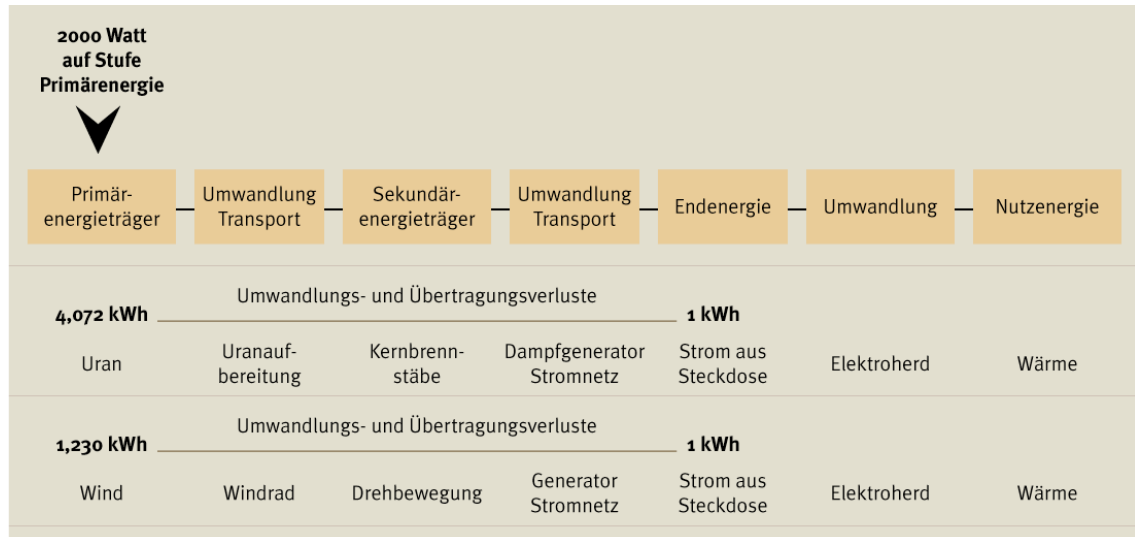
Durch die Anwendung oder evtl. auch die Umwandlung von Endenergie gewinnt der Verbraucher *Nutzenergie* zur Befriedigung seiner Bedürfnisse. Mögliche Formen der Nutzenergie sind Wärme, Kälte, Licht, mechanische Arbeit oder Schallwellen. Unter Nutzenergie verstehen wir diejenige Energie, die dem Endnutzer für die gewünschte Energiedienstleistung zur Verfügung steht.

### 2.2.5.2 Umwandlung von Endenergie in Primärenergie

Aufgrund der Zielsetzung dieser Studie wird zur Beurteilung des Energieniveaus Nutzenergie resp. Endenergie in Primärenergie umgerechnet. Da jede Umwandlung von Primärenergie in Sekundärenergieformen nach dem 2. Hauptsatz der Thermodynamik mit einem Verlust in Form von Abwärme (Wärmeenergie) verbunden ist, ist der mit der Zielsetzung korrespondierende Endenergieverbrauch resp. der Nutzenergieverbrauch wesentlich tiefer als 2000 Watt. Massgeblich sind die zu Grunde gelegten Verlustfaktoren in den jeweiligen Umwandlungsprozessen. Zusätzlich wird die Energie, welche durch die Investitionen in Energieumwandlungs- und Transportprozesse verursacht wurde, berücksichtigt. Diese Energie bezeichnen wir als graue Energie im engeren Sinne. Beide Faktoren zusammen bestimmen, mit welchem Primärenergieeinsatz eine bestimmte Menge Endenergie verbunden ist. Diese Betrachtung schliesst also neben der ganzen Prozesskette auch die zur Bereitstellung der Endenergie benötigten Infrastruktur mit ein.

Die folgende Abbildung veranschaulicht diese Betrachtungsweise an zwei Beispielen. Daraus wird ersichtlich, dass im Falle von Atomstrom zur Bereitstellung von 1 kWh Strom an der Steckdose des Konsumenten ca. 4 kWh Uran als Primärenergieträger eingesetzt werden müssen, bei Windstrom genügt für die gleiche Menge Strom aus der Steckdose ein Primärenergieeinsatz von 1.2 kWh.

Abbildung 2: Von der Primärenergie zur Nutzenergie<sup>7</sup>



#### 2.2.5.2.1 Primärenergieeinsatz zur Bereitstellung von Strom

Die folgende Tabelle zeigt für die Endenergie Strom den notwendigen Einsatz von Primärenergie für unterschiedliche Bereitstellungstechnologien. Der Primärenergieeinsatz wird gemäss der Zielsetzung einer 2000-Watt-Gesellschaft in einen nicht-erneuerbaren und einen erneuerbaren Anteil aufgeteilt. Der Primärenergieeinsatz wurde über die gesamte Bereitstellungskette berechnet, inkl. der grauen Energie der Infrastruktur, welche für die jeweilige Bereitstellungskette notwendig ist.

<sup>7</sup> Bei den erneuerbaren Primärenergiequellen wie bspw. Wind und Sonne wird die tatsächlich «geerntete» Energiemenge als Primärenergie eingesetzt (nicht die potenziell nutzbare Windstärke oder Sonnenstrahlung). Hinzu kommt der (graue) Energieaufwand für die «Erntemaschine».

Tabelle 2: Umrechnungsfaktoren für Strom von Endenergie in Primärenergie

Endenergie	Bereitstellungstechnologie	Primärenergie pro Einheit Endenergie	
		erneuerbare Energie (ErnE)	nicht-erneuerbare Energie (NichtE)
Strom (aus)			
Nuklearen Brennstoffen	Atomkraftwerk	0.012	4.060
Kohle	Kohlebefeuetes Dampfkraftwerk	0.035	3.978
Erdgas	Gas-Kombikraftwerk	0.009	2.316
	Blockheizkraftwerk Erdgasmotor	0.012	3.258
Heizöl extraleicht	Blockheizkraftwerk Dieselmotor	0.018	3.340
Vergärbare Biomasse	Blockheizkraftwerk Biogasmotor	0.005	0.061
Holz/holzartige Biomasse	Wärme-Kraft-Koppelungs-Anlagen	1.144	0.209
Photovoltaik	Solarzellen	1.004	0.384 <sup>8</sup>
Geothermie	Deep Heat Mining	1.128	0.254
Windenergie	Windturbinen	1.128	0.102
Wasser	Speicherkraftwerke	1.127	0.031
	Fluss-/Lauf-Kraftwerke	1.127	0.029
Abwärme Abfallbehandlung	Kehrichtverbrennungsanlage	0.031	0.254

*Lesebeispiel: Für 1 kWh Atomstrom an der Steckdose müssen 4.061 kWh nicht-erneuerbare Primärenergie und 0.012 kWh erneuerbare Primärenergie aufgewendet werden.*

#### 2.2.5.2.2 Primärenergieeinsatz zur Bereitstellung von Brennstoffen, Fernwärme und aus der Umwelt bezogene Wärme

Die folgende Tabelle zeigt für die Endenergie Brennstoffe, Fernwärme und Umweltwärme den notwendigen Einsatz von Primärenergie für Brennstoffe resp. unterschiedliche Bereitstellungstechnologien. Bei den Brennstoffen wurde als Bereitstellungstechnologie der globale Technologie-Mix angenommen. Der Primärenergieeinsatz wird gemäss der Zielsetzung einer 2000-Watt-Gesellschaft in einen nicht-erneuerbaren und einen erneuerbaren Anteil aufgeteilt. Der Primärenergieeinsatz wurde über die gesamte Bereitstellungskette berechnet, inkl. der grauen Energie der Infrastruktur, welche für die jeweilige Bereitstellungskette notwendig ist.

<sup>8</sup> Dieser relativ hohe Anteil an nicht-erneuerbarer Energie ist eine Folge des heutigen Energie-Mixes in der Produktion von Solarzellen. Mit zunehmendem Anteil der erneuerbaren Energien am Gesamt-Mix nimmt dieser nicht-erneuerbare Anteil deutlich ab.



*Tabelle 3: Umrechnungsfaktoren für Fernwärme, Brennstoffe von Endenergie in Primärenergie*

<i>Endenergie</i>	<i>Bereitstellungstechnologie</i>	<i>Primärenergie pro Einheit Endenergie</i>	
		<i>erneuerbare Energie (ErnE)</i>	<i>nicht-erneuerbare Energie (NichtE)</i>
<b>Brennstoffe</b>			
Erdgas	Globaler Technologie-Mix	0.003	1.197
Heizöl Extraleicht	Globaler Technologie-Mix	0.004	1.289
Heizöl M&S	Globaler Technologie-Mix	0.004	1.305
Brennholz & Holzkohle		1.067	0.024
<b>Fernwärme (aus)</b>			
Nuklearen Brennstoffen	Atomkraftwerk	0.010	0.041
Erdgas	Gas-Heizkessel	0.012	1.284
Abwärme Abfallbehandlung	Kehrichtverbrennungsanlage	0.005	0.022
<b>Aus der Umwelt bezogene Wärme</b>			
Solare Strahlungswärme	Sonnenkollektor	1.007	0.054
Umgebungswärme	Wärmepumpen	1.002	0.825

#### 2.2.5.2.3 *Primärenergieeinsatz zur Bereitstellung von Treibstoffen*

Die folgende Tabelle zeigt für unterschiedliche Treibstoffe den notwendigen Einsatz von Primärenergie. Als Bereitstellungstechnologie wurde der globale Technologie-Mix angenommen. Der Primärenergieeinsatz wird gemäss der Zielsetzung einer 2000-Watt-Gesellschaft in einen nicht-erneuerbaren und einen erneuerbaren Anteil aufgeteilt. Der Primärenergieeinsatz wurde über die gesamte Bereitstellungskette berechnet, inkl. der grauen Energie der Infrastruktur welche für die jeweilige Bereitstellungskette notwendig ist.

*Tabelle 4: Umrechnungsfaktoren für Treibstoffe von Endenergie in Primärenergie*

<i>Endenergie</i>	<i>Bereitstellungstechnologie</i>	<i>Primärenergie pro Einheit Endenergie</i>	
		<i>erneuerbare Energie (ErnE)</i>	<i>nicht-erneuerbare Energie (NichtE)</i>
Diesel schwefelarm	Globaler Technologie-Mix	0.004	1.289
Benzin bleifrei	Globaler Technologie-Mix	0.005	1.363
Flugtreibstoff (Kerosin)	Globaler Technologie-Mix	0.004	1.276

### **2.2.5.3 Vergleich des gewählten Ansatzes mit herkömmlichen Methoden**

Der hier gewählte Ansatz zur Abbildung des Energieverbrauchs weicht in folgenden Punkten von den herkömmlicherweise gewählten Methoden ab:

1. Die Menge an Endenergie wird in Primärenergie umgerechnet. Dabei werden die Verluste aufgrund der Wirkungsgrade in der gesamten Bereitstellungskette (von der Primärenergiequelle bis zur Endenergie) berücksichtigt.
2. In diesem Primärenergie-Faktor für Endenergie ist auch der Energieaufwand berücksichtigt, welcher zur Bereitstellung der in der jeweiligen Prozesskette benötigten Infrastruktur (Bsp. Raffinieren, Kraftwerke etc.) erforderlich ist.
3. Bei erneuerbaren und zeitlich unbegrenzt verfügbaren Energieformen (z. B. Geothermie, Sonnenstrahlung, Umgebungswärme, Windenergie, Gezeiten, Wellen und Meeresströmungen) ist die Menge durch eine bestimmte Technologie genutzter Primärenergie nicht massgeblich. Vielmehr werden hier die Wirkungsgradverluste erst nach der ersten Umwandlung der Primärenergie in Endenergie berücksichtigt. Beispiel: Bei Photovoltaik-Anlagen ist es unerheblich, wieviel der auf einen Quadratmeter Solarzellen einstrahlenden Sonnenenergie in Strom umgewandelt wird, da die Sonnenstrahlung (im Jahresmittel) zeitlich unbegrenzt verfügbar ist.
4. In Abweichung von der Statistik der erneuerbaren Energien des BFE wird im Sinne der 2000-Watt-Gesellschaft Abwärmenutzung aus der Abfallbehandlung zu 100% als erneuerbare Energie betrachtet. Dies weil der nicht-erneuerbare Anteil an Primärenergie bereits als «graue Energie» in den als Abfälle zu behandelnden ausgedienten Produkten enthalten.

## **2.3 Vorgehen Ableitung der Perspektive**

### **2.3.1 Grundsätzlicher Ansatz: Energieeffizienz vor Kapazitätserweiterung**

Bei der Ableitung der Zielperspektive gehen wir von der Energienachfrage aus. Bei jeder Konsum- und Investitionsentscheidung, welche sich im Rahmen der normalen Konsums- oder Erneuerungszyklen stellt, gehen wir davon aus, dass jeder Akteur aus einer 2000-Watt-Perspektive heraus die jeweils Best-Available-Technology wählt. Dieser hypothetische Pfad zeigt damit das technologisch nutzbare Effizienzpotential auf, welches sich ohne zusätzlichen Abschreibungsbedarf erschliessen lässt.

Wir gehen zudem davon aus, dass wir für einen Grossteil unserer individuellen Mobilität (Auto, Flugzeug etc.) auch weiterhin auf nicht-erneuerbare Energieträger angewiesen sein werden. Die Zielsetzung der 2000-Watt-Gesellschaft begrenzt den Verbrauch von nicht-erneuerbarer Primärenergie auf 500 Watt. Diese muss, wollen wir uns diesbezüglich nicht massiv einschränken, auf Grund der heute verfügbaren Technologie vollumfänglich für die individuelle Mobilität eingesetzt werden. Damit müssen die andern Bereiche möglichst vollständig auf erneuerbare Quellen umgestellt werden. Bei der Stromversorgung erfolgt in dieser Zielperspektive die Umstellung innerhalb der normalen Erneuerungs- und Abschreibungszyklen. Wir gehen davon aus, dass zunächst die kostengünstigsten Kapazitäten bis zur Potentialausnutzung zugebaut werden und danach schrittweise teurere Technologien zur Anwendung kommen (Strom aus KVA/Kläranlage vor Photovoltaik). Bei der Frage, ob Biomasse primär zur Treibstoffherstellung oder zur Stromerzeugung genutzt werden soll, rechnen wir auf Grund der heutigen Technik und Wirkungsgrade mit der Verstromung. Diese Frage ist jedoch wiederkehrend etwa alle 10 Jahre auf Grund der jeweils aktuellen technologischen Gegebenheiten neu zu prüfen.

Auch bei einer primär auf Energieeffizienz und sekundär auf Energiebereitstellung fokussierten Strategie kann es notwendig sein, in der mittleren Frist vom Zielpfad abzuweichen, wenn es sich bspw. abzeichnet, dass ein Technologiesprung ansteht oder sich die Kosten oder die relativen Preise erheblich ändern. So könnte es bspw. notwendig und sinnvoll sein, in der mittleren Frist den Zielpfad bezüglich Erneuerbarkeit kurz zu verlassen und bspw. ein Gaskraftwerk zu bauen, um dann Jahre später diesen Strom durch Strom aus Geothermie zu ersetzen. Es kann auch durchaus sinnvoll sein, kurzfristig weitere Kraftwerkskapazitäten zuzubauen oder zuzukaufen, um die Zeit zu überbrücken, bis die Effizienzstrategie ihre Wirkung entfaltet und die zusätzliche Kapazität obsolet macht. Diese flexiblen Strategien bedingen, dass wir auf Technologien setzen, welche kurze Planungs- und Bauzeiten haben und keine langen Abschreibungszeiträume benötigen, um rentabel betrieben werden zu können. Denkbar schlecht geeignet sind diesbezüglich Atomkraftwerke. Sie haben sehr lange Planungszeiten, die Projekte sind aus technischen und politischen Gründen äusserst anfällig für Verzögerungen und benötigen sehr lange Abschreibungszeiträume (40 bis 60 Jahre) um Strom zu wettbewerbsfähigen Preisen bereitstellen zu können. Zudem bestehen heute erhebliche Zweifel daran, ob sich neue Atomkraftwerke ohne Risikoabsicherung seitens des Staates und damit der Steuerzahler überhaupt am Kapitalmarkt finanzieren lassen.<sup>9</sup> Die nicht gegebene Kapitalmarktfähigkeit von neu zu erstellenden Atomkraftwerken durch einen Transfer des finanziellen Risikos auf den Staat und damit die Steuerzahler zu kompensieren, ist aus einer liberalen Perspektive heraus entschieden abzulehnen.

Unabdingbare Voraussetzung für eine vorübergehende Abweichung vom Zielpfad wäre jedoch, dass der Zielpfad zuvor verbindlich festgelegt und bis dahin konsequent befolgt wurde sowie dass Gewähr dafür besteht, dass er auch in Zukunft weiter verfolgt werden wird.

### 2.3.2 Ausgangspunkt Energienachfrage

Die hier entwickelten Energieperspektiven setzen bei der Energienachfrage an. Die der Zielperspektive zugrunde liegenden technischen Zielsetzungen sind:

1. Energienachfrage mindern
2. Energiebedarfsdeckung möglichst aus erneuerbaren Quellen
3. Qualitätsgerechter Einsatz der Energieformen: Minimierung des Einsatzes hochwertiger Energieformen (z. B. Strom) zur Deckung minderwertiger Energiebedürfnisse (z. B. Wärme)

Methodisch gehen wir bei der Ableitung der Zielperspektive von der heutigen Situation aus und unterstellen bei jeder zukünftigen Konsumententscheidung und bei jeder Investitionsentscheidung, welche im Rahmen der normalen Erneuerungszyklen gefällt werden muss, dass die folgenden Kriterien mit abnehmender Priorität die Entscheidungen determinieren:

1. Effiziente Nutzung der Endenergie, die nicht für Wärmezwecke eingesetzt wird (minimaler Endenergieeinsatz pro Nutzeneinheit)
2. Effiziente Nutzung der Endenergie, die für die Gewinnung der Nutzenergie Wärme – insbesondere Raumwärme – verwendet wird (minimaler Endenergieeinsatz pro Einheit Wärme)
  - 2.a Nutzenergiebedarf senken

<sup>9</sup> So hat bspw. die Kraftübertragungswerke Rheinfelden AG ihre 5% Beteiligung am Atomkraftwerk Leibstadt Ende September 1999 an die Watt AG verkauft. Bei der Transaktion flossen 120 Mio DM. Allerdings erhielt nicht die Verkäuferin diesen Betrag, sondern sie musste diesen Betrag zahlen, um sich von der Last der Beteiligung zu befreien. Rechnet man den Betrag hoch auf eine 100% Beteiligung, dann hatte das Atomkraftwerk Leibstadt zu diesem Zeitpunkt einen Marktwert von minus 2 000 000 000 CHF. Eine solche Gesellschaft ist nicht kapitalmarktfähig, sprich sie wird vom Kapitalmarkt nicht finanziert. [Neue Zürcher Zeitung Nr. 294 vom 17.12.1999]

- 2.b effizientere Umwandlung von Endenergie zu Nutzenergie (insbesondere durch Nutzung von Umgebungswärme)
- 3. Effizientere Bereitstellung der Endenergie resp. der gehandelten Energieträger (minimaler Energieeinsatz pro Einheit Endenergie)
- 4. Wahl des effizientesten Energieträgers beim Endenergie-Entscheid

### 2.3.3 Technologieentwicklungen, Erneuerungs- und Abschreibungszyklen sowie Planungs- und Realisierungszeiträume

Wir betrachten in dieser Studie im Grundsatz nur Energiebereitstellungstechnologien und Energienutzungstechnologien die heute bereits verfügbar sind. Zum jetzigen Zeitpunkt ist noch nicht klar, welchen Beitrag die Geothermie (Deep Heat Mining) zur Stromversorgung der Schweiz leisten kann. Ein Pilotprojekt in der Region Basel wird zur technischen und ökonomischen Machbarkeit in ein paar Jahren erste Resultate liefern. Unter der Annahme, dass Deep Heat Mining in der Schweiz machbar ist, beträgt das Potential langfristig 17 500 Mio. kWh jährlich [Axp0, 2005]. Im Vergleich dazu entspricht die Stromproduktion aller fünf Atomkraftwerke in der Schweiz heute ca. 24 500 Mio. kWh. Bezüglich des nicht gesicherten Potentials von Strom aus Geothermie gehen wir davon aus, dass diese Energieform in der Schweiz nicht vor 2035 zur Verfügung steht und im Jahr 2050 einen Beitrag von 5 000 Mio. kWh leistet. Dies ist eine äusserst vorsichtige Annahme.

Das Voranschreiten auf dem Zielpfad wird massgeblich von den wirtschaftlichen und technologischen Erneuerungs- und Abschreibungszyklen bei der Energienachfrage und von den unterschiedlichen Planungs- und Realisierungszeiträumen bei Investitionen in die Energiebereitstellung beeinflusst. Wir gehen im Rahmen dieser Studie von den technisch und/oder wirtschaftlich bestimmten Erneuerungszyklen aus. Es wird somit keine Investition vorzeitig ersetzt oder abgeschrieben. Da wir eine Zielperspektive entwickeln, gehen wir davon aus, dass bei jeder anstehenden Ersatzinvestition die jeweils im Sinne der Zielsetzung effektivste Option (Best-Available-Technology) gewählt wird. Diese Rationalität der Entscheidungen kann durch politische Instrumente unterstützt und sichergestellt werden. Es ist eine Frage des Wollens.

In den Berechnungen sind wir – der konservativen Grundeinstellung folgend – davon ausgegangen, dass jeweils «nur» BAT\_2004 eingesetzt wird, obwohl zu erwarten ist, dass auch in Zukunft noch effizientere Geräte entwickelt werden. Details zu den Erneuerungs- und Abschreibungszyklen sowie die in die Modellierung der Zielperspektive eingeflossenen Annahmen zur Best-Available-Technology sind in den entsprechenden Berechnungstabellen enthalten.<sup>10</sup>

### 2.3.4 Entscheidungsorientierung

Die in dieser Studie entwickelte zielorientierte Energieperspektive wird auf dem «Energieverständnis» einer breiteren Öffentlichkeit aufgebaut. Ausgangspunkt sind nicht die Energiequellen, Energieträger oder Energiebereitstellungs- und -nutzungstechnologien, sondern die Konsumformen und Konsumententscheide sowie die Investitionsentscheide, die im Alltag von Einzelpersonen und Kollektiven (private Betriebe und Unternehmungen, öffentliche Verwaltungen und Behörde) eine Energienachfrage nach sich ziehen.

<sup>10</sup> Es handelt sich dabei um Arbeitsinstrumente, die nicht publiziert werden. Auskunft zum Aufbau der Tabellen und zu den einzelnen Annahmen geben die Auftraggeber oder die Studienverfasser auf Anfrage.

*Definition: Als Konsumententscheid bezeichnen wir sämtliche Entscheide, welche unmittelbar eine direkte oder indirekte Energienachfrage nach sich ziehen. Als Investitionsentscheid bezeichnen wir sämtliche technologischen Beschaffungsentscheide, welche eine mittelbare Auswirkung auf den kurz-, mittel- und langfristigen Energieverbrauch haben.*

Folgende etwas komplexeren Beispiele sollen diese beiden Kategorien weiter illustrieren:

- Beispiel auf der individuellen Ebene:

*Ein Konsument entscheidet sich ein Auto des Typs Z zu kaufen (Investitionsentscheid). Er entscheidet sich, mit diesem Auto täglich alleine von A nach B zur Arbeit zu pendeln (Konsumententscheid). Diese beiden Entscheide gemeinsam bestimmen den Energieverbrauch des Konsumenten, wobei der Investitionsentscheid den Energieverbrauch bei Nutzung des Autos längerfristig festlegt.*

- Beispiel auf der kollektiven Ebene

*Politik/Parlament beschliesst den Bau einer Strasse. Die Verwaltung schreibt den Bau dieser Strasse aus und definiert dabei zusätzliche Kriterien (bspw. Umgang mit Aushub, Abfällen etc. oder Materialspezifikationen). Eine Baufirma führt den Auftrag aus. Mit dem Entscheid zum Bau der Strasse wird der zukünftige Energieverbrauch für Mobilität beeinflusst (ein Auto fährt nur auf einer Strasse und mehr Verkehrsfläche bewirkt in vielen Fällen auch mehr Nachfrage nach Mobilität) und mit der Art und Weise wie gebaut wird, wird der Anteil an grauer Energie festgelegt, welche ein Verkehrsteilnehmer pro gefahrenen Kilometer zu tragen hat.*

Es sind diese Entscheide auf primär individueller und sekundär kollektiver Ebene, welche die Energienachfrage und die Energieversorgung determinieren und damit bestimmen, wie schnell und wie weit wir auf dem Zielpfad zur 2000-Watt-Gesellschaft vorankommen. Es stellt sich deshalb die Frage,

- welche Entscheide,
  - auf welcher Ebene,
  - von wem,
  - wann und
  - wie getroffen werden müssen,
- um dem Ziel einer 2000-Watt-Gesellschaft näher zu kommen. Die zu entwickelnden Strategien müssen auf diese Entscheidungen einwirken.

Dieser entscheidungsorientierte Ansatz weicht entscheidend vom üblichen prognoseorientierten Ansatz ab, welcher die Frage stellt, welcher Energieverbrauch resultiert, wenn man einem Szenario bestimmte Entscheide/Entscheidungsmuster zugrunde legt. Der hier entwickelte entscheidungsorientierte Ansatz erlaubt uns, neue – bisher ausgeblendete – Fragestellungen und Gesichtspunkte in die politische Diskussion einzubringen. Beispielsweise die Frage, was im Strombereich sinnvoller ist: Konsequenterweise nur noch die effizientesten stromverbrauchenden Geräte zuzulassen oder sich in die Zwangslage hinein zu manövrieren, kapitalintensive neue Grosskraftwerke bauen zu müssen. Oder im Mobilitätsbereich die Frage, ob wir es vorziehen, die aus Klimaschutzgründen unabdingbar nötige Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen mit viel Treibstoff verbrauchenden Fahrzeugen zu erreichen, indem wir pro Jahr deutlich weniger Kilometer zu fahren, oder ob wir mittels einer Lenkungsabgabe und technischen Vorschriften den durchschnittlichen Verbrauch der Fahrzeuge so weit senken wollen, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen deutlich abnehmen, obwohl wir noch gleich viel fahren wie heute.

Nur mit einem solchen, an den alltäglichen Erfahrungen der Menschen ausgerichteten Ansatz, werden die Gründe, die für Veränderungen der politischen Rahmenbedingungen sprechen, fassbar und solche Veränderungen mehrheitsfähig.

### **2.3.5 Zurückführung aller Energienachfrage auf individuelle Konsum- und Investitionsentscheide**

Individuelle Konsum- und Investitionsentscheide induzieren und determinieren Konsum- und Investitionsentscheide bei privaten Betrieben und Unternehmungen, öffentlichen Verwaltungen und Behörden (kollektive Ebene). Im folgenden zeigen wir auf, welche Entscheide wir betrachten, wie wir sie klassieren und wie wir die kollektiven Entscheide auf den individuellen Konsum umlegen.

Auf der Ebene der *individuellen Konsumententscheide* unterscheiden wir sechs Kategorien (Tabelle 5).

Tabelle 5: Betrachtete individuelle Konsumkategorien/-entscheide

Konsumkategorie	Subkategorien		
<b>Wohnen (ohne Komfortwärme)</b>	Küche	Kochen & backen Kühlen Gefrieren	
	Hygiene	Warmwasser Geschirr spülen Wäsche waschen Wäsche trocknen	
	Kommunikation & Unterhaltung	Computern Fernsehen Kommunizieren Audio-Video papierbasierte Medien	
	Beleuchtung	Beleuchten	
<b>Wohnhaus (Bau + Komfortwärme)</b>	Gebäudehülle Raumwärme Raumlüftung Raumkühlung		
<b>Essen &amp; Bekleidung</b>	Nahrungsmittel (inkl. Verpackung)		
	Textilien		
<b>Freizeitaktivitäten</b>	Individueller Nahverkehr	Auto Velo Fuss	
		Öffentlicher Nahverkehr	Bahn Bus Tram
			Individueller Fernverkehr
	Öffentlicher Fernverkehr	Flugzeug (Kurzstrecke) Flugzeug (Langstrecke) Bus Zug	
<b>Pendeln (Arbeitsplatz)</b>	Individueller Nahverkehr	Auto Velo Fuss	
		Öffentlicher Nahverkehr	Bahn Bus Tram
<b>Arbeiten + Konsum von Dienstleistungen</b>	Finanzdienstleistungen		
	Versicherungsdienstleistungen		
	Post		
	öffentliche Verwaltung		
	Logistik		
	Industrielle und gewerbliche Produktion (div.)		

Diese Entscheide ziehen einen direkten Energieverbrauch nach sich. Um konsumieren zu können, müssen auf individueller Ebene gewisse Investitionsentscheide gefällt werden, sprich es müssen gewisse Dinge wie bspw. ein Auto angeschafft werden.

Auf dieser Ebene der *individuellen Investitionsentscheide* beziehen wir folgende Aspekte ein und unterscheiden folgende Kategorien:

*Tabelle 6: Betrachtete individuelle Investitionsgüter/-entscheide*

<i>Investitionskategorie</i>	<i>Subkategorie</i>	<i>Umlage der grauen Energie auf Konsumbereich</i>	
<b>Gebäude</b>	Einfamilienhaus	Wohnhaus	
	Eigentum an Mehrfamilienhaus (Wohnung)	Wohnhaus	
	Zweitwohnungen	Wohnhaus	
<b>Fahrzeuge</b>	Auto	Freizeitmobilität & Pendeln	
	Motorisierte Zweiräder	Freizeitmobilität & Pendeln	
	Velos	Freizeitmobilität & Pendeln	
<b>Haushaltgeräte</b>	Elektrobackofen	Wohnen/Küche	
	Gasbackofen	Wohnen/Küche	
	Elektroherd	Wohnen/Küche	
	Gasherd	Wohnen/Küche	
	Kühlschrank	Wohnen/Küche	
	Tiefkühltruhe/-schrank	Wohnen/Küche	
	Kaffeemaschine	Wohnen/Küche	
	<b>Sanitärinstallationen</b>	Gasboiler	Wohnen/Hygiene
		Elektroboiler	Wohnen/Hygiene
Wärmetauscher-Boiler (Fernwärme)		Wohnen/Hygiene	
Wärmetauscher-Boiler (Solar)		Wohnen/Hygiene	
Geschirrspülmaschine		Wohnen/Hygiene	
Waschmaschine		Wohnen/Hygiene	
Wäschetrockner (Elektro)		Wohnen/Hygiene	
<b>Klimainstallationen</b>	Wärmetauscher (Fernwärme)	Wohnhaus/Komfortwärme	
	Wärmetauscher (Solar)	Wohnhaus/Komfortwärme	
	Ölbrenner	Wohnhaus/Komfortwärme	
	Gasbrenner	Wohnhaus/Komfortwärme	
	Holzbrenner	Wohnhaus/Komfortwärme	
	Widerstandsheizung	Wohnhaus/Komfortwärme	
	Wärmepumpe	Wohnhaus/Komfortwärme	
	Lüftungs-/Klimagerät	Wohnhaus/Komfortwärme	
	Blockheizkraftwerk Gasmotor	Wohnhaus/Komfortwärme	
Blockheizkraftwerk Dieselmotor	Wohnhaus/Komfortwärme		
<b>Multimediageräte/ Kommunikationsgeräte</b>	TV	Wohnen/Komm. & Unterhaltung	
	Audio/Video	Wohnen/Komm. & Unterhaltung	
	Kommunikation (Telefon/IP)	Wohnen/Komm. & Unterhaltung	
	Computer	Wohnen/Komm. & Unterhaltung	
<b>Beleuchtungsgeräte</b>	Beleuchtungsgeräte	Wohnen/Beleuchtung	



Diese Entscheide bestimmen massgeblich den zukünftigen Energieverbrauch auf der Ebene der individuellen Konsumententscheide, haben aber auch durch die Produktion der angeschafften Güter bereits Energie verbraucht. Dieser in der Güterbereitstellung (inkl. Energieträger) verursachte Energieverbrauch resp. in den Gütern (inkl. Energieträger) «enthaltene» Energie bezeichnen wir als graue Energie. Sie wird anteilmässig aufgrund der Anzahl Geräte und deren Lebensdauer den einzelnen Konsumkategorien (letzte Spalte) zugerechnet.

Auf der Ebene der *kollektiven Konsumententscheide* unterscheiden wir folgende Kategorien:

*Tabelle 7: Betrachtete kollektive Konsumkategorien/-entscheide*

<i>Konsumkategorie</i>	<i>Subkategorie</i>	<i>Umlage des Energieverbrauchs auf Konsumkategorie</i>
<b>Raumnutzung</b>	Raumklima	Konsum von Dienstleistungen/alle Subkategorien ausser Logistik
	Kommunikation/IT	Konsum von Dienstleistungen/alle Subkategorien ausser Logistik
	Beleuchtung	Konsum von Dienstleistungen/alle Subkategorien ausser Logistik
<b>Logistik (Transporte)</b>	Lieferwagen	Konsum von Dienstleistungen/Logistik
	Lastwagen	Konsum von Dienstleistungen/Logistik
	Bahn	Konsum von Dienstleistungen/Logistik
	Kühllagerhaltung	Konsum von Dienstleistungen/Logistik

Der Energieverbrauch durch Raumnutzung und Logistik wird den entsprechenden individuellen Konsumkategorien (letzte Spalte) zugerechnet. Der in der schweizerischen Energiestatistik unter der Rubrik Industrie und Dienstleistungen ausgewiesene Energieverbrauch ist bei dieser Form der Zurechnung in der grauen Energie der individuell und kollektiv beschafften Güter und Infrastrukturen teilweise bereits enthalten. Umgekehrt ist in dieser grauen Energie auch der durch den schweizerischen Konsum induzierte Energieverbrauch der Industrie und des Dienstleistungssektor jenseits der Landesgrenze enthalten. Weil keine ausreichend genauen Daten über die Stoff- und Energieflüsse bestehen, welche den aus der Schweiz exportierten Gütern und Dienstleistungen zu Grunde liegen, wurde folgende Annäherung an die realen Verhältnisse gewählt: Die direkten Energieverbräuche von Logistik, anderen Dienstleistungen und Industrie wurden ebenfalls auf den Konsum von Dienstleistungen umgelegt. Dies führt tendenziell dazu, dass die graue Energie des Erbringens von Dienstleistungen zu tief und jene der Güterproduktion (Exportanteil) zu hoch angenommen. Beide Effekte beeinflussen jedoch mit Blick auf die Zielsetzung der vorliegenden Studie das Gesamtbild nur unwesentlich.

Auf der Ebene der *kollektiven Investitionsentscheide* unterscheiden wir folgende Kategorien:

*Tabelle 8: Betrachtete kollektive Investitionsgüter/-entscheide*

<i>Investitionskategorie</i>	<i>Subkategorie</i>	<i>Umlage der grauen Energie auf Konsumkategorie</i>
<b>Gebäude</b>	Bürogebäude	Konsum von Dienstleistungen/alle Subkategorien ausser Logistik
	Wohnhäuser (Miete)	Wohnhaus
<b>Transportmittel</b>	Eisenbahnrollmaterial	Freizeitaktivitäten & Pendeln
	Flugzeuge	Freizeitaktivitäten & Pendeln
	Busse	Freizeitaktivitäten & Pendeln
	LKWs	Konsum von Dienstleistungen/ Logistik
<b>Verkehrswege</b>	Strassen	Freizeitaktivitäten & Pendeln & Konsum von Dienstleistungen/ Logistik
	Schienen	Freizeitaktivitäten & Pendeln & Konsum von Dienstleistungen/ Logistik
	Flughäfen	Freizeitaktivitäten & Konsum von Dienstleistungen/Logistik
<b>Informationstechnologie</b>	Computer	Konsum von Dienstleistungen
	Kommunikation	Konsum von Dienstleistungen

Der bei der Erstellung/Herstellung dieser Investitionsgüter und Infrastrukturen angefallene Energieverbrauch wird anteilmässig aufgrund der durchschnittlichen Nutzungsdauer den Konsumkategorien (letzte Spalte) zugerechnet.

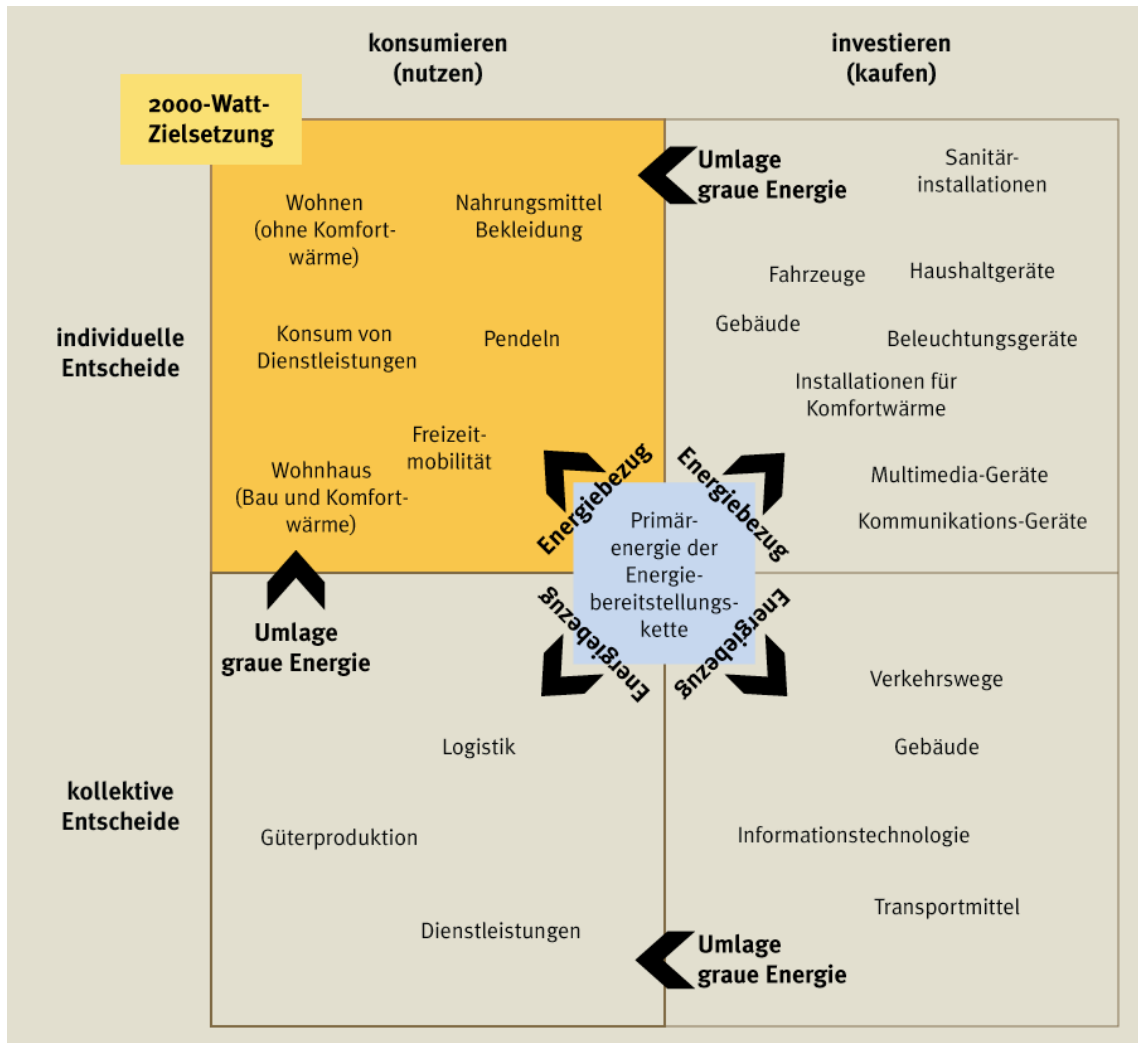
Die folgende Abbildung 3 zeigt das gewählte Verfahren zur Umlage sämtlicher Energienachfrage auf individuelle Konsumententscheide im Überblick.

Im Quadranten rechts oben, wird der Energiebedarf zur Herstellung der aufgeführten Geräte erfasst. In diesem Energiebedarf ist wiederum der gesamte Primärenergiebedarf der Energiebereitstellungskette für den entsprechenden Endenergieeinsatz enthalten. Dieser Primärenergiebedarf wird als graue Energie auf die entsprechenden individuellen Konsumententscheide umgelegt. So wird bspw. der Bereich «Installationen für Komfortwärme» auf den Konsumbereich «Wohnhaus» umgelegt.

Im Quadranten rechts unten wird der Energiebedarf zur Herstellung der Verkehrswege, der Transportmittel, der Informationstechnologie und der Gebäude im Bereich der kollektiven Entscheide erfasst. In diesem Energiebedarf ist wiederum der gesamte Primärenergiebedarf der Energiebereitstellungskette für den entsprechenden Endenergieeinsatz enthalten. Dieser Primärenergiebedarf wird als graue Energie auf die entsprechenden kollektiven Konsumententscheide umgelegt. So wird bspw. der Bereich «Verkehrswege» und «Transportmittel» auf den kollektiven Konsumbereich «Logistik» umgelegt.

Im Quadranten links unten, wird der direkte Energiebezug der Bereiche Logistik, Güterproduktion und Dienstleistungen erfasst. In diesem Energiebedarf ist wiederum der gesamte Primärenergiebedarf der Energiebereitstellungskette für den entsprechenden Endenergieeinsatz enthalten. Dieser Primärenergiebedarf wird – ergänzt um die umgelegte Menge grauer Energie aus dem Quadranten rechts unten – auf die entsprechenden individuellen Konsumententscheide umgelegt.

Abbildung 3: Umlage sämtlicher Energienachfrage auf individuelle Konsumententscheide



Die individuellen Konsumbereiche im Quadranten links oben enthalten neben dem direkten Primärenergiebezug auch die graue Energie der Geräte (Quadrant rechts oben), die graue Energie kollektiven Bereiche Verkehrswege, Gebäude, Informationstechnologie und Transportmittel sowie den direkten Primärenergieeinsatz der kollektiven Konsumententscheide im Bereich Logistik, Dienstleistungen und Güterproduktion.

### 3 Strategien zur Stützung der Investitions- und Konsumentenscheide in Richtung Potentialausnutzung

Im folgenden soll ansatzweise aufgezeigt werden, welcher politische Instrumenten-Mix eingesetzt werden müsste, damit wir auf den Zielpfad zu einer 2000-Watt-Gesellschaft gelangen und uns konsequent auf diesem weiterbewegen.

#### 3.1 Leitgedanke

Die Grundfrage, welche dem hier skizzierten Ansatz einer politischen Strategie zur Stützung der Investitions- und Konsumentenscheide in Richtung Potentialausnutzung zu Grunde liegt, ist folgende:

*Wie müssen die politischen Rahmenbedingungen sein, damit jeder Akteur im Sinne einer 2000-Watt-Gesellschaft «richtig» – d. h. im Sinne der Zielsetzung – entscheidet?*

Wir gehen davon aus, dass wir als Gesellschaft das Ziel auch wirklich erreichen wollen, und zwar auf einem wirtschaftlich möglichst effizienten Pfad. Das Geld soll also immer so investiert werden, dass pro investiertem Franken ein möglichst grosser Beitrag zur Zielerreichung resultiert.

#### 3.2 Politische Strategie / Rahmenbedingungen

Um das Ziel einer 2000-Watt-Gesellschaft erreichen zu können, müssen politische Rahmenbedingungen gesetzt werden. Auf Grund der teilweise sehr langlebigen Investitionen in Anlagen und Geräte (sowohl für die Energieproduktion als auch beim Energieverbrauch) wie auch des teilweise nicht preissensitiven Konsums (z. B. individuelle Konsumentenscheide bezüglich Geräteeffizienz beim Strom) wäre es nicht zielführend, allein auf steigende Energiepreise zu warten. Das Umschwenken würde zu spät erfolgen, wir würden das Ziel verfehlen.

Zur Verfolgung des Zieles einer 2000-Watt-Gesellschaft schlagen wir einen Mix aus vier zentralen aufeinander abgestimmten Strategien vor:

1. Eine **Lenkungsabgabe mit vollständiger Auszahlung** ohne Ausnahmeregelungen im preissensiblen Bereich der Brenn- und Treibstoffe.
2. In Bereichen, wo die Nachfrage nicht oder nur schwach auf steigende Preise reagiert, sind **technische Vorschriften** betreffend Wirkungsgrade und Stand-by-Verbräuche festzulegen.
3. Im Bereich Strombereitstellung ist eine von den Produktionstechnologien und Produktionskosten unabhängige **zielorientierte Einspeisevergütung für Strom aus erneuerbaren, inländischen Quellen** einzuführen.
4. **Forschungsförderung** durch zweckmässige Rahmenbedingungen.

Auf sämtliche Förderungsprogramme (bspw. Steuerbefreiungen, Objektsubventionen, Energieminderungs-Förderprogramme etc.) kann und muss nach einer Übergangszeit vollumfänglich verzichtet werden, wenn und soweit die obige Politikstrategie tatsächlich als ganzes Paket eingeführt und konsequent umgesetzt wird. Insbesondere auf Subventionen für Investitionen, finanziert aus zweckgebundenen (privaten) Steuern resp. Zwangsabgaben (bspw. Klimarappen), soll und

muss verzichtet werden.<sup>11</sup> Nicht darunter fallen allenfalls erforderliche Anreize in Forschung und Entwicklung.

Im Folgenden werden die Pfeiler 1 bis 4 näher erläutert.

### 3.2.1 Lenkungsabgabe mit vollständiger Auszahlung

Die Lenkungsabgabe wird auf **sämtlichen Brenn- und Treibstoffen** erhoben. Es werden bezüglich Art des Brenn- und Treibstoffes<sup>12</sup> oder bezüglich Energieverbraucher **keinerlei Ausnahmen** gemacht. Mit der Lenkungsabgabe werden keinerlei Finanzierungs- oder Förderziele verbunden, sprich es gibt keine Zweckbindung. Die Höhe der Lenkungsabgabe muss von der Exekutive so festgelegt werden, dass die Ziele erreicht werden. Werden die Ziele verfehlt, besteht eine Verpflichtung die Abgabe zu erhöhen, werden die Ziele übererfüllt, muss die Abgabe gesenkt werden. Diese Überprüfung der Zielerreichung erfolgt alle 3-5 Jahre. Damit werden Kräfte, welche sich treibend auf den Energieverbrauch auswirken, über eine höhere Lenkungsabgabe kompensiert, so dass der Energieverbrauch auf Zielkurs bleibt.

Die Abgabe hat keinerlei Finanzierungsfunktion. Sie wird vollständig an die Haushalte und an die Firmen ausbezahlt. Damit ist sie für die durchschnittliche Firma und den durchschnittlichen Haushalt budgetneutral. Bei den Haushalten erfolgt die Auszahlung pro Kopf, bei den Betrieben in Relation zur ALV-Lohnsumme, welche sich als Indikator für die Anzahl der Beschäftigten anbietet. Die Auszahlung kann, wie sich dies im Kanton Basel-Stadt bewährt hat, direkt auf das Bank- oder PC-Konto der Haushalte und Betriebe erfolgen. Alternativ könnte auch eine Auszahlung via Krankenkassen resp. Ausgleichskassen erfolgen. Es ist darauf zu achten, dass keine Verrechnung mit geschuldeten Beträgen (Krankenkassenprämie resp. AHV-Zahlungen) vorgenommen wird, sondern der Betrag effektiv auf das Bank- oder PC-Konto der Haushalte und Betriebe überwiesen wird.

Die Aufteilung der gesamthaft eingezogenen Abgabe auf die Haushalte und Betriebe erfolgt dadurch, dass zunächst die von den Haushalten bezahlte Lenkungsabgabe mittels einer repräsentativen Stichprobe erhoben und auf die Gesamtbevölkerung hochgerechnet wird. Diese Summe wird von der gesamthaft bezahlten Lenkungsgabe abgezogen, womit als resultierende Grösse die gesamthaft von den Firmen bezahlte Lenkungsabgabe feststeht. Dieser Betrag wird in Relation zur deklarierten ALV-Lohnsumme an die Betriebe ausbezahlt. Die auf dieser Basis ermittelte Verteilungsquote wird von der Exekutive festgelegt.

<sup>11</sup> Sie sind weder effizient noch effektiv. Es ist nicht sichergestellt, dass die Ressourcen effizient alloziert werden. Subventionen führen zu einer Umverteilung (von allen Bezahlenden hin zu denen, welche die Subventionsklaviatur am besten spielen können), sie lösen Mitnahmeeffekte aus (jeder der Investiert, nimmt die Subvention mit, obwohl er sowieso investiert hätte) und sie ersetzen die individuellen Entscheide der Marktteilnehmer durch eine planwirtschaftliche Bürokratie, die sicherstellen muss, dass die Gelder auch verteilt werden. Subventionen sind mit einer marktwirtschaftlich orientierten Nachhaltigkeitspolitik nicht vereinbar.

<sup>12</sup> Es sollte auf internationaler Ebenen darauf hingearbeitet werden, dass Flugbenzin ebenfalls mit Steuern und Abgaben belastet werden darf.

Die Höhe der Abgabe wird für die einzelnen Brenn- und Treibstoffe entsprechend der 2000-Watt-Zielsetzung aufgrund der folgenden zwei Kriterien festgelegt:

1. Emissionsmenge klimawirksamer Gase, welcher über die gesamte Prozesskette der Bereitstellung des Brenn- oder Treibstoffes und bei dessen Nutzung verursacht werden.
2. Menge nicht-erneuerbarer Primärenergie, welche über die gesamte Prozesskette der Bereitstellung des Brenn- oder Treibstoffes eingesetzt und bei dessen Nutzung umgesetzt wurde.

Die Gewichtung der zwei Kategorien muss politisch erfolgen. Tabelle 9 zeigt aufgrund der für diese Zielperspektive verwendeten Daten die Bestimmungsfaktoren der Lenkungsabgabe für die einzelnen Brenn- und Treibstoffe. Die Ausgestaltung der Lenkungsabgabe müsste diese Relationen betreffend Primärenergieinput und Treibhauspotential widerspiegeln.

*Tabelle 9: Bestimmungsfaktoren einer mit der Zielsetzung einer 2000-Watt-Gesellschaft konformen Lenkungsabgabe auf Brenn- und Treibstoffe<sup>13</sup>*

<i>Brenn- und Treibstoff<sup>4</sup></i>	<i>nicht-erneuerbarer Primärenergieinput [MJ-Equivalent] pro MJ Endenergie</i>	<i>Treibhauspotential (GWP100) in kg CO<sub>2</sub>-Equivalent pro MJ Endenergie</i>
Holz	0.024	0.010
Biogas <sup>15</sup>	0.037	0.022
Erdgas	1.197	0.071
Kerosin	1.276	0.093
Heizöl extraleicht	1.289	0.095
Diesel	1.289	0.095
Heizöl schwer	1.305	0.100
Benzin bleifrei	1.363	0.100
Uran angereichert	1.563	0.004

### 3.2.2 Technische Vorschriften

In sämtlichen Bereichen wo die Energienachfrage nicht, sehr schwach oder nur sehr langfristig auf eine Veränderung der relativen Preise reagiert (und nur dort!), werden technische Vorschriften zu Wirkungsgraden und maximal zulässigen Stand-by-Verbräuchen erlassen. Die direkte Verwendung von Strom zur Raumheizung (Widerstands-Elektroheizung) wird untersagt.

Diese Vorschriften sind regelmässig zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen. Dies insbesondere dann, wenn eine Abweichung vom Zielpfad festgestellt wird. Damit wird sichergestellt, dass eine Erhöhung des Gesamtstromverbrauchs bspw. durch eine grössere Anzahl Plasma-TV durch verschärfte Energieverbrauchsvorschriften pro Gerät kompensiert werden. Somit ist

<sup>13</sup> Abgeleitet aus den Ökoinventaren in ecoinvent, die auch den Modellrechnungen zu Grunde liegen. Details siehe Berechnungstabellen in der Beilage.

<sup>14</sup> Für Rapsmethylester und Ethanol aus Biomasse sind noch keine Daten vorhanden, welche eine ähnliche Qualität aufweisen wie die der aufgeführten Brenn- und Treibstoffe. Wir verzichten deshalb auf die Auflistung dieser zwei Brenn- resp. Treibstoffe.

<sup>15</sup> Die Werte für Biogas sind stark von der Herkunft der Biomasse abhängig.

Mengenwachstum auch weiterhin möglich, es muss aber durch eine höhere Effizienz kompensiert werden. Dieser Mechanismus gilt für alle den Stromverbrauch treibenden Kräfte.

### 3.2.3 Zielorientierte Einspeisevergütung

Aus der Zielsetzung der 2000-Watt-Gesellschaft und dem Umstand, dass die nicht-erneuerbaren Energieträger im Flugverkehr, im Personenwagen- und im Lastwagenverkehr benötigt werden (weil nur schwer substituierbar), folgt, dass die Schweiz ihre gesamte Stromnachfrage aus erneuerbaren Quellen decken muss. Aufgrund der politischen Restriktion (siehe Abschnitt 2.2.4) sollten die dazu eingesetzten Primärenergieträger zudem im Inland verfügbar sein. Damit muss die Strombereitstellung für diese Zielperspektive auf den folgenden Primärenergieträgern aufbauen:

- Wasserkraft,
- Windenergie,
- Sonnenstrahlung,
- Geothermie,
- Biomasse und
- Abwärme aus Abfallbehandlung.

Dies bedingt einerseits eine Reduktion der Stromnachfrage über Effizienzstrategien und andererseits den Wegfall der Atomkraftwerke, welche nicht-erneuerbaren Strom aus einem importierten Primärenergieträger produzieren. Somit muss die Stromproduktion bezüglich Endenergieträger und Technologie schrittweise angepasst werden.

Wir empfehlen diesen Umbau mit einer zielorientierten Einspeisevergütung in die Wege zu leiten. Die Vergütung orientiert sich dabei nicht an den Produktionskosten einer kWh oder der Bereitstellungstechnologie, sondern einzig an dem als Ziel gesetzten Anteil erneuerbaren Stroms. Diese Ziel sollte als Zielpfad über eine gewisse Periode definiert werden (Beispiel: 70% im Jahr 2020, 80% bis 2030, 90% bis 2040, 100% bis 2050). Die Einspeisevergütung wird in ihrer Höhe so festgelegt, dass die Ziele entlang dem Zielpfad erreicht werden. Sie wird erhöht bei Unterschreitung und gesenkt bei Übererfüllung des Ziels. Die Höhe der Einspeisevergütung wird bei Vertragsabschluss für eine gewisse Dauer (bspw. 15 Jahre) festgelegt. Steigt sie später an oder sinkt sie, hat dies keinen Einfluss auf die bestehenden Verträge, vielmehr gilt der neue Einspeisesatz nur für Neuverträge.

Dieses Vorgehen hat zur Folge, dass Investoren immer nur jene Projekte umsetzen, welche sich bei der bestehenden Einspeisevergütung lohnen, sprich bei denen die Gestehungskosten neu zugebauter Kapazität<sup>16</sup> unter der Einspeisevergütung liegen. Steigt die als Ziel definierte Quote, und sind die billigen erneuerbaren Primärenergiequellen ausgeschöpft, muss die Einspeisevergütung erhöht werden, sodass neue Investitionen angestossen werden. Mit diesem Vorgehen ist sichergestellt, dass das jeweilig gültige Zielniveau mit den minimalen Kosten erreicht werden kann.

<sup>16</sup> Ein häufiger Mangel beim Vergleich der Gestehungskosten unterschiedlicher Strombereitstellungstechnologien ist der, dass bei «neuen» Technologien wie Wind oder Biomasse die Kosten pro kWh aus neu gebauter Kapazität genommen werden und diese mit den aktuellen Gestehungskosten von Strom aus Kraftwerken verglichen werden, welche auf einem früheren Kostenniveau gebaut wurden, und zum grossen Teil bereits abgeschlossen sind.

Mit der zielorientierten Einspeisevergütung wird angebotsorientiert ein Preissignal in den Markt gegeben. Dieses Preissignal ist unabhängig von der eingesetzten Technologie für alle Akteure gleich. Es werden keine objektbezogenen Subventionen ausgerichtet.

#### **3.2.4      Forschungsförderung durch zweckmässige Rahmenbedingungen**

Es ist davon auszugehen, dass die Signale, welche von der zielorientierten Einspeisevergütung bei der Strombereitstellung sowie von der Lenkungsabgabe mit vollständiger Auszahlung auf Brenn- und Treibstoffen ausgehen, starke Innovationsimpulse bei den privaten Akteuren entstehen. Auf eine weitergehende finanzielle Förderung der Forschung kann und soll deshalb verzichtet werden.

In den Bereichen, wo diese Impulse im Sinne der 2000-Watt-Zielsetzung nicht ausreichend von den privaten Akteuren gesetzt werden, müssen die Rahmenbedingungen überprüft und allenfalls angepasst werden. Es ist durch zweckmässige Rahmenbedingungen sicherzustellen, dass die durch die Einspeisevergütung und die Lenkungsabgabe ausgelösten Innovationsimpulse möglichst wirksam sind, d. h. schnell zu den privaten Akteuren durchschlagen und sich in marktfähigen Lösungen manifestieren.

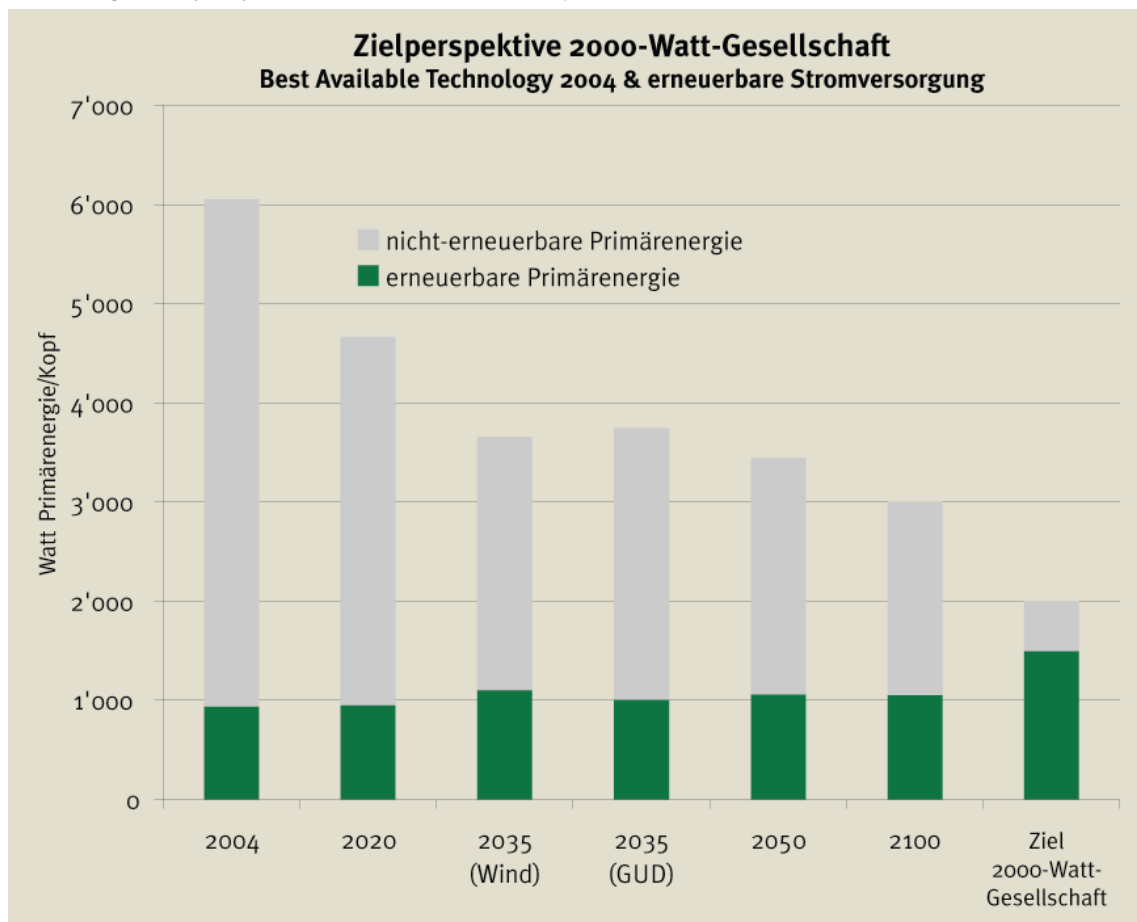


## 4 Ergebnisse: Der Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft

Die in Kapitel 2 dargelegte Methode zur Ableitung der Ziel-Perspektive führt zu folgenden Ergebnissen (Details sind den Excel-Tabellen, welche integraler Bestandteil dieses Berichtes sind, zu entnehmen):

Allein die Strategien «Beste Geräte 04» beim Stromverbrauch und den Fahrzeugen, «Beste Gebäude 04» für Wohnen und Büros sowie «Strom aus erneuerbaren Quellen» ermöglichen es, den Energiebedarf von heute 6000 Watt bis 2050 auf 3500 Watt und bis zum Jahr 2100 auf 3000 Watt zu vermindern (Abbildung 4).

Abbildung 4: Zielperspektive 2000-Watt-Gesellschaft



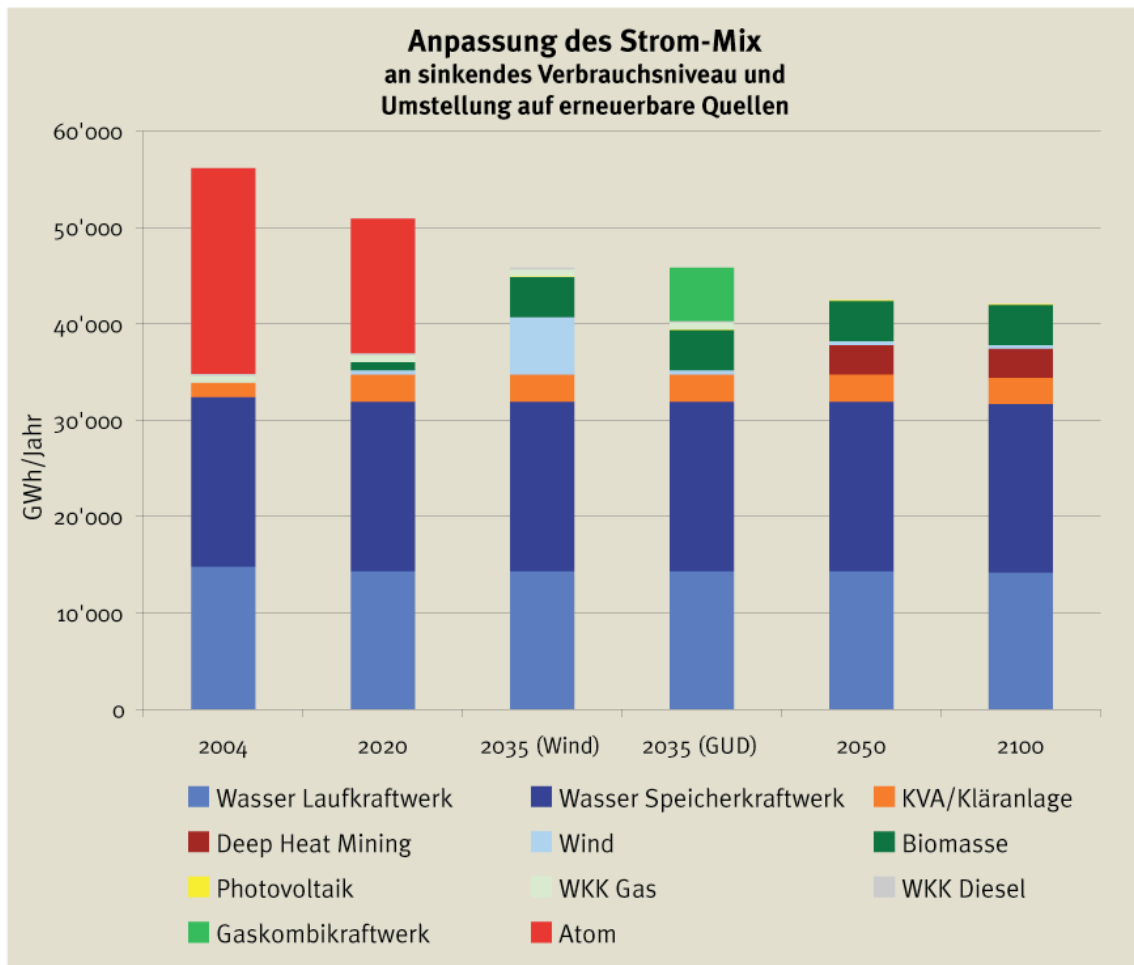
Allerdings beträgt auch dann der Bedarf an nicht-erneuerbarer Energie immer noch 2000 Watt. Die Zielgrösse ist 500 Watt. Der Bedarf an nicht-erneuerbarer Energie muss demnach um nochmals 1500 Watt gesenkt werden, einesteiils durch weiter gehende Effizienzverbesserungen, andernteils durch eine Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energie von 1000 Watt auf 1500 Watt.

Wenn man die heutigen Potentialabschätzungen für Strom aus (neuen) erneuerbaren Quellen in der Schweiz zu Grunde legt, könnte das Ziel der Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energie gerade knapp erreicht werden. Das hängt jedoch entscheidend davon ab, ob Geothermie in der

Schweiz tatsächlich im erwarteten Mass erschlossen werden kann. Andernfalls müsste auf Strom aus ausländischen Gewinnungsanlagen (z. B. Wind) zurückgegriffen werden.

Wenn sich bei BAT ein sinkender Stromverbrauch ergibt und wenn wir im technisch bedingten Erneuerungszyklus der Stromerzeugungsanlagen (AKW) von nicht-erneuerbaren auf erneuerbare Primärenergiequellen wechseln, ergibt sich folgendes Bild (Abbildung 5).

Abbildung 5: Anpassung des Strom-Mix an sinkendes Verbrauchsniveau und Umstellung auf erneuerbare Quellen

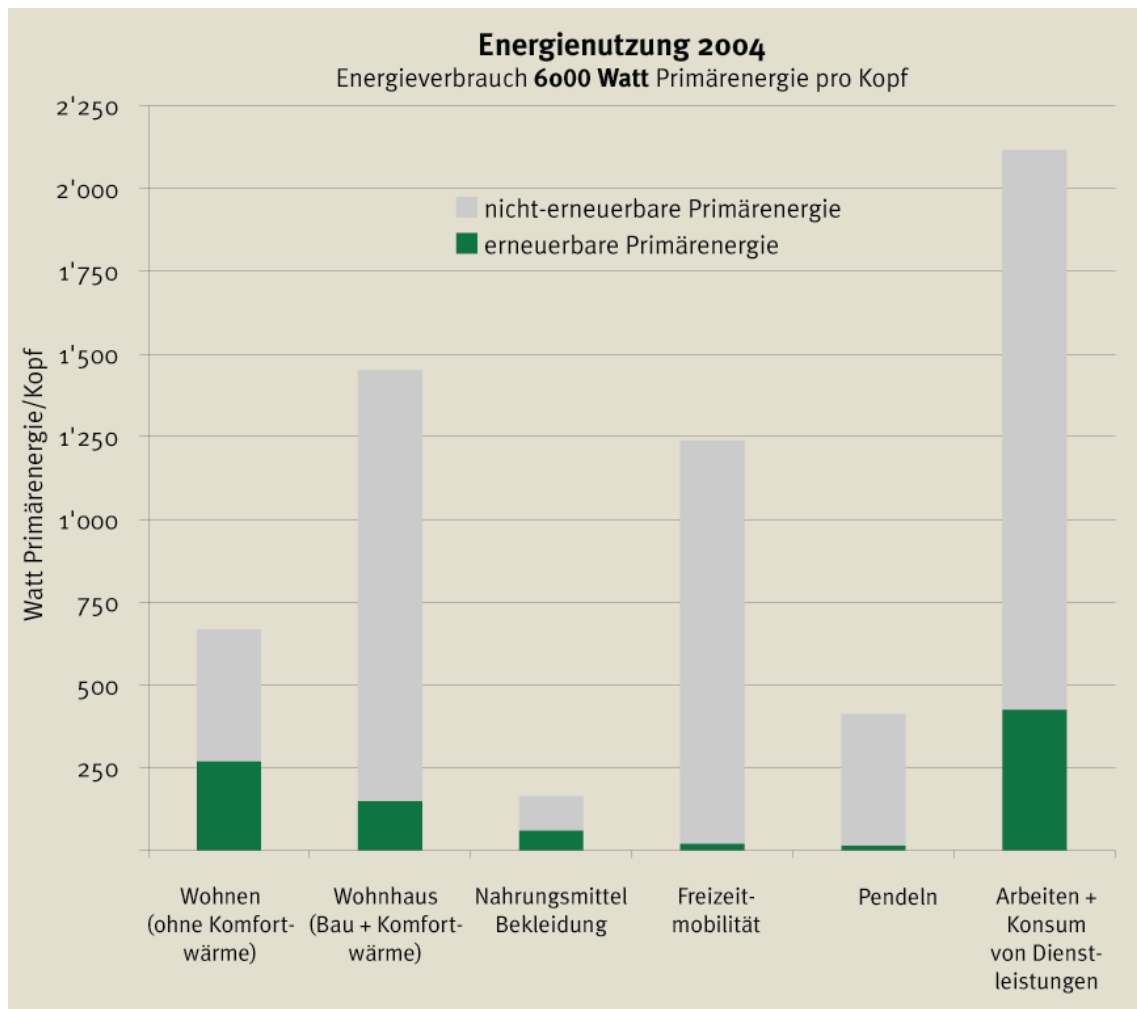


Durch eine Einspeisevergütung werden Investitionen in Produktionskapazitäten aus erneuerbaren Quellen ausgelöst. Die Einspeisevergütung wird über die Zeit so ausgestaltet, dass zum jeweiligen Zeitpunkt zunächst die jeweils verfügbaren kostengünstigsten Produktionsanlagen errichtet werden. (Reihenfolge aus heutiger Sicht: Abwärme aus Abfallbehandlung, Biomasse, Wind, Fotovoltaik; Geothermie sobald technisch verfügbar.)

Im Jahr 2035 reicht die durch die Effizienzstrategie erzielbare Nachfrageminderung nicht, um aus erneuerbaren einheimischen Quellen den Strombedarf zu decken. Unter der Annahme, dass bis 2035 Geothermie (Deep Heat Mining DHM) noch keinen nennenswerten Beitrag leisten kann, muss dieser Bedarf aus ausländischen erneuerbaren Primärenergiequellen gedeckt werden. Im

Vordergrund steht der Import von Strom aus Windkraftanlagen. Die Alternative eines importierten nicht-erneuerbaren Energieträgers wäre Gas zum Betrieb eines Gas- und Dampf-Kraftwerkes (GUD). Das würde den gesamten Primärenergieverbrauch gegenüber Wind zwar nur wenig erhöhen, aber keine Reduktion des Anteils nicht-erneuerbarer Energie bringen. Zudem dürfte die notwendige Kompensation der Treibhausgasemissionen diese technische Option ökonomisch uninteressant machen. Technisch besteht auch die Möglichkeit, verstärkt dezentrale Wärme-Kraft-Koppelungsanlagen anstelle von konventionellen Öl- oder Gasheizungen zu installieren. Ob eine solche Ersatzinvestition oder eine vorgezogene Sanierung der Gebäudehülle sinnvoll ist, muss zum Investitionszeitpunkt auf Grund der dann herrschenden Kostenverhältnisse (unter dem Einfluss der Massnahmen zur Einhaltung des Zielpfades) entschieden werden.

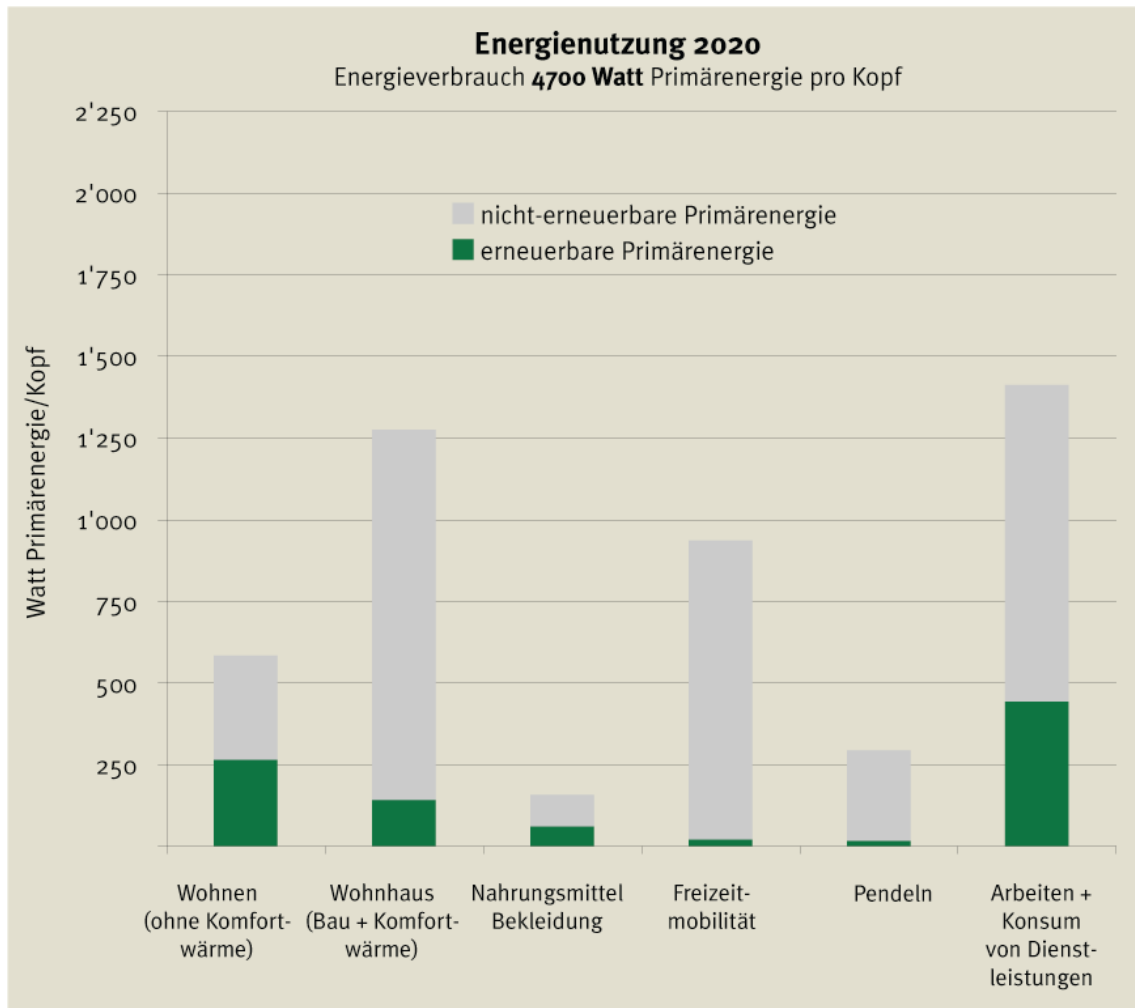
Abbildung 6: Energienutzung im Jahr 2004



Die Abbildung 6 zeigt die heutige Situation. Die ersten fünf Konsumbereiche werden direkt durch individuelle Entscheidungen beeinflusst. Demgegenüber bildet der Bereich «Arbeiten + Konsum von Dienstleistungen» die Umlage des schweizerischen Energiebedarfs der Gesamtheit aller

nicht individuellen Konsumententscheidungen auf die schweizerische «Durchschnittsperson» ab. Dahinter stehen kollektive Konsum- und Investitionsentscheidungen.

Abbildung 7: Energienutzung im Jahr 2020



Im Jahr 2020 hat die Strategie «Beste Nutzungstechnologie» begonnen zu wirken. Der Energiebedarf sinkt von 6000 Watt auf unter 4700 Watt (Abbildung 7).

Die Annahme dabei ist, dass ab dem Jahr 2012 bei jeder ordentlichen Ersatzinvestition eines Energieverbrauchenden Gerätes, Fahrzeugs oder Gebäudes<sup>17</sup> eine Technologie eingesetzt wird, die der heute besten verfügbaren Technologie (BAT\_2004) entspricht. Das Jahr 2012 wurde gewählt, weil es – den entsprechenden politischen Willen vorausgesetzt – bis dahin möglich sein sollte, die für die Effizienzstrategie erforderlichen rechtlichen und vollzugstechnischen Rahmenbedingungen zu schaffen.

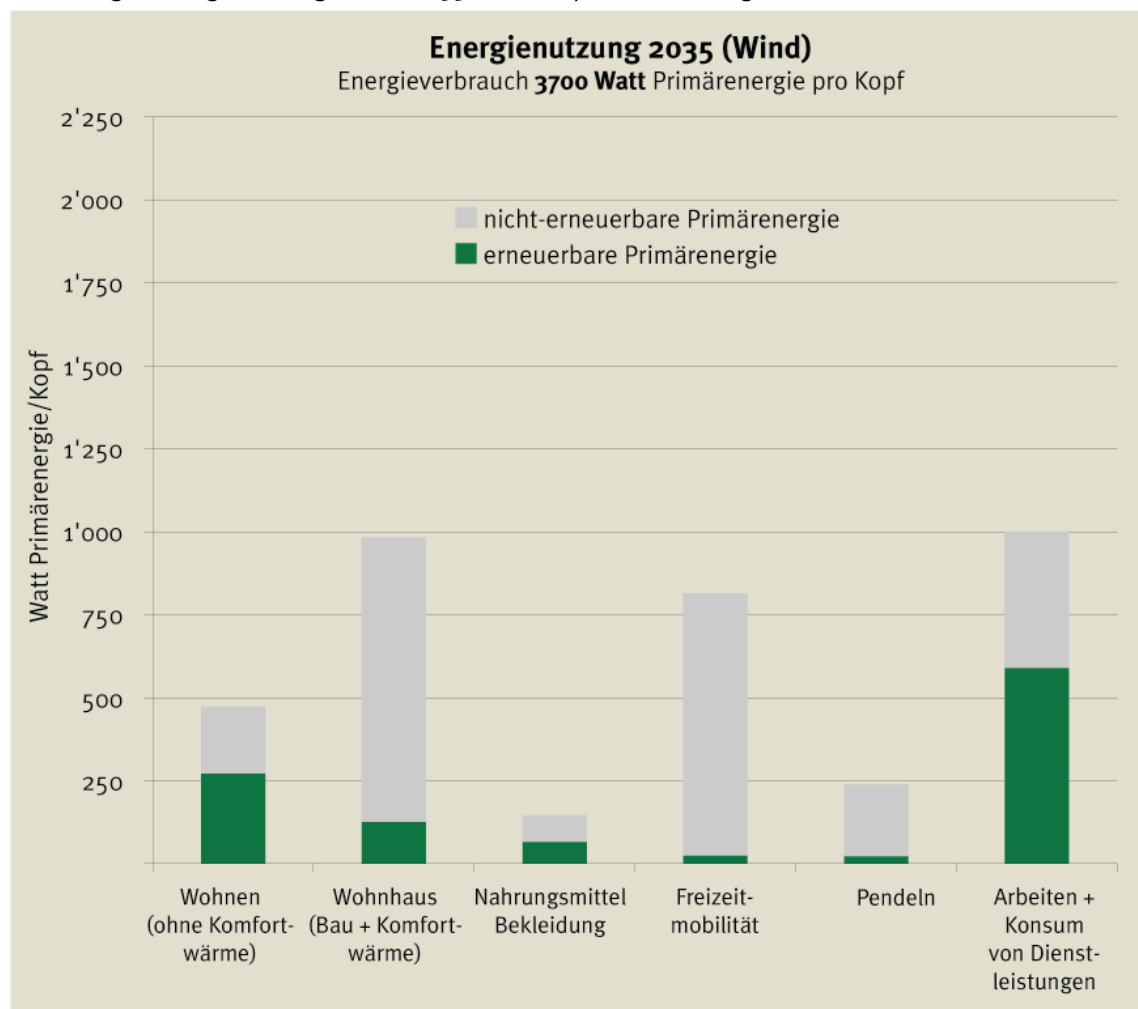
<sup>17</sup> Neubauten erfolgen nach Standard Minergie-P, Erneuerungen von Heizanlagen gemäss BAT\_2004 und Sanierungen der Gebäudehüllen wiederum nach Standard Minergie-P.

Zusammen mit dem vollständigen Ausschöpfen des Potentials der Abwärmenutzung aus der Abfallbehandlung sowie einem moderaten Ausschöpfen des einheimischen Potentials der Windnutzung und der Biomasse genügt die beim Strom erzielte Verbrauchsreduktion, um die altersbedingte Abschaltung der drei Atomkraftwerke Mühleberg, Beznau 1 und Beznau 2 zu kompensieren.

Im Jahr 2035 hat die Strategie «Beste Nutzungstechnologie» in den Bereichen Wohnen (ohne Komfortwärme) sowie Mobilität (Freizeit, Pendeln und Arbeitsverkehr) bereits ihre volle Wirkung entfaltet. Der Energiebedarf sinkt von 4700 Watt im 2020 auf unter 3700 Watt (Abbildung 8).

Das Jahr 2035 markiert einen Umbruch in der Strombereitstellung. Die erzielte Nachfragereduktion und das bis dahin erschliessbare einheimische Potential aus Wind und Biomasse reichen nicht aus, um die Produktion der altersbedingt vom Netz gehenden Atomkraftwerke Gösgen und Leibstadt auf einheimische erneuerbare Quellen umzustellen. Es bestehen zwei Optionen: entweder aus dem Ausland Strom aus erneuerbarer Primärenergie importieren (Wind) oder weiterhin in der Schweiz Strom aus importierter nicht-erneuerbarer Primärenergie erzeugen (GUD).

Abbildung 8: Energienutzung im Jahr 2035 mit der Option Windenergie



Zur Deckung des Strombedarfs wird in der oben dargestellten Variante Wind eingesetzt. Die Variante GUD findet sich in Abbildung 9. Es gelten dieselben Bedingungen wie für die vorangehende Abbildung mit dem Jahr 2035 – mit einer grossen Abweichung: Anstelle von Strom aus ausländischer Windproduktion wird Gas für ein GUD in der Schweiz importiert.

In diesem Falle steigt der Primärenergieverbrauch gegenüber der Variante Wind um rund 100 Watt auf knapp 3800 Watt.

Abbildung 9: Energienutzung im Jahr 2035 mit der Option eines Gas-Kombikraftwerks (GUD)

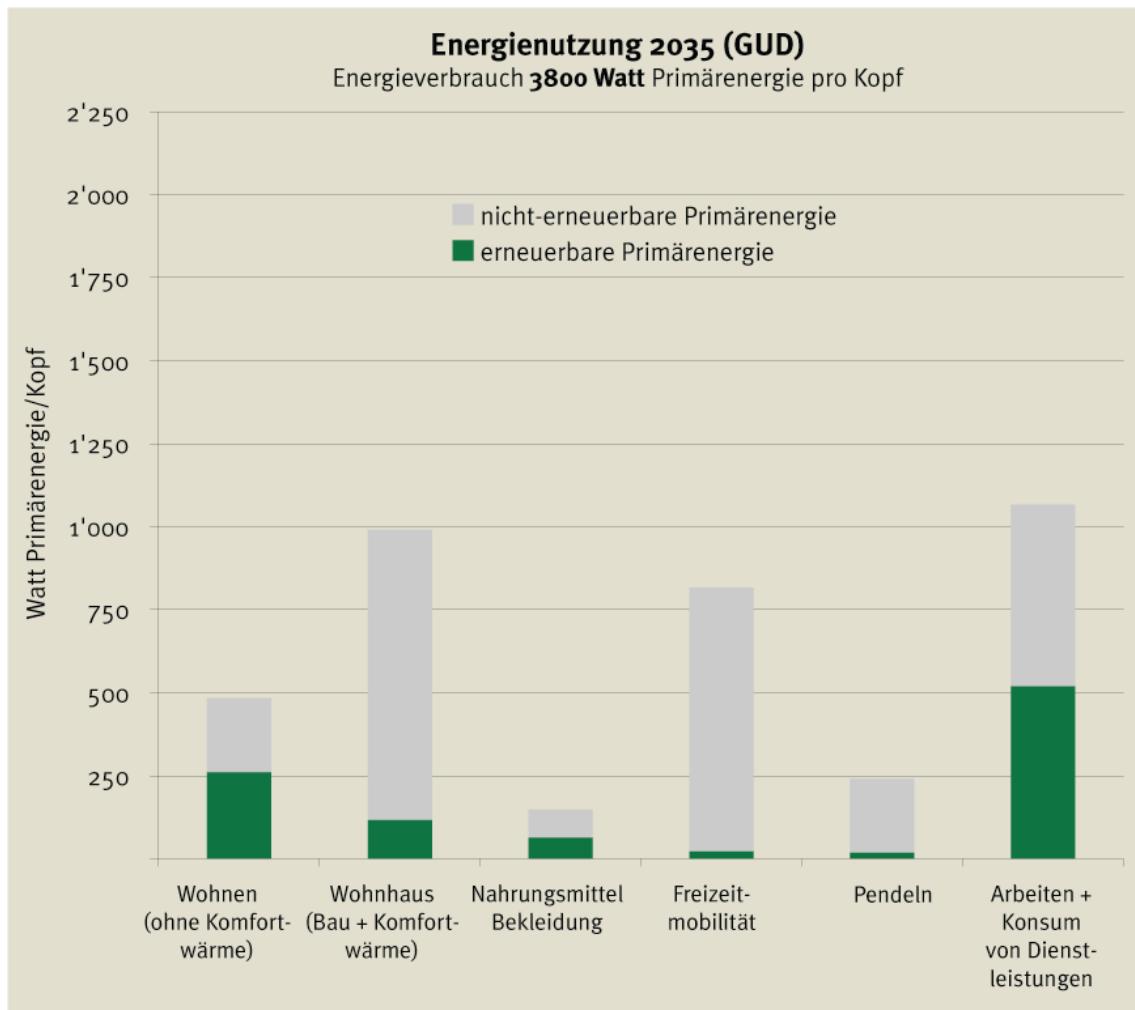
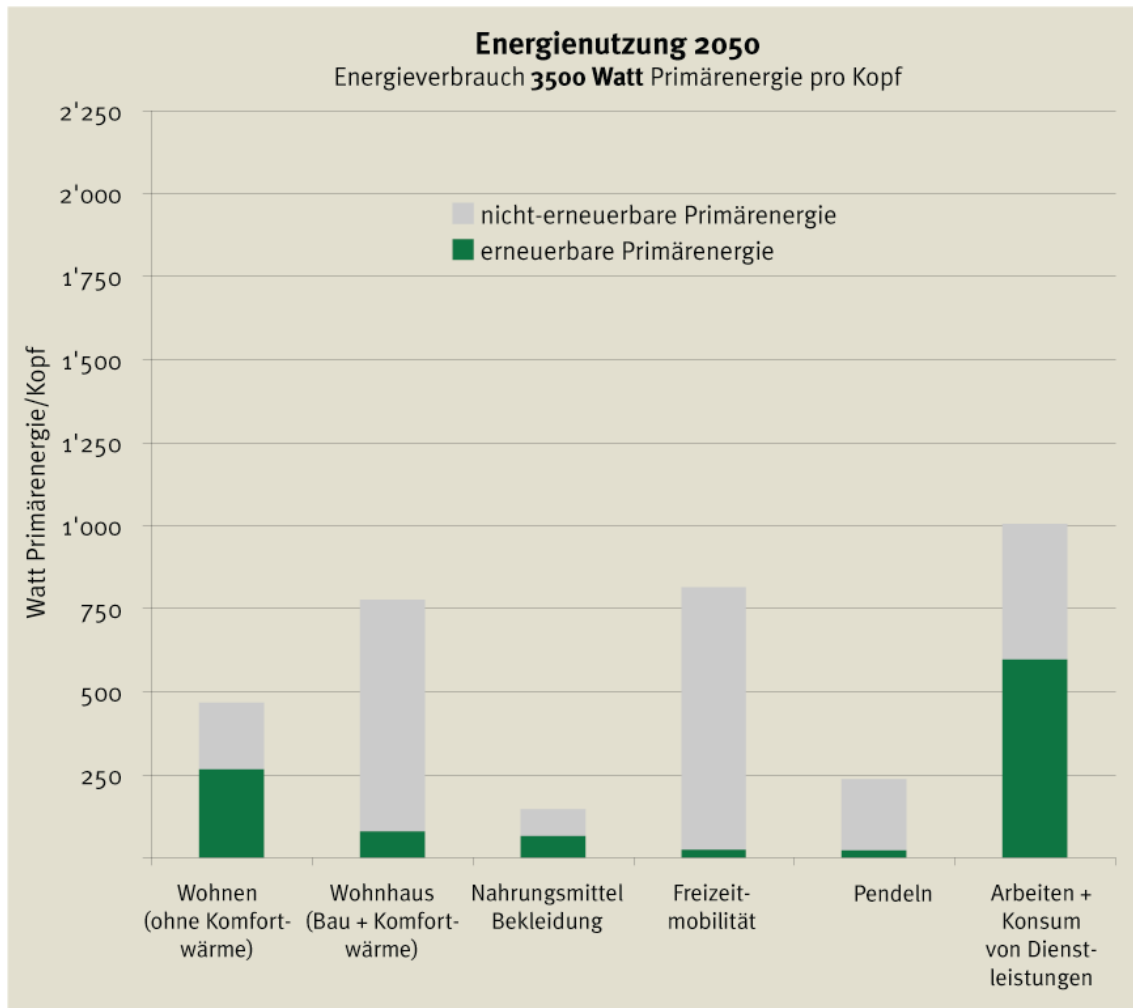


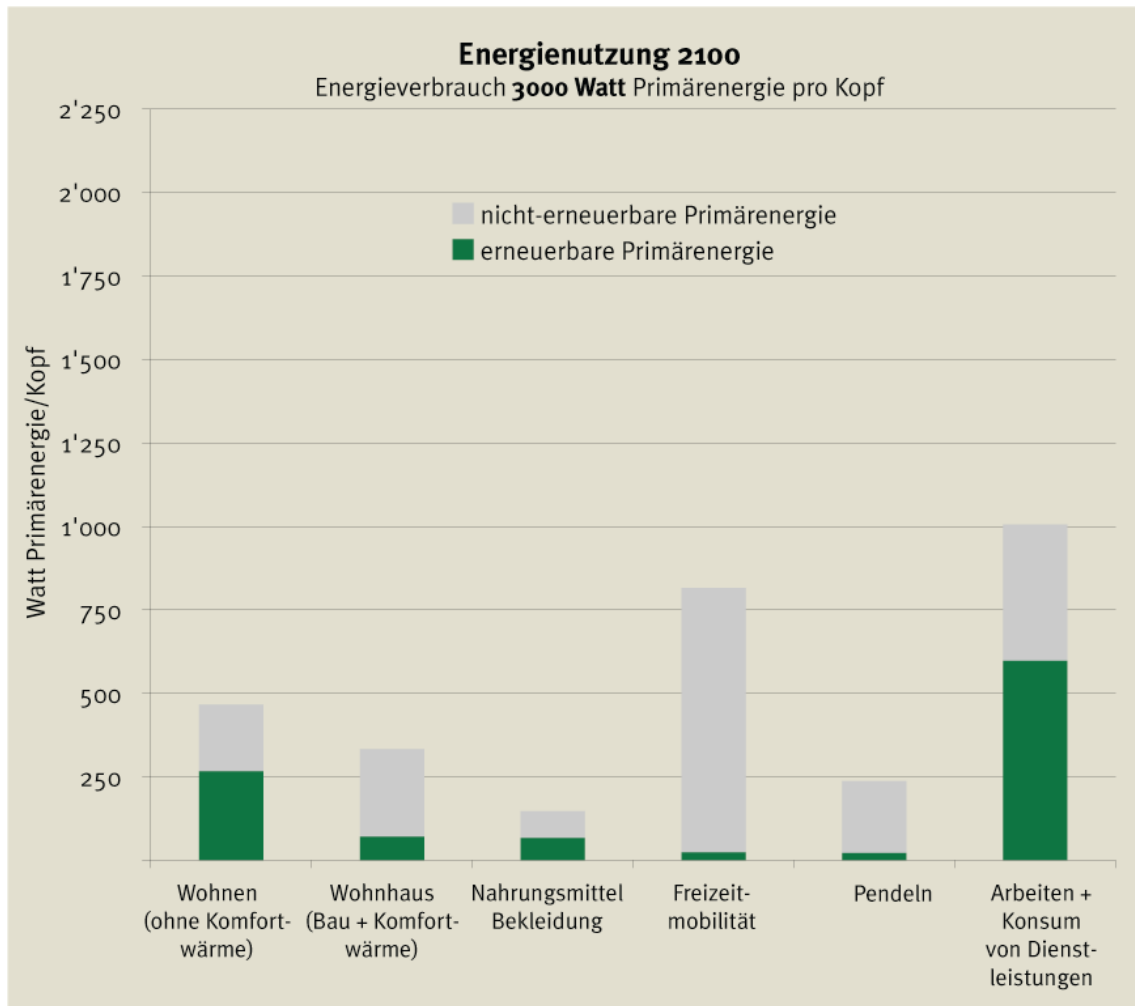
Abbildung 10: Energienutzung im Jahr 2050



Bis zum Jahr 2050 sinkt der Energiebedarf nochmals leicht auf unter 3500 Watt ab (Abbildung 10). Das ist hauptsächlich auf das erneuerungsbedingte Voranschreiten des Einsatzes bester Technologie BAT\_2004 bei Gebäudehüllen und Komfortwärme zurück zu führen.

Die Deckung des Strombedarfs erfolgt nun zu 98 Prozent aus einheimischer und erneuerbarer Primärenergie. Auf den seit 2035 vorübergehend erforderlichen Import von Gas oder Windstrom kann verzichtet werden, weil bis dahin die Geothermie (DHM) im entsprechenden Umfang genutzt werden kann. Das ist die Annahme. Sollte das technisch nicht möglich sein, könnten die noch nicht ausgeschöpften Potentiale an einheimischen erneuerbaren Quellen wie Biomasse, Wasserkraft (auch Kleinwasserkraft), Wind und Photovoltaik genutzt werden. Oder es könnte weiterhin Strom aus Windkraftwerken importiert werden. Auf Grund der heutigen Preise würde die politische Frage dann vermutlich lauten: Wieviel teurer darf einheimischer Strom sein, um weiterhin am prioritären Ziel «einheimische Produktion» festzuhalten?

Abbildung 11: Energienutzung im Jahr 2100



Das Jahr 2100 haben wir gewählt um darzustellen, welcher Endzustand sich einstellt, wenn man die drei Strategien «Beste Geräte 04» beim Stromverbrauch und den Fahrzeugen, «Beste Gebäude 04» für Wohnen und Büros sowie «Strom aus erneuerbaren Quellen» verfolgt. Der Energiebedarf halbiert sich von heute 6000 Watt auf 3000 Watt (Abbildung 11). Gegenüber dem Jahr 2050 sinkt der Primärenergieverbrauch um 500 Watt. Dies ist die Auswirkung der nun weitestgehend abgeschlossenen wärmetechnischen Sanierung der Bausubstanz. Das zeigt, welchen starken Einfluss der Erneuerungsrhythmus im Gebäudebereich hat.

Zum Ziel 2000 Watt fehlen 1000 Watt Reduktion des Gesamtenergiebedarfs bzw. 1500 Watt Reduktion bei der nicht-erneuerbaren Energie. Dazu muss der Verbrauch an nicht-erneuerbarer Energie um 1000 Watt gesenkt werden und weitere 500 Watt können durch Energie aus erneuerbaren Quellen substituiert werden. Falls die Geothermie in der Schweiz als Quelle genutzt werden kann, wäre dieses Substitutionsziel unter Ausschöpfung aller heute angenommenen theoretischen Potentiale erreichbar.



Aber wie können die restlichen 500 Watt gewonnen werden? Ein Bereich ist sicherlich der Konsum von Dienstleistungen. Getreu dem Grundsatz dieser Studie, nur mit heute bereits verfügbaren Technologien zu rechnen, wurden bei der Effizienz der industriellen und gewerblichen Produktionsprozesse nur sehr geringe Effizienzgewinne angenommen. Die Lenkungsabgabe auf Brenn- und Treibstoffen könnte in diesem Bereich zu in der Studie nicht unterstellten weiteren Effizienzgewinnen führen. Das würde uns dem Ziel 2000 Watt näher bringen. Eine Grobabschätzung solcher Wirkung erfolgt in einer separaten Untersuchung.

Entscheidend wird aber sein, wie wir die Herausforderung «Mobilität» bewältigen. Kurzfristig müssen mit Blick auf die 2000-Watt-Zielsetzung parallel drei Teilstrategien verfolgt werden:

- Erstens noch bessere Fahr- und Flugzeuge. Die heute beste verfügbare Effizienz genügt nicht.
- Zweitens kollektive Investitionsentscheide, die dem individuellen Konsum nicht immer längere Einkaufswege aufzwingen. Jede neue Erschliessung (für Einkaufs- wie für Produktionsstätten) prägt die Mobilitätsnachfrage für mindestens drei bis vier Jahrzehnte. Die Raumordnungspolitik prägt diese kollektiven Investitionsentscheide.
- Drittens eine Veränderung im Freizeitverhalten. Diese kann durch steigende Energiepreise gefördert werden, setzt aber ebenso eine neue individuelle Antwort auf die Frage «was ist sinnvolle und befriedigende Freizeit» voraus. Längere Wege in der Freizeit dürfen hier nicht die Antwort sein, wenn in der Schweiz die 2000-Watt-Gesellschaft möglich werden soll. Die vorliegende Studie geht von gleich lang bleibenden Wegen aus und verfehlt dabei das Ziel.

## 5 Schlussfolgerungen

Die Resultate zeigen, dass selbst dann, wenn sämtliche Akteure bei jeder Konsum- und Investitionsentscheidung im Rahmen der normalen Konsum- und Erneuerungszyklen sich jeweils für die beste bereits heute verfügbare Technologie (BAT<sub>2004</sub>) entscheiden, wir im Jahr 2050 noch weit von der 2000-Watt-Gesellschaft entfernt sind.

Um das Ziel zu erreichen, bedarf es einerseits vor allem bei der individuellen Mobilität (Auto/Flug) wesentlich energieeffizientere Technologien als die heute beste verfügbare Technologie. Gelingt dies nicht, wird zur Erreichung des Zieles die Fahrleistung resp. Flugleistung pro Kopf sinken müssen. Das bedingt auch entsprechende kollektive Entscheidungen betreffend Verkehrsinfrastruktur.

Zum andern muss, soll das Ziel bis Mitte dieses Jahrhunderts erreicht werden, vor allem der Gebäudepark wesentlich schneller durch Passivhaus-Technologie ersetzt werden. Weil verschiedene Faktoren auf tendenziell steigende Preise für Energieträger hindeuten, ist es bei Investitionen mit einer langen Nutzungszeit (wie bspw. Gebäuden) besonders wichtig, im Investitionszeitpunkt die beste, d. h. energieeffizienteste Technologie zu wählen. Dies bewahrt vor unnötigen finanziellen Belastungen durch steigende Energiepreise und vermeidet vorzeitige Abschreiber.

Der Umbau der Stromversorgung auf erneuerbare inländische Primärenergiequellen bedingt zunächst eine markante Senkung der Stromnachfrage. Dazu kann auf den bestehenden rechtlichen Grundlagen eine Best-Geräte-Strategie umgesetzt werden. Der Gerätebereich ist nicht zuletzt aufgrund der absehbaren Zunahmen der Geräteausstattung pro Kopf der Bevölkerung von grosser Bedeutung. Zudem müssen neue Elektroheizungen sofort verboten werden, bestehende Tarifierenzen für Elektroheizungen in kurzer Frist wegfallen und bereits installierte Elektroheizungen dürfen am Ende ihrer Nutzungsdauer nicht ersetzt werden. Trotz Effizienzstrategie wird der Stromverbrauch im Jahr 2035 über der im Inland verfügbaren Produktionskapazität liegen. Im Sinne der 2000-Watt-Zielsetzung kann dieser vorübergehende Bedarf durch Import von Windstrom gedeckt werden. Auf den Bau eines klimaschädigenden Gas-Kombikraftwerks in der Schweiz kann verzichtet werden. Da es sich bei der Situation im Jahr 2035 um eine Übergangslösung handelt, welche bereits im Jahr 2050 nicht mehr benötigt wird, kommen kapitalintensive Anlagen mit einer langen Abschreibungsdauer schon aus Kostengründen nicht in Frage.

Die Untersuchung zeigt zwei Dinge:

- Erstens erlaubt allein ein konsequenter Einsatz der besten heute schon verfügbaren Technologie bei ordentlichen Ersatzinvestitionen bereits eine Halbierung des Primärenergieverbrauchs – wenn auch erst über einen langen Zeitraum – sowie den Verzicht auf neue Grosskraftwerke zur Gewinnung von Strom aus nicht-erneuerbaren Quellen. Das zeigt, wieviel heute noch verschwendet wird.
- Zweitens wird klar, dass eine weitere Effizienzsteigerung bei der Nutzung der Energiequellen – sowohl der nicht-erneuerbaren als auch der erneuerbaren – absolut zwingend ist. Sonst lässt sich der heutige Lebenskomfort unter den absehbaren weltwirtschaftlichen Entwicklungen – Stichwort Wachstum in grossen bisher noch wenig entwickelten Ländern – nicht beibehalten.

Aus beidem zusammen ergibt sich die zentrale Erkenntnis:

- Politische Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz müssen unverzüglich eingeleitet werden. Je mehr Zeit zur Verfügung steht, umso kostengünstiger kann der Umbau erfolgen. Abwarten ist sozial und wirtschaftlich riskant, denn es gibt keine schnellen Lösungen.

Die vorgeschlagene Kombination von Lenkungsabgabe, technischen Vorschriften, Einspeisevergütung und Forschungsförderung setzen die Anreize die es braucht, um einerseits die beste verfügbare Technologie anzuwenden und andererseits den Stand der Technik kontinuierlich Sinne der 2000-Watt-Gesellschaft weiter zu entwickeln.

Basel, April 2006

Dr. Andreas Sturm

Norbert Egli

Dr. Rolf Frischknecht

Roland Steiner

## 6 Quellenverzeichnis

- ARE/BFS: Mikrozensus 2000 zum Verkehrsverhalten. Hintergrundbericht zu «Mobilität in der Schweiz». Im Auftrag der Bundesämter für Raumentwicklung und des Bundesamtes für Statistik, 2002.
- ARE/BFS: Mobilität in der Schweiz. Ergebnisse des Mikrozensus 2000 zum Verkehrsverhalten. Kurzfassung. Im Auftrag der Bundesämter ARE und BFS, 2001.
- ARE/BFS: Mobilität in der Schweiz. Ergebnisse des Mikrozensus 2000 zum Verkehrsverhalten. Schlussbericht. Im Auftrag der Bundesämter ARE und BFS, 2001.
- Axpo: Medienorientierung «Stromperspektiven 2020» vom 24. Mai 2005. Axpo Holding AG, 2005.
- BFE: StromVersorgungs- und EnergieGesetz. Schwerpunkt erneuerbare Energien. Ein Werkstattbericht. Referattext H.U. Schärer an der PUSCH-Herbsttagung 2005. Bundesamt für Energie, 2005.
- BFE: Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2004. Bundesamt für Energie, 2005.
- BFE: Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2004. Bundesamt für Energie, 2005.
- BFS: Verkehrsinfrastruktur und Verkehrsmittel. Div. Datenblätter. Bundesamt für Statistik, 2005.
- BFS: Volkszählung. Div. Datenblätter zu Haushaltstypen, Haushaltsstruktur und Anzahl der Haushalte (1970-2000). Bundesamt für Statistik, 2005.
- CEPE ETHZ: Das Energieverbrauchsfenster, das kein Fenster ist. CEPE Working Paper Nr. 15, 2002.
- Dr. Eicher+Pauli AG: Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien 2004. Im Auftrag des Bundesamtes für Energie, 2005.
- Ecoinvent: ecoinvent Datenbestand v1.2, div. Prozessdaten. 2005.
- Econcept, Energie-cluster: Grundlagen für eine Strategie Gebäudepark Schweiz. Schlussbericht. Im Auftrag des Bundesamtes für Energie, 2005.
- Hamschmidt Jost: Marktentwicklungsstrategien für Minergie®, Minergie-P® und Null-Energiehäuser. Referat, 2005.
- Jochem Eberhard (Hg.): Steps towards a sustainable development. A White Book for R&D of energy-efficient technologies. Novatlantis/ETH-Bereich, 2004.
- Koschenz M., Pfeiffer A.: Potenzial Wohngebäude. Energie- und Gebäudetechnik für die 2000-Watt-Gesellschaft. 2005.
- Nipkow Jürg: Zukunft der Energieverwendung im Gebäude: Chancen der Elektrizitätseffizienz. Energieperspektiven 2035/2050.
- Prognos: 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. Im Auftrag des Bundesamtes für Energie, 2001.
- S.A.F.E. (Schweizerische Agentur für Energieeffizienz): Standby-Verbrauch von Haushaltgeräten. Schlussbericht. Im Auftrag des Bundesamtes für Energie, 2003.
- S.A.F.E. (Schweizerische Agentur für Energieeffizienz): [www.energybox.ch](http://www.energybox.ch) – Auswertung der Nutzerdatenbank. 2005.
- SBB: Geschäftsbericht. Schweizerische Bundesbahnen AG, 2005.
- SBB: Statistisches Vademecum. Die SBB in Zahlen 2004. Schweizerische Bundesbahnen AG, 2005.
- Schweizer Baudokumentation: Die Gebäudelabel MINERGIE® und MINERGIE-P®. Erläuterung, Planung, Umsetzung, Anforderungen. 2006.
- SEV/VSE: Geräteausstattung und Stromverbrauch von Schweizer Haushalten. Bulletin SEV/VSE Nr. 4/06, 2006.