



# Elektrizität

**Nachhaltige  
Elektrizitäts-  
versorgung**

Rat der schweizerischen wissenschaftlichen Akademien  
Conseil des académies scientifiques suisses  
Consiglio delle accademie scientifiche svizzere  
Cussegl da las academias scientificas svizas  
Council of the Swiss Scientific Academies

# **NACHHALTIGE ELEKTRIZITÄTSVERSORGUNG**



## Zusammenfassung

Eine Arbeitsgruppe aller schweizerischen Akademien (CASS) hat die Möglichkeiten und Bedingungen der längerfristigen Stromversorgung der Schweiz mit Blick auf deren Nachhaltigkeit untersucht. Trotz der Kleinheit der Schweiz und trotz der bisher fast CO<sub>2</sub>-freien Stromversorgung unseres Landes sind in Anbetracht zukünftiger Stromversorgungs-Entscheidungen (z.B. mit dem Auslaufen der schweizerischen Kernkraftwerke) und deren möglichen Umwelt- und Langzeit-Einflüssen Nachhaltigkeitsüberlegungen notwendig. Die Förderung von Energieeffizienz, von erneuerbaren Energien und das Vermeiden von Stromproduktion in Kraftwerken auf fossiler Basis (inkl. Importstrom), sind die Hauptanliegen der Arbeitsgruppe.

## Einleitung und Auftrag

Im Herbst 1996 hat der damalige Präsident der SATW, Prof. J.-C. Badoux, die Energiekommission der SATW gebeten, sich in Anbetracht des auslaufenden Moratoriums grundsätzliche Überlegungen zur Kernenergie anzustellen. Die Idee war, dass die Energiekommission eine wertneutrale Abwägung der technisch/wissenschaftlichen Aspekte liefern könne, mit denen die SATW zu den erwarteten erneuten politischen Diskussionen einen Beitrag liefern würde.

Bei der Erwägung, ob und wie diese Anregung umzusetzen sei, kam die Energiekommission zum Schluss, dass die technisch/wissenschaftlichen Aspekte der Kernenergie wohl wichtig, der Einbezug sozialer und gesellschaftlicher Überlegungen in der Bewertung durch die Öffentlichkeit aber unerlässlich sei. Die SATW hat deshalb die anderen drei wissenschaftlichen Akademien eingeladen, in einer gemeinsamen Arbeitsgruppe die grundsätzlichen Aspekte der Kernenergie aus einer breiteren Perspektive zu erörtern und dazu Stellung zu nehmen.

Die CASS erteilte im Sommer 1997 einer Arbeitsgruppe von elf Mitgliedern den Auftrag, eine Stellungnahme zur Kernenergie zu erarbeiten. Diese Arbeitsgruppe nahm im Herbst 1997 ihre Arbeit auf, fand es jedoch sinnvoller, die Kerntechnik nicht isoliert, sondern als eine von mehreren Elektrizitäts-Produktionsarten anzusehen und im Vergleich zu beurteilen. Im Sinne einer ganzheitlichen und langfristigen Betrachtung wurde als Hauptkriterium die Nachhaltigkeit gewählt. Die Arbeitsgruppe hat damit den ihr gegebenen Auftrag erweitert und den Titel entsprechend nach Absprache mit der CASS in "Nachhaltige Elektrizitätsversorgung" geändert.

Neben der Suche zum Vorgehen in der Studie prägte hauptsächlich die Diskussion um die Erarbeitung und Interpretation einer von der Arbeitsgruppe zu verwendenden Definition der Nachhaltigkeit die ersten Sitzungen. Der NZZ-Artikel (11.1.99) von Ruh und Zuberbühler widerspiegelt das Resultat dieser Nachhaltigkeits-Diskussionen. Sie beinhaltet im wesentlichen, dass bei Entscheidungen zwar eine Güterabwägung zwischen den wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Aspekten nötig sei, dass aber, wenn das Überleben der Menschheit tangiert werde, der ökologische Aspekt Priorität haben müsse.

Die eigentliche Untersuchung zur Nachhaltigkeit der Elektrizitätsversorgung und deren Einflussfaktoren wurde mit Hilfe eines komplexen Systemmodells angegangen. Für diese Arbeit erteilte die CASS einen spezifischen Auftrag (am Schluss dieses Kapitels wiedergegeben) und finanzierte zusammen mit dem Bundesamt für Energie die Mitarbeit eines Systemwissenschaftlers (Dr. Lutz E. Schlange). Die CASS und das Bundesamt für Energie (BFE) haben diese Arbeit finanziell unterstützt

Das von der Arbeitsgruppe verwendete Sensitivitätsmodell erlaubt die Behandlung eines Wirkungsgefüges, das sowohl die Produktionsarten, als auch Umwelteinflüsse und die wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Faktoren enthält. Obwohl wegen der Komplexität der Aufgabe und den technischen Begrenzungen des Computermodells die quantitativen Aussagen unbefriedigend waren, war doch die Arbeit mit dem System wegen der notwendigen Gedankenarbeit und Diskussion der Zusammenhänge sehr lehrreich. Die eingebrachten Erfahrungen und Kompetenzen der interdisziplinären Arbeitsgruppe führten zusammen mit den Erfahrungen aus der Systemstudie über einige Diskussionsrunden zu einem Konsens über die wichtigsten Tatsachen und Einflüsse in der Stromversorgung (NZZ 08.08.00).

In unserem energiepolitischen Umfeld mit vielen vorgefassten und etablierten Meinungen ist die Erarbeitung einer Konsensmeinung schwierig. Es ist der Arbeitsgruppe trotzdem gelungen, gemeinsame Positionen festzulegen, die für Entscheidungsträger hilfreich sein könnten.

Wie bereits erwähnt, ist die Arbeitsgruppe aus delegierten Mitgliedern aller vier Schweizerischen Wissenschaftlichen Akademien zusammengesetzt.

Permanente Mitglieder waren:

Prof. Dr. H. Ruh, Sozialethiker	SAGW
Prof. Dr. J. Müller-Brand, Nuklearmediziner, Uni Basel	SAMW
PD. Dr. N. Künzli, Umweltepidemiologe, Uni Basel	SAMW
Prof. Dr. P. Bochsler, Physiker, Uni Bern	SANW
Dr. Ch. Ritz, Physiker, ProClim Bern	SANW
Prof. Dr. H. Weissert, Geologe, ETHZ	SANW
Dr. I. Aegerter, Physikerin	SATW
Dr. R. Brogli, Physiker, PSI, Vorsitz	SATW
Prof. Dr. A. Zuberbühler, Chemiker, Uni Basel	SATW
Dr. J. Cattin, Ökonom, BFE	BfE

Teilzeitige Mitglieder waren:

Prof. Dr. G. Stephan, Ökonom, Uni Bern	SAGW
Prof. Dr. W. Wildi, Geologe, Uni Genf	SANW
Dr. J.F. Dupont, Physiker, EOS	SATW

**Auftrag der CASS.** Einem grundsätzlichen Ansatz verpflichtet, erarbeitet die von der CASS eingesetzte Arbeitsgruppe "Nachhaltige Elektrizitätsversorgung" Szenarien für eine nachhaltige Elektrizitätsversorgung. Mit einer Systemstudie sind die Abhängigkeiten der verschiedenen Versorgungsmöglichkeiten zu untersuchen. Gemessen an den Nachhaltigkeitskriterien werden daraus Handlungsoptionen und deren Wirkungen aufgezeigt.

## Werthaltung der CASS-Arbeitsgruppe

Als Teil der wissenschaftlichen Gemeinschaft ist die Arbeitsgruppe der CASS verpflichtet, Grundsatzfragen im Zusammenhang mit der Stromversorgung zu diskutieren und diese im Lichte bestmöglicher theoretischer und praktischer Erkenntnisse zu prüfen.

Eine zentrale Werthaltung der Arbeitsgruppe besteht in der Verpflichtung zur *Erhaltung der Lebensgrundlagen* für die gegenwärtigen und zukünftigen Generationen. Zu den Werthaltungen gehört auch die Förderung der *Qualität des Lebens* sowie die Ermöglichung eines *gerechten Zugangs* zu den Ressourcen für möglichst alle Menschen.

Diese Ausgangslage ist bereits in sich spannungsvoll: Einerseits gibt es eine unvermeidliche Spannung zwischen den genannten Werthaltungen, andererseits eine Spannung zwischen der prinzipiellen Haltung und ihrer pragmatischen Umsetzung.

So gehört es zur Verpflichtung wissenschaftlicher Erkenntnis, als wahr erkannte Zusammenhänge grundsätzlich nicht zu kompromittieren. Es gehört aber auch zur Erkenntnis, dass das Festhalten an Prinzipien ohne Rücksicht auf die Praxis bzw. die Folgen die obersten Ziele dieser Prinzipien gefährden können. Konkret: Wir sind der Auffassung, dass kein Weg an der Erkenntnis vorbeiführt, dass die Erhaltung der Lebensgrundlagen der Menschheit logisch allen anderen Zielsetzungen übergeordnet ist und dass damit eine prinzipielle Priorität für die ökologische Perspektive notwendig ist. Wir meinen aber, dass das Postulat der Erhaltung der Lebensgrundlagen auf einer pragmatischen Ebene mit ökonomischen, politischen und sozialen Anforderungen zu verbinden ist. Dazu gehört z. B., dass der Markt auch im Bereich der Stromversorgung immer eine Rolle zu spielen hat. Allerdings sind wir der Meinung, dass die Leistungen, aber auch die ökologischen Defizite des Marktes, kritisch zu berücksichtigen sind. Gleiches gilt auch für die Fähigkeit des Marktes zur gerechten und sozialen Verteilung.

Diese Werthaltungen führen zu einer Strategie für eine Stromversorgung, welche permanent an der Radikalität der Werthaltung, insbesondere an der Priorität der Erhaltung der Lebensgrundlagen festhält. Gleichzeitig gehört es zu dieser Strategie, auf dem Weg zur Realisierung der obersten Ziele pragmatische Lösungen anzustreben, sofern diese mit den Zielen selbst kompatibel sind.

Diese doppelte Strategie beleuchten wir an folgendem Beispiel : Nach allen vorliegenden Erkenntnissen ist die relative Stabilität der natürlichen Entwicklung, welche eine menschenwürdige Zivilisation längerfristig erlaubt, durch anthropogene Beeinflussung gefährdet. Zu den wichtigsten Einflussfaktoren dieser Gefährdung gehören tiefgreifende und rasche Veränderungen der Lebensgrundlagen mit langfristiger Wirkung, insbesondere die Klimaveränderung, die Zerstörung der Artenvielfalt, die globale Bodendegradation und die Abfallprobleme. Diese Veränderungen sind eine Folge des Aufreissens der Stoffkreisläufe und der exzessiven Nutzung der natürlichen Ressourcen. Die Sicherung der Lebensgrundlagen muss sich also konsequent an der Eingrenzung dieser Gefahrenquellen orientieren, was mittelfristig massive technologische, ökonomische, politische und zivilisatorische Veränderungen erfordert.

Da aber eine radikale und sofortige Umsetzung der grundsätzlichen Erkenntnisse praktisch unmöglich ist, müssen wir auch bereit sein, mit anderen zusammen an kürzerfristigen Lösungen zu arbeiten, die wenigstens in die richtige Richtung weisen.

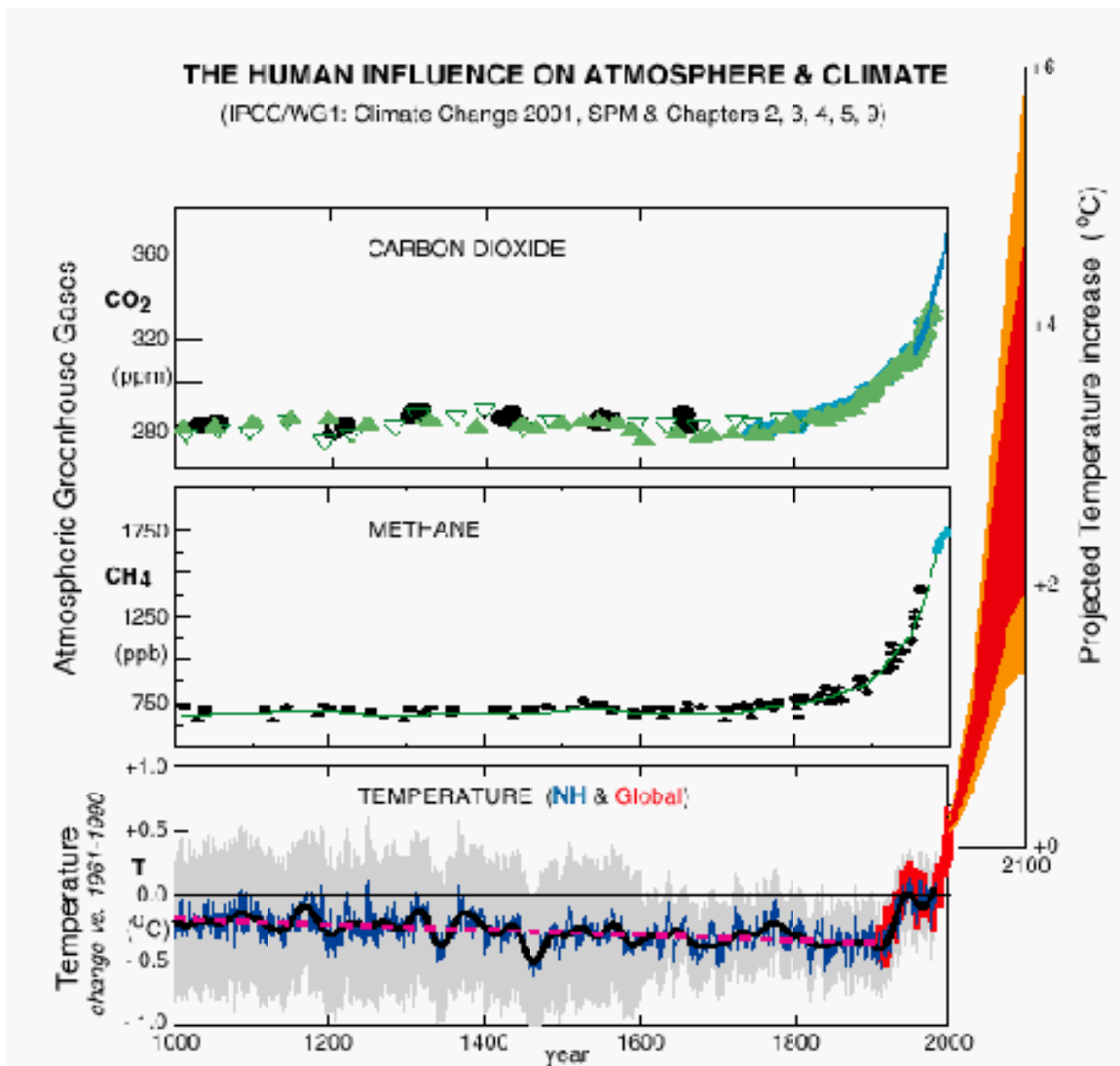
## Betrachtungen zur Nachhaltigkeit

Wie die Mitglieder der Arbeitsgruppe in den beiden NZZ-Artikeln (siehe Anhang) dargelegt hatten, erachten sie die Erhaltung der Lebensgrundlagen als vorrangiges Ziel der Nachhaltigkeit; dazu gehören die Aspekte der Ökonomie, des Sozialen und der Ökologie, letzteres sollte nach Ansicht der Arbeitsgruppe in Grenzsituationen Vorrang haben. Zu verschiedenen aufgeworfenen Fragen haben die Mitglieder der Arbeitsgruppe nach Antworten gesucht. Trotz den unterschiedlichen Weltanschauungen der Arbeitsgruppen-Mitgliedern konnte, wie dem vorliegenden Bericht zu entnehmen ist, in vielen und wichtigen Fragen Übereinstimmung erzielt werden.

### 1. Einfluss der Treibhausgase

Wenn sich die Politik unseres Umgangs mit fossilen Energieträgern global nicht rasch und wesentlich ändert, werden sich die Treibhausgasemissionen in den nächsten 50 Jahren weltweit verdoppeln. In etwa hundert Jahren müssen wir nach diesem ‚business as usual‘ Szenario mit einer globalen Klimaerwärmung von etwa 5°C rechnen (Abbildung 1). Diese Erwärmung ist fast so gross wie die Temperaturdifferenz zwischen der letzten Eiszeit und heute. Offen ist zudem, ob die Natur auf diese raschen Veränderungen nicht mit ganz unerwarteten Effekten reagieren wird (z.B. durch ein Abstellen des Golfstroms, was eine Abkühlung von Teilen Europas zur Folge hätte).

Es liegt in unserer Hand, durch vorausschauende Handlungen die erwarteten Veränderungen zu beeinflussen. Dafür müssten die weltweiten Emissionen trotz bedeutendem Bevölkerungswachstum gegenüber heute reduziert werden, und zwar stärker als für die Industrieländer im Kyoto Protokoll mit 8-10% festgelegt. Die Diskussion einer nachhaltigen Elektrizitätsversorgung ist vor diesem Hintergrund zu sehen. Auch wenn die Elektrizitätsproduktion in der Schweiz heute weitgehend CO<sub>2</sub>-frei ist, stehen mit der Ausserbetriebnahme der heutigen Kernkraftwerke Entscheide bevor, welche diese Situation grundlegend verändern könnten.



**Abbildung 1:** Treibhausgasemissionen und Temperatur der letzten tausend Jahre basierend auf Paläodaten und erwartete Temperaturerhöhung in diesem Jahrhundert. Der farbige Bereich für die Zukunft umfasst verschiedene Emissionsszenarien. Das 'business as usual' Szenario wird uns die grosse Temperaturerhöhung von etwa 5°C im Jahr 2100 beschern, emissionsarme Szenarien jedoch bedeutend geringere Temperaturerhöhungen (nach IPCC 2001).

## 2. Beeinflussende Faktoren der Nachhaltigkeit der Stromversorgung:

### *Verbrauch:*

Wegen des wachsenden individuellen Strombedarfs, fallender Strompreise und einer wahrscheinlich wachsenden Wirtschaft wird eine Zunahme des Strombedarfes erwartet. Um dabei die Nachhaltigkeit der Elektrizitätsversorgung zu erhalten, muss der Produktionsmix entsprechend nachhaltiger werden. Effizienzsteigerungen können hingegen einen Teil der erwarteten Zunahme kompensieren.



### **Strompreis:**

Bei der Analyse der Bedeutung des Strompreises für die nachhaltige Stromversorgung muss berücksichtigt werden, dass die Strompreise aus drei Komponenten bestehen, den Stromproduktionskosten (ca.30%), den Übertragungs- und Verteilkosten (ca. 50%) und den staatlich vorgeschriebenen Abgaben (z.B. Wasserzinsen) von knapp 20%.

Der europäische Strommarkt ist seit geraumer Zeit gekennzeichnet durch Produktionsüberschüsse und tiefe Preise. Dies ist das Ergebnis mehrerer Faktoren: die noch bis anfangs der neunziger Jahre aufgebauten Kraftwerkkapazitäten, das Zusammenwachsen der Strommärkte West- und Osteuropas sowie das Aufkommen neuer (und günstiger) Produktionstechnologien bei tiefen Öl- und Gaspreisen (Gas-Kombi-Anlagen).

- Etliche neuere, noch nicht abgeschriebene **Wasserkraftwerke** geraten mit der Strommarktöffnung unter Druck. Während ältere Wasserkraftwerke zu 3 - 7 Rp/kWh (Laufkraftwerke) bzw. 5 – 10 Rp/kWh (Speicherkraftwerke) produzieren, weisen neue Anlagen Gestehungskosten in der Grössenordnung von 10 – 18 Rp/kWh auf.
- Noch teurer ist der aus **erneuerbaren Energien** produzierte Strom (z.B. Fotovoltaik heute von 85 bis zu 130 Rp/kWh; Windenergie ~ 30 Rp/kWh; Biogas 15 – 30 Rp/kWh).
- Der Strom aus Kernenergie-Anlagen ist Bandenergie und kostet 4-9 Rp/kWh. Kernenergie stellt jedoch ein grösseres Investitionsrisiko ( hohe Investitionen, lange Abschreibzeiten, politische Unsicherheiten ) dar als Strom aus fossilen Anlagen.
- Demgegenüber ist bei der **fossilen Stromproduktion** mit 6 – 11 Rp/kWh (Basis: WKK, mit Erdgas betrieben) bzw. mit 6 – 7 Rp/kWh (nicht WKK) zu rechnen. Noch billiger waren die **Stromimporte**: Hier betrug der Kilowattstundenpreis im Mittel der letzten vier Jahre 4 Rp. Dieser Preis liegt nahe beim Spotmarktpreis, der im Jahr 2000 im Schnitt rund 4 Rp/kWh betrug

Diese Kostenangaben sind zu relativieren wegen der Unmöglichkeit einer einigermaßen verlässlichen Quantifizierung der Rahmenbedingungen.

Es ist wahrscheinlich, dass der Strompreis wegen der Liberalisierung des Strommarkts stärker schwankt. Ein tiefer Strompreis, der über den Import von Billigstrom aus umweltbelastenderen Kraftwerken realisiert wird, hat einen negativen Einfluss auf die Nachhaltigkeit der Stromversorgung, da der fossile Anteil des importierten Strommixes (EU Mix) 51.1% beträgt. Falls andererseits die Strompreise in der Schweiz viel höher sind als im Ausland, besteht die Gefahr, dass sich stromintensive Wirtschaftszweige vermehrt ins Ausland absetzen.

### **Stromproduktionsmix :**

- Bei einer Laissez-Faire Politik werden die Stromimporte zunehmen,
- die Förderung erneuerbarer Energien wird noch schwieriger,
- die Position für Wasserkraft und Kernkraft verschlechtert sich.

Eine solche Entwicklung in den nächsten Jahren würde den gewünschten Nachhaltigkeitsanforderungen widersprechen. Solange in unseren Nachbarländern eine Überkapazität an

Stromproduktionsanlagen vorhanden ist (momentan etwa 30%), wird der überschüssige Strom zu einem Preis, der gerade die variablen Kosten (Brennstoffkosten) deckt, der Schweiz angeboten. Obwohl die Strompreise bei Langzeitverträgen höher sind, bleiben sie trotzdem tiefer als die Kosten einiger unserer neuen, teureren Werke. Bei solch niedrigen Strommarktpreisen wird der Bau von kapitalintensiven Stromproduktionsanlagen (z.B. Solaranlagen) erschwert. Allerdings können überraschende Preisänderungen bei den fossilen Energieträgern zu plötzlichen Marktverbesserungen der nachhaltigen Stromversorgung führen.

### **3. Einfluss von externen Störgrößen wie z.B. Energiekrisen oder Entsorgungsengpässe auf die Nachhaltigkeit der Stromversorgung**

Krisen irgendwelcher Art sensibilisieren die Öffentlichkeit. Aber die Erfahrung zeigt, dass der Änderungswille schnell wieder verschwindet. Erdölkrisen würden nicht-fossile Energieproduktion begünstigen. AKW-Unfälle würden die Atomstromproduktion schädigen. Kurzfristige externe Störgrößen, wie Energiekrisen oder Entsorgungsengpässe wegen ausländischen, regionalpolitischen Auseinandersetzungen, spielen für die kurz- bis mittelfristige Stromversorgung eine untergeordnete Rolle. Während Stromimportverträge und fossile Stromproduktionsanlagen zur Verwirklichung nur Monate bis wenige Jahre brauchen, benötigen die CO<sub>2</sub>-freien Produktions-Anlagen ( Wasser, Nuklear ) viele Jahre, um wesentliche Strommengen zusätzlich oder als Ersatz produzieren zu können.

Zwar haben Krisen wenig Einfluss auf die mittelfristige Stromversorgung, aber durch die Sensibilisierung der Öffentlichkeit und der energiewirtschaftlichen Entscheidungsträgern bieten sie eine Chance für strategische und politische Weichenstellungen in Richtung einer längerfristigen nachhaltigen Energiepolitik.

### **4. Mögliche Einflussnahmen verschiedener gesellschaftlichen Gruppen ( Wirtschaft, Politik, und Gesellschaft)**

#### ***Staat***

Einerseits wird die Bedeutung des Staates als regulierender Faktor positiv beurteilt. Andererseits wird zur Zeit die Marktöffnung gefördert. Auch in einem liberalisierten Markt führt aber kein Weg an staatlichen Rahmenbedingungen vorbei. Die Arbeitsgruppe hat sich deshalb vor der Abstimmung vom 24. September 2000 für eine ökologische Steuerreform ausgesprochen.

#### ***Parteien***

Die Politik wird als wichtiger Faktor betrachtet, da nur diese die nötigen Rahmenbedingungen schaffen kann, welche eine nachhaltige Stromversorgung gewährleisten.

#### ***Stimmbürger***

Die aktuelle politische und wirtschaftliche Situation zeigt, dass auch bei guten Wirtschaftsbedingungen Argumente zu Gunsten einer nachhaltigen Energieversorgung bei der Bevölkerung nicht automatisch eine Mehrheit finden.

## **NGO**

Eine wichtige Funktion übernehmen auch in Zukunft die Konsumentenorganisationen und NGO's, welche unabhängig von kurzfristigen Sachzwängen Druck für eine nachhaltige Energiepolitik auf Wirtschaft und Politik ausüben können.

## **Medien**

Die Medien haben eine wichtige Rolle in der Kommunikation zwischen der Gesellschaft, der Wirtschaft, der Wissenschaft und den Entscheidungsträgern. Sie sind ein Sprachrohr der Bevölkerung und verstärken vorwiegend die Meinungen von Gruppierungen, die medienwirksam sind. Da langfristige und träge Veränderungen kaum zu Schlagzeilen führen und daher leicht untergehen, braucht es eine Sensibilisierung der Medienschaffenden. Dies erfordert eine langfristig angelegte Informationspolitik.

## **Wirtschaft und Beschäftigung**

Zwei gegenläufige Faktoren beeinflussen die Nachhaltigkeit:

- a) Ein besserer Wirtschaftsgang könnte die Förderung nachhaltiger Produktion verbessern, da man eher in der Lage wäre, höhere Preise zu bezahlen.
- b) Der globale Konkurrenzkampf verlangt nach möglichst billiger Produktion.

Die Wirtschaft wird keine aktive Rolle bei der Förderung der nachhaltigen Stromversorgung spielen, solange diese sich wirtschaftlich nicht in absehbarer Zeit auszahlt und so deren internationale Konkurrenzfähigkeit behindert.

Der Staat muss das Handeln der Wirtschaft an klar definierte Spielregeln binden. Die Wirtschaft ihrerseits muss dabei Rahmenbedingungen vorfinden, die langfristige Strategien zu verfolgen begünstigen und den Einfluss kurzfristiger Kriterien (Aktienkurs, Mergers) begrenzen

## **Wissenschaft**

Die Wissenschaft soll das Wissen in die Bevölkerung tragen, zur Transparenz komplexer und sich langsam entwickelnder Sachverhalte beitragen und Lösungsmöglichkeiten aufzeigen. Die Akademien können in der Sensibilisierungsarbeit eine führende Rolle übernehmen:

## Systemmodell "Nachhaltige Stromversorgung"

Um die Nachhaltigkeit umsetzen zu können, ist es nötig, die beeinflussenden und die beeinflussten Faktoren der realen Welt zu kennen und ihre Wechselwirkungen zu verstehen. Deshalb hat die Arbeitsgruppe ein Systemmodell erarbeitet.

Systemdenken will die verbindenden unsichtbaren Fäden hinter den Dingen erforschen, die oft wichtiger sind als die Dinge selbst. Wo immer wir Menschen eingreifen, pflanzt sich die Wirkung fort, verliert sich und taucht anderswo - oft viel später oder auf Umwegen - wieder auf.

Um zu einer nachhaltigen Stromversorgung zu gelangen, ist diese Systemsicht notwendig. Wir alle wurden ausgebildet, logische Schlüsse zu ziehen und direkte Ursache-Wirkungsbeziehungen zu erkennen. Unsere Welt als vernetztes System dagegen verhält sich nicht monokausal. Simple Ursache-Wirkungsbeziehungen gibt es in der Theorie, in unserem Leben aber nur selten. Dort herrschen indirekte Wirkungen, Beziehungsnetze und Zeitverzögerungen vor. Die Zuordnung einer Wirkung zu ihrer Ursache wird schwierig. Zum besseren Verständnis einer nachhaltigen Stromversorgung hat die Arbeitsgruppe eine Systemanalyse durchgeführt, wobei die Systemgrenze Schweiz und eine Beschränkung auf Strom (anstelle von Energie) gewählt wurde. Im Verlaufe der Arbeit erwies sich die geographische und die thematische Einschränkung allerdings als problematisch. Beispielsweise können Stromimporte aus dem Ausland und die daraus entstehenden Belastungen der Umwelt nur aus gesamteuropäischer - wenn nicht sogar aus globaler Warte - angemessen behandelt werden. Überdies sind nachfrageseitige Aspekte der Elektrizitätsversorgung, wie z.B. das Verhalten der Verbraucher im Verkehrsbereich, nicht ohne Berücksichtigung des Gesamtzusammenhangs der *Energieversorgung* adäquat zu beurteilen.

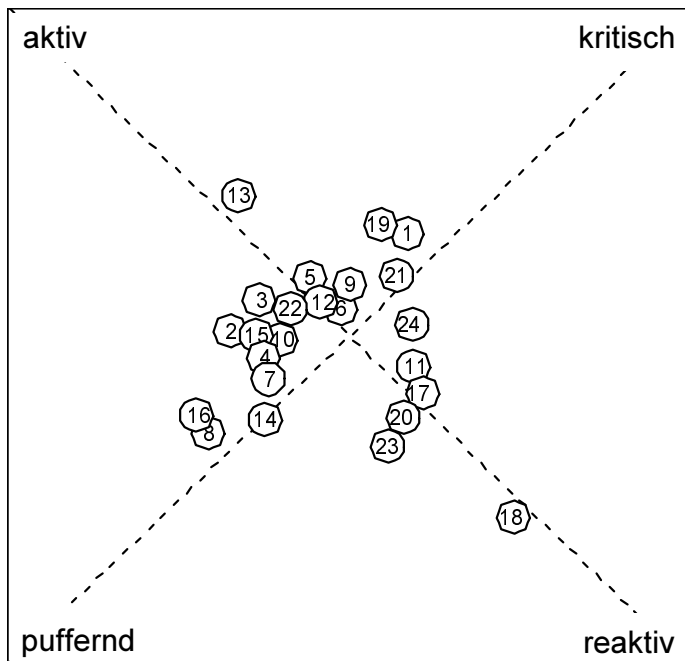
Welches sind nun die zentralen Einflussgrößen, mit denen untersucht werden kann, wie eine Stromversorgung aussehen sollte, die den Kriterien der Nachhaltigkeit möglichst gerecht wird? Welches sind die Mechanismen, die in Richtung einer erhöhten Nachhaltigkeit hinwirken und somit verstärkt werden sollten? Welches sind die Faktoren, die die Nachhaltigkeit der Stromversorgung reduzieren?

Eine grosse Zahl von Einflussgrößen (Variablen) sind zur Untersuchung der Stromversorgung erforderlich. Diese müssen sowohl ökonomische und ökologische Kriterien berücksichtigen, als auch den Forderungen der Gesellschaft genügen und eine langfristige Sicherung des Arbeitsplatzes Schweiz sicherstellen. Die Arbeitsgruppe hat sich auf 24 zentrale Faktoren zur Darstellung der komplexen Wechselwirkungen geeinigt. (Tabelle 1).

Alle diese Untersuchungen wurden ohne Berücksichtigung der Wasserkraft durchgeführt, da diese als eine gegebene und nachhaltige Produktionsart angesehen wurde.

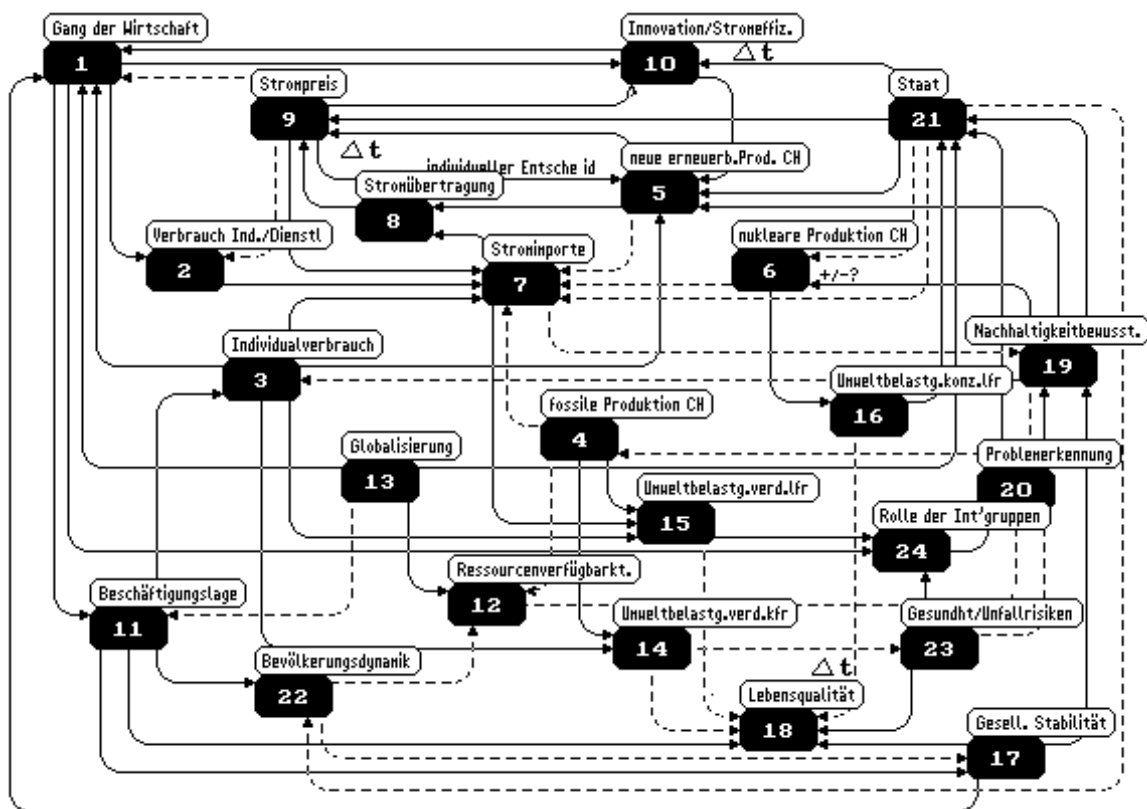
Konjunktur und Beschäftigung	Stromverbrauch	Stromproduktion (ohne Wasserkraft)	Umweltbelastung	Gesellschaft und Staat
(1) Gang der Wirtschaft	(2) Verbrauch Industrie & Dienstleistungen	(4) Fossile Produktion CH	(14) Umweltbelastung verdünnt/ kurzfristig	(17) Gesellschaftliche Stabilität
(9) Strompreis		(5) Neue erneuerbare Produktion CH	(15) Umweltbelastung verdünnt/ langfristig	(18) Lebensqualität
(10) Innovation/ Stromeffizienz	(3) Individualverbrauch	(6) Nukleare Produktion CH		(16) Umweltbelastung konzentriert/ langfristig
(11) Beschäftigungslage		(7) Stromimporte (EU-Mix)	(20) Problemerkennung	
(12) Ressourcen-Verfügbarkeit		(8) Stromübertragung	(21) Staat	
(13) Globalisierung				(22) Bevölkerungsdynamik
				(23) Gesundheit/ Sicherheit vor Unfallrisiken
				(24) Rolle von Interessengruppen

**Tabelle 1** Variablen, welche für die Arbeitsgruppe zur Untersuchung einer nachhaltigen Stromversorgung herangezogen wurden. Eine genauere Definition der 24 Variablen ist im Anhang gegeben.



**Abbildung 2** Rollenverteilung zwischen den Einflussgrößen (Variablen). Je stärker eine Variable auf andere einwirkt, desto aktiver ist sie und je stärker andere auf sie einwirken, desto reaktiver ist sie.

Aufgrund der Wirkung jeder der 24 Einflussgrößen (Variablen) auf jede andere lässt sich deren Rolle abschätzen (Abbildung 2). Je stärker eine Einflussgrösse auf andere einwirkt, desto *aktiver* ist sie, je stärker sie von andern beeinflusst wird, desto *reaktiver* ist sie. Besonders *kritisch* sind jene Variablen, welche auf mehrere andere Variablen stark einwirken und gleichzeitig durch mehrere weitere Variablen beeinflusst werden. Die Mehrheit der Variablen ist eher aktiv als reaktiv, d.h. sie liegt oberhalb der Diagonalen. Die *Globalisierung* (13) sticht als besonders aktive Variable hervor. Besonders reaktiv ist die *Lebensqualität* (18), was besagt, dass ein nachhaltiger Umgang mit der Elektrizität kaum aufgrund einer veränderten Lebensqualität erfolgen wird. Eher kritisch sind die Variablen *Gang der Wirtschaft* (1) und *Nachhaltigkeitsbewusstsein* (19). Ihnen sollte daher gemäss diesem Modell besondere Beachtung geschenkt werden.



**Abbildung 3** Wirkungsgefüge des Systemmodells. Verstärkende Einwirkungen (z.B. von der Variablen *Gesellschaftliche Stabilität* auf die Variable *Lebensqualität*) werden mit ausgezogenen Linien dargestellt, abschwächende Einwirkungen durch gestrichelte Linien.

Mit diesen 24 Variablen ergibt sich eine sehr grosse Zahl von möglichen Wechselwirkungen (24x23). Basierend auf dem ‚Sensitivitätsmodell‘ von Frederic Vester entwickelte die Arbeitsgruppe unter Leitung des Systemwissenschaftlers, Dr. Lutz E. Schlange, ein eigenes Systemmodell.

Das Resultat, im folgenden *Wirkungsgefüge* genannt, ist in Abbildung 3 dargestellt. Trotz starker Vereinfachungen ist das Modell immer noch sehr komplex. Es setzt sich aus vielen einzelnen aber miteinander verknüpften Regelkreisen zusammen.

Ausgehend vom in Abbildung 3 dargestellten Wirkungsgefüge können konkrete Aussagen durch Simulationen basierend auf einer genaueren Analyse des Systemverhaltens gemacht werden. Es zeigte sich aber, dass seine Verwendung für die Berechnung von Szenarien in

diesem Modell problematisch ist. Das verwendete Simulationsprogramm konnte nur mit einer beschränkten Zahl von Variablen umgehen. Deshalb war eine Einschränkung des Systemmodells nötig. Besonders kritisch ist dabei das Einwirken von mehreren sehr verschiedenen Faktoren auf eine Variable, was zu relativ grossen Fehlern führen kann, wenn der Anteil der einzelnen Wirkungskomponenten falsch eingeschätzt wird.

Ein offensichtliches Resultat der Analyse betrifft die Strommarktliberalisierung:

Die Strommarktliberalisierung begünstigt die Substitution von einheimischen Stromproduktionsarten durch billige, weniger nachhaltige Importe. Die Emissionen (CO<sub>2</sub>, radioaktiver Abfall, etc) welche im Ausland anfallen, fliessen nicht in die Buchhaltung der Schweiz ein. Oberflächlich gesehen, kann dadurch die Nachhaltigkeit der schweizerischen Stromversorgung verbessert werden, obwohl die Gesamtemissionen ansteigen.

Werden vorgängig zur Liberalisierung keine klaren Rahmenbedingungen für den Importstrom definiert, dann riskieren wir zum Beispiel bei der Übernahme von Elektrizitätsgesellschaften durch ausländische Gesellschaften jegliche Kontrolle über die Produktionsart des Stromes zu verlieren.

Die Schwierigkeit, Wechselwirkungen genügend präzise definieren zu können, sowie die aus unsicheren Annahmen resultierenden Unzulänglichkeiten haben die Arbeitsgruppe dazu bewogen, ihre Aussagen nicht auf gerechnete Simulationen zu stützen. Sie hat aber das Wirkungsgefüge (Abb.3) als Diskussionsbasis zur Strukturierung der Expertenmeinungen verwendet.

## Wege zur Nachhaltigkeit

Aufgrund der Lehren aus der Systemarbeit und der Diskussionen der Fragen an das System "Nachhaltige Stromversorgung" konnten Wege und Massnahmen für eine nachhaltigere Stromversorgung formuliert werden.

Eine nachhaltige Elektrizitätsversorgung muss unter Mitberücksichtigung sozialer und wirtschaftlicher Aspekte langfristig durchhaltbar sein ohne die Lebensgrundlagen späterer Generationen zu kompromittieren. Die in der Schweiz vorherrschende Stromproduktion aus Wasserkraft kommt trotz auch hier nicht zu vernachlässigenden ökologischen Auswirkungen dem Ideal einer nachhaltigen Energieversorgung recht nahe. Bei weiter verbesserter Wirtschaftlichkeit könnten in Zukunft heute als alternativ bezeichnete Produktionsarten aus anderen erneuerbaren Quellen (Solarstrahlung, Wind, Biomasse) die selbe Funktion erfüllen. Die im Ausland praktizierte Stromproduktion aus fossilen Brennstoffen dagegen liefert keinen Beitrag zur Nachhaltigkeit. Die fossilen Brennstoffe sind begrenzt und die Auswirkungen eines sich laufend erhöhenden CO<sub>2</sub>-Gehaltes negativ und erst noch mit unkontrollierbaren Folgen.

## Nachhaltigkeit und Kernenergie

Kernenergie nimmt in der Nachhaltigkeitsdebatte eine schwierige Sonderstellung ein. Gegenüber der Produktion aus fossilen Brennstoffen besitzt sie eine Reihe unbestreitbarer Vorteile: Die eingesetzten Stoffmengen sind klein und Uran hat keinen anderen wichtigen Verwendungszweck. Die Uranvorräte reichen unter Einsatz bekannter Technologien für Jahrtausende. Ein Kernkraftwerk verursacht im Normalbetrieb nur geringe Emissionen.

Im Gegensatz zu fossilen Brennstoffen fallen die Abfälle der Kernenergie grösstenteils in fester Form an und können folglich zumindest im Prinzip räumlich konzentriert und auf Dauer sicher deponiert werden. Allerdings erfordern die hochradioaktiven Abfälle eine über Jahrtausende sichere, vom Menschen räumlich getrennte Lagerung. Die heutigen Nutznießer der Kernenergie sind deshalb verpflichtet, eine über hunderte von Generationen sichere Lagerung und eine entsprechende Information sicherzustellen. Andernfalls würden wir späteren Generationen Dosen und Risiken zumuten, die wir für uns selbst ablehnen, was klar den Zielen der Nachhaltigkeit widerspricht.

Die Kernenergie bleibt primär wegen potentieller Kernschmelzen in Folge von Unfällen und Terrorangriffen umstritten. Containmentversagen und massive Geländekontamination bleiben trotz kleiner errechneter Häufigkeiten ein Damokles-Schwert der gegenwärtigen Kernenergienutzung. Ein solcher Unfall, besonders in einem dicht besiedelten Land, verletzt sämtliche Aspekte der Nachhaltigkeit (ökologische, ökonomische und soziale Entwicklung). Ob die Inkaufnahme des Risikos zu verantworten sei, in der Hoffnung entsprechende Unfälle würden schliesslich nicht auftreten, ist mit rein rationalen Ueberlegungen nicht zu entscheiden und wurde auch innerhalb der Arbeitsgruppe kontrovers beurteilt. Einig ist sich die Arbeitsgruppe allerdings in der Forderung, dass im Hinblick auf eine allfällige längerfristige Nutzung der Kernenergie sämtliche Anstrengungen unternommen werden müssen, um unter allen betrieblichen Störfällen die Auswirkungen auf das Kraftwerksgelände zu beschränken und eine massive Gelände-Verstrahlung auszuschliessen. Dies wird in der deutschen Gesetzgebung zur Kernenergienutzung seit einiger Zeit verlangt. Die Arbeitsgruppe



unterstützt dabei ausdrücklich eine analoge, bereits vor zehn Jahren verfasste These der SATW (vgl. Kasten)

'Es ist eine weitverbreitete und möglicherweise zutreffende Meinung, nicht nur unter Kernenergiegegnern, dass neue Reaktoren in der Schweiz auch nach Ablauf der Moratoriumsfrist nur dann eine politische Chance haben, wenn sie so ausgelegt sind, *dass bei allen betrieblich vorstellbaren Unfällen keine massgebliche Radioaktivität in die Umgebung freigesetzt wird*; es ist also keine Evakuierung der Bevölkerung nötig und die normalen Lebensgewohnheiten können beibehalten werden. Zur Realisierung dieses Zieles kann der Einsatz passiver Systeme und prozessinhärenter Mechanismen beitragen. Naturwissenschaftliche Gründe, nach welchen der Bau einer solchen Anlage unmöglich wäre, sind nicht bekannt. Soweit in den nächsten Jahren Geld für die Weiterentwicklung der Kernenergie zur Verfügung gestellt wird, sollten primär Systeme gefördert werden, die geeignet sind, das obige Ziel zu erreichen.

Referenz: SATW Brief an den Vorsteher des Eidg. Verkehrs- und Energiedepartementes, 20. Nov. 1991

Ein weiteres Problem der Kernenergie besteht darin, dass ihre Akzeptanz seit Jahrzehnten auf grösste Hindernisse stösst. Allein aus diesem Grund ist sie wohl nicht in der Lage, mittelfristig über bestehende Kapazitäten hinaus einen Beitrag zur Energieproduktion zu leisten.

### **Erhalt der Wasserkraft**

Für eine nachhaltige Stromversorgung muss die zu 100% erneuerbare Wasserkraft mit ihrem Anteil von 60% an der gegenwärtigen Schweizer Stromproduktion erhalten bleiben. Wegen des bereits hohen Ausbaugrades ist eine weitere Steigerung der Wasserkraft in der Schweiz fast nur in Form von Effizienzverbesserungen und Erweiterungen bestehender Wasserkraftwerke in beschränktem Masse möglich. In Anbetracht der tiefen Preise auf dem internationalen Strommarkt und der preisgünstigen Stromerzeugung mittels neuer Technologien auf fossiler Basis besteht die Gefahr, dass die Stromproduktion aus erneuerbaren Energien unwirtschaftlich wird. Dies hätte zur Folge, dass beispielsweise im Bereich Wasserkraft einzelne Werke ihren Betrieb einstellen müssen und allgemein die Bereitschaft zu Investitionen nachlässt. Bereits sind Fälle bekannt, wo Wasserkraftwerkbetreiber aus betriebswirtschaftlichen Gründen ihre Investitionen zurückgenommen und auf die allernotwendigsten Sanierungen beschränkt haben (Beispiele: Kraftwerke Eglisau und Rheinfelden). Dadurch würde die vorwiegend CO<sub>2</sub>-freie nachhaltige Stromproduktion in unserem Land Einbussen erleiden.

Es besteht ein breiter politischer Konsens, dass diese für die Volkswirtschaft und die Umwelt bedenklichen Tendenzen nicht hingenommen werden dürfen. Vielmehr sind die erneuerbaren Energien konsequent zu fördern.

Das Elektrizitätsmarktgesetz sieht eine zeitlich befristete Förderung der Wasserkraftwerke vor, indem Darlehen zur Erneuerung bestehender Anlagen ausgerichtet werden können. Zudem sollen in Ausnahmefällen Darlehen an Wasserkraftwerke gewährt werden, die wegen der Marktöffnung ihre Investitionen nicht mehr amortisieren können.

Die Förderung der erneuerbaren Energien ist zudem ein wichtiger Bestandteil des Programms „Energie Schweiz“. Gefördert werden sollen hier u.a. Massnahmen im Bereich der Forschung und Entwicklung, der Pilot- und Demonstrations-Projekte sowie zur Zertifizierung und Auszeichnung des Stromangebots nach ökologischen Kriterien (Ökostrom, Solarstrombörsen, usw.).

### Effizienzsteigerungen

In allen Bereichen von der Stromproduktion zur Stromnutzung sind Verbesserungen der Effizienz von Geräten und Anlagen zu verwirklichen. Dafür braucht es Hilfsmittel, wie beispielsweise "Energielabel", welche den Konsumenten Informationen über den Energieverbrauch der mehr oder weniger effizienten Geräte liefern, sowie über die zur Herstellung der Geräte verbrauchte "graue" Energie informieren. Wenn Kunden besser informiert sind, können sie selbst die Verantwortung für eine nachhaltige, effiziente Stromanwendung übernehmen und die stromeffizienteren Geräte auch kaufen. Ihre Lebensqualität bleibt trotz geringerem Stromverbrauch erhalten, z.B. durch Einsatz von Stromsparlampen, stromverbrauchsarmen Computern und Bildschirmen etc.

Für die Verbraucher machen sich effiziente Geräte langfristig bezahlt. Zu tiefe Energiepreise unterlaufen allerdings viele Effizienzanstrengungen. Vorzeitiger Ersatz von weniger effizienten Geräten und Anlagen benötigt allerdings zusätzliche graue Energie, was in die Betrachtung einbezogen werden sollte.

Eine andere Art der Effizienzerhöhung ist alternative Energienutzung, wie beispielsweise die **Wärme­kraftkopplung (WKK)**. Durch die gleichzeitige Produktion von Wärme und Strom bei thermischen Anlagen wird Brennstoff besser und effizienter genutzt. Die Eigenverantwortung der Menschen kann gefördert werden, wenn sie die Möglichkeit haben, mit dezentralen Energiesystemen Strom **und** Wärme für sich selbst oder ihre Wohnsiedlung zu produzieren. Ein forcierter Einsatz von WKK würde zwar den CO<sub>2</sub>-Ausstoss der Schweizer Stromproduktion tendenziell erhöhen. Wenn mit dem produzierten Strom jedoch zusätzlich Ölheizungen durch Wärmepumpenheizungen ersetzt werden, können WKK unter Umständen CO<sub>2</sub>-neutral sein. Sicher kann bei entsprechender technischer Ausstattung der Einsatz von WKK die gesundheitlich relevante Schadstoffbilanz insgesamt verbessern. Dies trifft vor allem für erdgasbetriebene Anlagen zu, welche im Vergleich zu Erdöl oder Kohle die Kriterien der Nachhaltigkeit weniger stark verletzen. Ausser mit Wärmepumpen ist Strom jedoch zu kostbar zur Wärmeproduktion.

Wie die Studie der SATW "CH50% - Eine Schweiz mit halbiertem Verbrauch an fossiler Energie" gezeigt hat, ist das Einsparpotential beim Verkehr und beim Heizen sehr viel höher als beim Strom, wo 60% als Produktionsenergie in Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen benötigt werden.

## Förderung der neuen erneuerbaren Energien

Eine vollständig auf erneuerbare Energien (inklusive Wasserkraft) abgestützte Stromversorgung wäre technisch möglich. Neue erneuerbare Energien wie z.B. Photovoltaik auf überbauten Flächen, Windkraftwerke oder Biomasse könnten wesentliche Beiträge zur Stromversorgung leisten. Die Frage bleibt, wann dies mit vertretbaren Kosten realisiert werden kann. Die Nachhaltigkeit hat in den heutigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen keinen Stellenwert, was de facto zur Benachteiligung nachhaltiger Lösungen führt: nicht nachhaltige herkömmliche Lösungen sind unter den herrschenden Rahmenbedingungen vermeintlich 'billiger'. Der künftige Anteil an neuen erneuerbaren Energien hängt somit in hohem Masse von den globalen, nationalen sowie den lokalen Rahmenbedingungen ab.

## Fossile Kraftwerke sind keine Alternative

Fossile Kraftwerke verletzen die Forderung nach Nachhaltigkeit vor allem wegen klimarelevanter CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie ihrem Beitrag an die gesundheitsschädigende Luftverschmutzung. Der Anteil fossiler Stromproduktion ist in der Schweiz sehr gering. Grundsätzlich soll daran festgehalten werden, da ein Ersatz heutiger Grosskraftwerke durch fossil betriebene Stromproduktionsanlagen der Forderung nach Nachhaltigkeit widerspricht. In der Übergangsphase zum Zeitalter der erneuerbaren Energien ist jedoch ein differenziertes Abwägen und vergleichendes Bewerten fossiler Stromproduktionsanlagen notwendig. So liefern zum Beispiel moderne WKK-Anlagen ein wesentlich besseres Ergebnis als klassische fossilthermische Kraftwerke (s. oben).

Die einheimische Stromproduktion ist mit heute rund 60% Wasserkraft und 40% Kernenergie nachhaltiger als der europäische Durchschnitt. Deshalb stellt ein Ersatz von Schweizer Kraftwerken oder das Decken eines möglichen Strombedarf-Zuwachses durch den Import von Strom aus fossil betriebenen ausländischen Anlagen keine nachhaltige Alternative dar. Veränderungen und somit CO<sub>2</sub>-Reduktionen in den Bereichen Mobilität und Raumheizung (Technologien und Verhalten) sind allerdings für die Schweizer CO<sub>2</sub>-Bilanz sowie die Luftverschmutzung von sehr viel grösserer Bedeutung.

## Ausländische Erfahrungen mit der ökologischen Steuerreform

Europaweit sind zahlreiche Bestrebungen im Gang, die Steuersysteme der einzelnen Länder auf eine ökologische Basis zu stellen (Belastung der Energie, Entlastung der Arbeit). Dies geschieht in Abstimmung mit der OECD und der EU, welche diesen Systemwechsel zu koordinieren und zu harmonisieren suchen. Die EU hat dazu auch Richtlinien herausgegeben.

Folgende Länder haben erste Erfahrungen mit der ökologischen Steuerreform oder beabsichtigen zumindest, diese in nächster Zeit stufenweise einzuführen: Deutschland, Dänemark, Italien, Niederlande, Österreich, Schweden, Grossbritannien, Frankreich. Diese Aufzählung ist nicht abschliessend.

Nachfolgend werden einige Länder-Erfahrungen bzw. -Absichten betreffend ökologische Steuerreform dargestellt. Allen gemeinsam ist die Verwendung der Erträge aus der Energiebesteuerung zur **Senkung der Lohnnebenkosten**. In Deutschland wird zusätzlich ein geringer Teil zur Förderung der erneuerbaren Energien verwendet. In England ist vorgesehen,

nebst den erneuerbaren Energien auch Energiesparmassnahmen zu unterstützen, Italien schliesslich will einen Teil der Steuermittel an das Strassentransportgewerbe zurückzahlen. Die Energiebesteuerung soll in allen Fällen **haushaltneutral** ausgestaltet werden.

### Ökosteuern in einigen Ländern

	Deutschland	Grossbritannien	Italien
<b>Inkrafttreten</b>	1999 - 2005	2001	2001 - 2005
<b>Geltungsbereich</b>	generell	alle ausser Haushalte und Verkehr	generell
<b>Steuererleichterungen</b>	Energieintensive Unternehmen, Landwirtschaft, Schienenverkehr u.a.	Energieintensive Industrie	Strassentransport
<b>Kohle</b>	-	0.003 €/kWh	24.53 €/t
<b>Heizöl</b>	0.02€/l <sup>1)</sup>	-	0.007 - 0.43 €/kg <sup>4)</sup>
<b>Gas</b>	0,002 €/kWh <sup>1)</sup>	0,003 €/kWh	1.5 - 11.58 €/m <sup>3</sup> <sup>5)</sup>
<b>Treibstoffe</b>	0.03 - 0.15 €/l <sup>2)</sup>	-	0.03 - 0.09 €/l <sup>4)</sup>
<b>Strom</b>	0.01 - 0.02 €/kWh <sup>3)</sup>	0.01 €/kWh	-
Umrechnungskurse: 1 CHF = 0.68129 €, 1 DM = 0.51129 € D: in Kraft seit 1.4.1999; Basis: Gesetz zum Einstieg in die ökologische Steuerreform GB, It: Projekt der Regierung 1) einmalig per 1.4.1999 2) 0.03 €/l ab 1.4.1999; plus 0.03 €/l jährlich; Zieljahr 1.1.2003: 0.15 €/l 3) 0.01 €/kWh ab 1.4.1999; plus 0.003 €/kWh jährlich; Zieljahr 1.1.2003: 0.02 €/kWh 4) je nach Heizölqualität und Verwendungszweck 5) je nach Verwendungszweck			

Tabelle 2. Ökosteuern in einigen europäischen Ländern

Wie aus der Tabelle hervorgeht, haben verschiedene Länder verschiedene Prioritäten; neben ökologischen Aspekten spielen Wirtschaft- und Arbeitsplatz-Einflüsse (z.B. Kohleindustrie in Deutschland, Gasindustrie in England ) eine wesentliche Rolle. Falls jedoch diese ökologischen Steuern eine Höhe erreichen sollten, die den Verbrauch wesentlich beeinflussen würde, dann müssten aus Wettbewerbsgründen diese ökologischen Steuern europaweit soweit als möglich harmonisiert werden.

### Wie kann das Nachhaltigkeitsbewusstsein verstärkt werden?

Die Veränderung des Bewusstseins braucht Zeit. Dass breite Bevölkerungskreise die Energieproblematik als solche anerkennen, verlangt aktive Anstrengungen im Bereich Bildung und Kommunikation und in der Information über den Stromverbrauch. Als positives Beispiel sei die Einführung von Ökoinventaren erwähnt. Der Verbraucher soll sich über seinen Energieverbrauch (auch graue Energie) ein klares Bild machen können. Die Schweiz soll versuchen,

in dieser Hinsicht die Konsumenten und die Industrie noch stärker zu sensibilisieren. Die Bewusstseins sensibilisierung ist zwar notwendig, genügt aber nicht. Sie muss in konkrete Massnahmen umgesetzt werden.

Eine nachhaltige Stromversorgung kann nicht isoliert von den andern Energieträgern und nicht nur vom schweizerischen Standpunkt aus betrachtet werden. Wegen der politischen Einflussmöglichkeiten hat die Arbeitsgruppe das Thema vorerst auf Strom und Schweiz eingeschränkt. Diese Beschränkung ist jedoch aus energiepolitischer Sicht zu eng. Eine nachhaltige Stromversorgung der Schweiz muss mindestens europäische Begebenheiten mit berücksichtigen. Unter dem Stichwort "Kyoto Mechanismen" bringen viele CO<sub>2</sub>-mindernde Massnahmen im Ausland mehr Nachhaltigkeit.

Generell ist eine Abstimmung nachhaltiger Massnahmen im Strombereich mit andern Sektoren und geographischen Einheiten nötig. Die Marktkräfte allein können kaum zu einer nachhaltigen Stromversorgung führen. Dafür braucht es politisch begründete Steuerungsmöglichkeiten, weil die Nachhaltigkeit mindestens kurz- und mittelfristig einen zu geringen Kosteneinfluss auf den Markt ausübt.

## Schlussfolgerungen und Anträge

Die nachhaltige Stromversorgung ist Teil einer nachhaltigen Energieversorgung und damit eingebunden in das weltweite Streben nach einer Begrenzung der Treibhausgasemissionen und dem Schutz der langfristigen Lebensgrundlagen. Im Bereich Verkehr und Wärme sind in der Schweiz jedoch ungleich grössere Einsparmöglichkeiten beim fossilen Brennstoffverbrauch vorhanden als beim Strom.

**Global** ist in den nächsten Jahrzehnten von einem stark wachsenden Energiebedarf und speziell einem erhöhten Strombedarf auszugehen. Dazu tragen das Bevölkerungswachstum und der zunehmende Pro-Kopf-Verbrauch in den Schwellenländern wesentlich bei. Unter den heutigen politischen Randbedingungen werden die Treibhausgasemissionen sowohl in Schwellen- wie auch in den Industrieländern weiter ansteigen. Dringend nötige energiepolitische Entscheide zugunsten einer nachhaltigen Energieversorgung in den industrialisierten Ländern werden gerade auch für die Schwellenländer wegweisend sein. Verstärkter Technologietransfer im Bereich der regenerativen Energien könnte zu einer auch in Schwellenländern langfristig nachhaltigen Energieproduktion führen. Da viele CO<sub>2</sub>- Massnahmen in Schwellenländern billiger sind als in industrialisierten Ländern, könnten die Kyoto-Mechanismen „joint implementation“, „emission trading“, und „clean development mechanisms“ der globalen Nachhaltigkeit helfen. Diese entbinden die Industrienationen mit dem höchsten pro Kopf Ausstoss an CO<sub>2</sub> jedoch nicht davon, auch im eigenen Land der Nachhaltigkeit höchste Priorität zu geben.

Die **Schweizer Stromerzeugung** ist heute mit rund 60% umweltfreundlicher Wasserkraft und 40% Atomenergie nachhaltiger als diejenige der EU. Aus diesem Grunde darf - gerade in Zeiten weltweiter Strommarktliberalisierung - unsere Stromversorgung nicht einfach durch billige und weniger nachhaltige Importe sichergestellt werden. Deshalb ist geboten:

- das Ziel der Stromerzeugung ohne fossile Kraftwerke in der Schweiz konsequent beizubehalten und global anzustreben,
- die erneuerbaren Energien (Photovoltaik, Biomasse, solare Wärmeaufbereitung, Windkraft) konsequent zu fördern,
- Stromimporte an die Erfüllung von Nachhaltigkeitskriterien zu binden,
- in allen Bereichen der Stromproduktion und Nutzung Verbesserungen der Effizienz von Geräten und Anlagen zu verwirklichen,
- alle energiepolitischen Massnahmen und Rahmenbedingungen klar auf Nachhaltigkeit auszurichten,
- das Nachhaltigkeitsbewusstsein der Bevölkerung durch verbesserte Information über Energieverbrauch zu verstärken und energieeffiziente Technologien zu propagieren.

Dabei sollen prioritär diejenigen Massnahmen umgesetzt werden, welche quantitativ und qualitativ den grössten Nutzen bringen.

In Anbetracht der fortschreitenden wirtschaftlichen Liberalisierung, des langsamen demokratischen Meinungsbildungsprozesses und der langen Realisierungszeiten neuer Produktionsanlagen ist **ein politischer Dialog über die Rahmenbedingungen der zukünftigen Stromversorgung dringend nötig**. Damit die Wirtschaft die langfristig richtigen Entscheidungen treffen kann, müssen die Resultate von wissenschaftlichen Untersuchungsergebnissen verständlich kommuniziert werden. Nur wenn die Politik die nötige Information besitzt, können die politischen Rahmenbedingungen frühzeitig richtig gesetzt werden.

Es ist eine gesellschaftliche und politische Aufgabe, die Weichen so zu stellen, dass der Strombedarf in der Schweiz in den kommenden Jahrzehnten möglichst nachhaltig gedeckt und die globale Nachhaltigkeit gefördert werden kann.

Als **politische Rahmenbedingungen** stehen die verbindliche Effizienzförderung, die grösstmögliche Vermeidung von Treibhausgas-Emissionen und die gezielte Förderung der lokal geeignetsten erneuerbaren Produktionsarten, beispielsweise der Wasserkraft in Bergregionen, der Windkraft in Küstenbereichen oder der Solarenergie in sonnenreichen Gebieten im Vordergrund. Ein Ersatz von Schweizer Kernkraftwerken durch fossile Kraftwerke ist kein Beitrag zu einer nachhaltigen Stromversorgung.

Die neuen erneuerbaren Energien (Photovoltaik, Biomasse, solare Wärmeaufbereitung, Windkraft) müssen heute durch konsequente politische Instrumente stark gefördert werden, damit sie in einigen Jahrzehnten einen wesentlichen Anteil des Energiebedarfs zu decken vermögen. Bei der blossen Weiterführung der heutigen Energiepolitik wird der Anteil dieser Technologien auch mittelfristig höchstens wenige Prozente betragen.

Zur Umsetzung solcher Rahmenbedingungen bieten sich eine ökologische Steuerreform und CO<sub>2</sub>- Abgaben an, da die Nachhaltigkeit mindestens kurz- und mittelfristig einen zu kleinen Kosteneinfluss auf den Markt ausübt. Auch die Berücksichtigung und Internalisierung externer Kosten unterstützen die Anliegen nachhaltiger Energiepolitik. Das schweizerische Stimmvolk hat eine spezifische Reform im Herbst 2000 abgelehnt. Weitere politische Diskussionen und Massnahmen (z.B. griffige Ausführungsbestimmungen zum CO<sub>2</sub>- Gesetz) sind notwendig, um die Emission von Treibhausgasen zu verringern und Effizienz sowie den Einsatz erneuerbarer Energien zu fördern.

Die **wissenschaftlichen Akademien** müssen gegenüber Politikern und Stimmbürgern aktiv in den Prozess der Meinungsbildung eingreifen und sich für die Anliegen einer nachhaltigen Energieversorgung einsetzen. Dazu sind die notwendigen Strukturen zu schaffen und die Strategien zu erarbeiten.

## Verdankungen

Wir danken dem Rat der schweizerischen wissenschaftlichen Akademien CASS für die Auftragserteilung und die Einberufung der Arbeitsgruppe sowie für die Finanzierung eines Systemwissenschaftlers. Ebenfalls danken wir dem Bundesamt für Energie für die finanzielle Unterstützung und die Mitarbeit eines Ökonomen in der Arbeitsgruppe. Den vier Akademien, SANW, SAGW, SAMW und SATW danken wir für die Entsendung von Wissenschaftlern in die Arbeitsgruppe.

Der ursprüngliche Auftrag der CASS an unsere Arbeitsgruppe war die Erarbeitung eines Konsens-Papiers der Wissenschaft über das umstrittene Thema der Kernenergie. Wie in der Einleitung erwähnt, hat sich die Arbeitsgruppe entschieden das Thema etwas weiter zu fassen. Aber sie ist der Aufgabe treu geblieben, den schwierigen Weg der Konsensfindung zu gehen. Die Mitglieder der Arbeitsgruppe haben viele Stunden ihrer Freizeit eingesetzt, um in eingehenden Diskussionen gemeinsame Positionen zu den relevanten Fragen zu erarbeiten und in einem Bericht zu dokumentieren.



**ANHANG: In der NZZ publizierte resp. für die NZZ erstellte Artikel**

## **Kurswechsel in der Energiediskussion /Schweizerische Energiepolitik vor wichtigen Entscheidungen**

Von Hans Ruh und Andreas Zuberbühler \*

Der Rahmen und die wegweisenden Gesichtspunkte für eine künftige Energiepolitik stehen heute der Diskussion offen. Dazu will die Konferenz der schweizerischen wissenschaftlichen Akademien (CASS)\*1 auf hoher Ebene ihren Beitrag leisten. Eine damit befasste Arbeitsgruppe setzt die von ihr beschriebene Nachhaltigkeit als Schlüsselbegriff fest, bezeichnet aber die globale und nationale Umsetzung eines entsprechenden Konzeptes als Hauptproblem. Der Aufbau einer nachhaltigen Energieversorgung wird deshalb als Aufgabe über mehrere Jahrzehnte hinweg beschrieben.

Wesentliche energiepolitische Entscheide müssen in nächster Zeit gefällt werden, denn mehrere Initiativen zur Thematik Energie und Verkehr sind hängig. Weitere Stichworte sind: Strommarktliberalisierung, Umsetzung der Verpflichtungen von Rio, Betriebsdauer der laufenden Kernkraftwerke, Revision des Kernenergiegesetzes und Ablauf des Kernenergie-moratoriums. Eine grundsätzliche Energiediskussion, welche Perspektiven von längerfristiger Gültigkeit erarbeitet, ist darum dringend. Nur so lassen sich die anstehenden Entscheide in ein sinnvolles Gesamtgefüge einbinden.

Um eine von der Wissenschaft getragene Sicht einzubringen, haben die vier schweizerischen Akademien\*1 im Jahr 1997 eine Arbeitsgruppe eingesetzt. Die Arbeitsgruppe verfolgt das Ziel, Perspektiven einer nachhaltigen Energieversorgung auszuarbeiten. Es handelt sich dabei, gegeben durch die Komplexität der Problematik, um ein längerfristiges Projekt.

Angesichts der politischen Aktualität dieser Thematik, deren öffentliche Diskussion kürzlich durch die Beschlüsse des Bundesrates bereits lanciert wurde, hat sich die Arbeitsgruppe entschlossen, einige Resultate ihrer Überlegungen bereits jetzt zu veröffentlichen, um damit einen Beitrag zu einem argumentativ geführten Energiedialog zu leisten. Die Arbeitsgruppe ist insbesondere der Ansicht, dass der Energiedialog nur dann in einem zukunftsweisenden Kontext diskutiert werden kann, wenn die Frage der Nachhaltigkeit ins Zentrum gerückt wird. Warum?

An der Rio-Konferenz 1992 wurden mehrere Kernprobleme von globaler Bedeutung als vor-dringliche Aufgaben anerkannt:

- Energie- und Ressourcensicherung
- Klimaveränderung
- Landnutzung und Bodendegradation
- Bevölkerungsdynamik und Entwicklungsdisparitäten
- Zerstörung von Ökosystemen und Verlust an Biodiversität
- durch Menschen verursachte Naturkatastrophen
- Verknappung und Verschmutzung von Wasser, Boden, Luft
- Gefährdung der Weltgesundheit und Ernährungssicherung

Die billige Verfügbarkeit der Energieträger Kohle, Erdöl, Gas und Nuklearbrennstoff spielt bei vielen Kernproblemen eine zwar nur indirekte, aber zentrale Rolle. Dies, weil die billige Energie weltweit technologische, ökonomische und zivilisatorische Entwicklungen ermöglicht und fördert, welche massiv gegen den Grundsatz geschlossener Stoffkreisläufe verstossen - das eigentliche Umweltproblem. Deshalb ist die Frage einer umweltverträglichen Energieversorgung und Nutzung ein Schlüsselproblem für die Sicherung der Lebensgrundlagen.

### ***Nachhaltigkeit als Grundvoraussetzung***

Spätestens an der Konferenz von Rio wurde klar, dass die durch den Menschen ausgelösten Veränderungen in Grenzen gehalten werden müssen. Davon zeugen die zahlreichen Definitionen eines "Sustainable Development", d. h. einer "nachhaltigen Entwicklung". Grundlegender als das ohnehin problematische Festschreiben akzeptabler Entwicklungspfade ist eine eindeutige Definition der Nachhaltigkeit selbst. Die Arbeitsgruppe beschreibt diese wie folgt:

"Mit dem Begriff der Nachhaltigkeit verbinden wir die Idee einer absolut notwendigen Voraussetzung der menschlichen Lebensmöglichkeiten. Die Dauerhaftigkeit der Lebensgrundlagen muss also logisch vor allen anderen Erfordernissen stehen, weil diese die Voraussetzung für andere Dimensionen des menschlichen Lebens sind. Nur eine nachhaltige Gesellschaft ist wirklich überlebensfähig. Ohne Nachhaltigkeit gibt es weder Kultur noch Gesundheit, weder Wissenschaft noch Technik. In diesem Sinne darf unser Handeln als nachhaltig aufgefasst werden, wenn sich daraus keine sicheren oder wahrscheinlichen Konsequenzen ergeben, welche auf Grund des heutigen Wissensstandes für spätere Generationen inakzeptabel wären bzw. deren Existenz in Frage stellen würden."

Es ist zu differenzieren zwischen der Idee der Nachhaltigkeit im strikten Sinne der Definition und der Beurteilung einzelner menschlicher/gesellschaftlicher Aktivitäten im Lichte dieser Nachhaltigkeit. Einzelne Aktivitäten werden im allgemeinen dem Ziel der Nachhaltigkeit förderlich oder hinderlich sein, dieses aber nicht für sich genommen in Frage stellen. Während also Nachhaltigkeit an sich vor allen anderen Erfordernissen und ohne Wenn und Aber Priorität haben muss, ist bei den einzelnen Handlungen Differenzierung im Sinne der Güterabwägung angezeigt. Von Fall zu Fall können soziale oder ökonomische Erfordernisse kurzfristig über ökologische das Übergewicht erhalten. So ist es verständlich, dass Entwicklungsländer heute kein Verständnis dafür haben, dass die ökologische Priorität höher als die ökonomische angesetzt ist. Sie empfinden es geradezu als zynisch, dass die Industrieländer den Entwicklungsländern den Zugang zu mehr Wachstum mit dem ökologischen Argument erschweren wollen, ohne einen Weg aufzuzeigen, wie sie ihre eigene Gesellschaft mit den Erfordernissen der Nachhaltigkeit in Einklang bringen. Das Hauptproblem ist deshalb nicht, sich auf eine Definition von Nachhaltigkeit zu einigen, sondern dieses Konzept geeignet umzusetzen

### ***Dringliche und langfristige Aufgabe***

Ohne Zweifel muss die weltweite und nationale Energiepolitik auf einen grundlegenden Wandel hinarbeiten. Die Notwendigkeit für einen solchen Wandel lässt sich auf eine einfache Formel bringen: Mit der bisherigen Energiepolitik werden massiv Stoffkreisläufe aufgerissen, und die wichtigsten Energienutzungsformen von heute widersprechen dem Grundsatz der Nachhaltigkeit. Nachhaltigkeit ist aber unabdingbare Voraussetzung für die Erhaltung der Lebensgrundlagen für die Menschen.

Es ist unausweichlich, dass die Industriegesellschaften rasch und konsequent eine nachhaltige Energieversorgung konzipieren und anstreben. Neue Energieplanungsvorhaben müssen konsequent von der Idee der Nachhaltigkeit her entworfen werden. Ohne die Innovation neuer individueller, sozialer und ökonomischer Verhaltensweisen und -strukturen, ohne die Ablösung bestehender durch energieeffiziente Technologien, ohne die Invention von auf Regenerationsfähigkeit basierenden Produktions- und Konsumweisen ist Nachhaltigkeit nicht realisierbar. Nachhaltigkeit ist damit auch ein Problem der Ressourcenverteilung zwischen verschiedenen Generationen. Der notwendige institutionelle Wandel, die erforderlichen Wissens- und Strukturänderungen verlangen schon in der näheren Zukunft enorme Investitionen

Der Aufbau einer nachhaltigen Energieversorgung ist vor allem aus sozialen und ökonomischen Gründen nur im Verlauf von mehreren Jahrzehnten realisierbar. Ein stufenweises Vorgehen ist unumgänglich. Für die Politik ergeben sich zwei Hauptaufgaben: Sie muss klare Signale geben, dass sie nachhaltige Lösungen begünstigt, und sie muss ein Konzept für den schrittweisen Übergang in eine nachhaltige Energieversorgung vorlegen. Um diesen Prozess auch in der Gesellschaft und der Wirtschaft zu beschleunigen, besteht politisch unmittelbarer Handlungsbedarf.

Die Politik muss sich darum mit dem radikalen Gehalt der Idee der Nachhaltigkeit auseinandersetzen. Die von der CASS eingesetzte Arbeitsgruppe plant ihrerseits, die vielfältigen Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge einer nachhaltigen Energieversorgung zu identifizieren und durch ein quantitatives Systemmodell besser zu verstehen. Mit dem Modell sollen verschiedene Szenarien unter dem Anspruch der Nachhaltigkeit getestet werden mit dem Ziel, Handlungsoptionen zu entwickeln.

\*<sup>1</sup> Schweizerische Akademie der Geisteswissenschaften (SAGW); Schweizerische Akademie der Medizinischen Wissenschaften (SAMW); Schweizerische Akademie der Naturwissenschaften (SANW); Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW).

\* Hans Ruh, Institut für Sozialethik der Universität Zürich, ist Professor für systematische Theologie. Andreas D. Zuberbühler ist Professor für anorganische Chemie an der Universität Basel. Die Autoren verfassten den Artikel im Auftrag der Arbeitsgruppe "Nachhaltige Energieversorgung" der CASS.

## Nachhaltige Stromversorgung

*Unter dem Titel "Kurswechsel in der Energiediskussion" haben die Professoren Ruh und Zuberbühler, als Mitglieder einer Arbeitsgruppe der Konferenz der schweizerischen wissenschaftlichen Akademien (CASS) im letzten Jahr (NZZ vom 6.1.99) eine Diskussion zum Thema Nachhaltigkeit und Stromversorgung ausgelöst. In der Zwischenzeit hat die Gruppe, zusammengesetzt aus Mitgliedern\*\* aller vier Akademien (Schweizerische Akademie der Geisteswissenschaften (SAGW), Schweizerische Akademie der medizinischen Wissenschaften (SAMW), Schweizerische Akademie der Naturwissenschaften (SANW), Schweizerische Akademie der technischen Wissenschaften (SATW) und des Bundesamtes für Energie (BFE) dieses komplexe Thema weiter bearbeitet. Das Augenmerk richtete sich dabei vorerst auf die edelste Energieform Strom und konzentrierte sich auf die Schweiz. Eine Gesamtschau ist jedoch gerade auch im Hinblick auf die wieder entflamnte Energie-Diskussion und die ökologische Steuerreform nötig. Nachfolgend werden konkrete Vorschläge zur Konzeption einer nachhaltigen Stromversorgung dargelegt, für welche trotz der unterschiedlichen Blickwinkel (u. a. AKW-Befürworter und -Gegner) ein Konsens gefunden werden konnte.*

### ***Nachhaltigkeit: Theorie oder Praxis***

Ein komplexes Thema, wie das der nachhaltigen Stromversorgung, kann auf zwei Arten angegangen werden: Man kann den Akzent auf die grundsätzliche und theoretische Frage der Nachhaltigkeit legen; man kann aber auch ausgehen von der Frage nach dem politisch und ökonomisch Möglichen. Die Arbeitsgruppe hat bewusst den ersten Weg eingeschlagen. Gerade als der Wissenschaft verpflichtetes Gremium setzt sie sich zunächst mit der Radikalität der theoretischen Fragestellung auseinander.

Diese Radikalität besteht darin, dass heute kein Weg an der Frage nach der Erhaltung qualitativ ausreichender Lebensgrundlagen vorbei führt. Die Erkenntnis verdichtet sich, dass die Menschen durch ihre jetzige Lebensweise ihre Lebensgrundlagen (Trinkwasser, Boden, Klima etc.) für sich selbst gefährden. Dabei spielt die Verbrennung fossiler Brennstoffe eine entscheidende, verhängnisvolle Rolle, weil sich durch die zusätzliche Freisetzung des Verbrennungsproduktes und Treibhausgases Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) das Klima langfristig und für Mensch und Natur in schwerwiegender Weise verändern kann.

### ***Verzicht auf die Verbrennung fossiler Brennstoffe***

Die Erhaltung qualitativ hinreichender Lebensgrundlagen ist nur über nachhaltige Technologie, Wirtschaft und Lebensformen zu erreichen. Bedingungen dieser Nachhaltigkeit sind die Harmonisierung des menschlichen Handelns mit den Kreisläufen der Natur sowie der Schutz der biologischen Diversität. Wollen wir für die zukünftigen Generationen Lebenschancen erhalten, die mit den Chancen heutiger Generationen vergleichbar sind, dann müssen wir eine in diesem Sinne definierte Nachhaltigkeit wollen. Konkret auf das Beispiel der Stromversorgung angewendet heisst dies, dass längerfristig und global - wie dies in der Schweiz praktisch der Fall ist - kein Weg am Verzicht auf fossile Brennstoffe vorbei führt.

### ***AKW nicht durch fossil befeuerte Kraftwerke ersetzen***

Ein Ersatz der Atomkraftwerke durch thermische Kraftwerke, die fossile Brennstoffe verbrennen, wäre deshalb kein Beitrag zur Nachhaltigkeit. Die Kriterien für die Beurteilung der Kernenergie auf ihre Nachhaltigkeit sind allerdings ein Spezialfall. Sie zeigen, dass allen-

falls "Nachhaltigkeit" im engeren Sinne zur Erhaltung der Lebenschancen kommender Generationen nicht das einzige Kriterium sein kann. Uran wäre eigentlich eine Ressource, die man verbrauchen darf, da es anderweitig nicht benötigt wird. Die Eintretenswahrscheinlichkeit eines AKW-Unfalls ist klein, das potentielle Schadensausmass jedoch gross. Wer also die Eintretenswahrscheinlichkeit in den Vordergrund stellt, wird die Nutzung der Kernenergie als tragbar und wegen deren CO<sub>2</sub>-Freiheit als nachhaltig bezeichnen. Wer dagegen die potentielle Strahlengefährdung bei einem Unfall als Massstab nimmt, wird die heutige Kernenergie als nicht nachhaltig einstufen. Auch bei den Abfällen ist die Kernenergie ein Sonderfall: die hochaktiven Abfälle stellen über Jahrtausende eine gesundheitliche und ökologische Gefährdung dar, weshalb für diese Zeiträume sichere Lagerstätten nötig sind.

### ***Ohne fossile Brennstoffe geht's nicht von heute auf morgen***

Ein Verzicht auf fossile Brennstoffe kann aus technischen, ökonomischen und politischen Gründen nicht von heute auf morgen erreicht werden. Unser radikales Nachhaltigkeitskonzept ist grundsätzlich und langfristig angelegt. Es verlangt, dass die Dauerhaftigkeit der Lebensgrundlagen vor allen andern Erfordernissen stehen muss, weil dies die Voraussetzung für unser menschliches Dasein bildet.

Eine Reduktion des Verbrauchs fossiler Brennstoffe drängt sich übrigens auch aus gesundheitlicher Sicht auf: die Verbrennung fossiler Energieträger, insbesondere in Kohlekraftwerken, Dieselmotoren und schlecht gewarteten Heizungen, ist eine der Hauptursachen für die Luftverschmutzung. Dies hat sowohl kurzfristige als auch langfristige gesundheitliche Schäden für die Bevölkerung zur Folge.

## **Massnahmen für eine nachhaltigere Stromversorgung:**

### **1. Effizienzsteigerungen**

In allen Bereichen von der Stromproduktion bis zur Stromnutzung sind Verbesserungen der Effizienz von Geräten und Anlagen zu verwirklichen. Dafür braucht es Hilfsmittel, wie beispielsweise "Energielabel", welche den Kunden Informationen über den Verbrauch der Geräte liefern sowie über die zur Herstellung der Geräte verbrauchte "graue" Energie. Wenn Kunden besser informiert sind, sind sie eher in der Lage, selbst die Verantwortung für eine nachhaltige, effiziente Stromanwendung zu übernehmen und sich beim Kauf auch für die stromeffizienteren Geräte zu entscheiden. Die Lebensqualität bleibt beim Einsatz von Stromsparlampen oder stromverbrauchsarmen Computerbildschirmen trotz geringerem Stromverbrauch erhalten.

Für die Verbraucher machen sich ausserdem effiziente Geräte langfristig bezahlt. Allerdings unterlaufen zu tiefe Energiepreise viele Effizienzanstrengungen.

Nutzt man bei der Verbrennung sowohl die Wärme und produziert auch Strom spricht man von **Wärmeerkopplung (WKK)**. Dezentrale Anlagen könnten als Nebeneffekt zu verstärkter Bewusstseinsbildung führen, womit die Eigenverantwortung gestärkt werden könnte. Allerdings führte eine WKK-Strategie in der Schweiz zu einem höheren CO<sub>2</sub>-Ausstoss. Dieser könnte jedoch durch den Ersatz zusätzlicher fossil befeuerter Heizungen durch Wärmepumpen kompensiert werden. Ausser mit Wärmepumpen ist Strom zu kostbar zur direkten Wär-

meproduktion. Effizienz bedeutet auch, dass für jede Anwendung derjenige Energieträger verwendet wird, der die richtige Qualität besitzt.

Wie die Studie der SATW "CH50% - Eine Schweiz mit halbiertem Verbrauch an fossiler Energie" gezeigt hat, ist das Einsparpotential beim Verkehr und beim Wärmeverbrauch sehr viel höher als beim Strom, wo 60% als Produktionsenergie in Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen benötigt werden.

## **2. Erhalt der Wasserkraft**

Zur Erreichung einer nachhaltigen Stromversorgung muss die zu 100% erneuerbare Wasserkraft mit ihrem Anteil von 60% an der gegenwärtigen Schweizer Stromproduktion erhalten bleiben. Wegen des hohen Ausbaugrades ist ein nachhaltiger Ausbau der Wasserkraft in der Schweiz jedoch nur in Form von Effizienzverbesserungen und Erweiterungen bestehender Wasserkraftwerke möglich.

## **3. Förderung erneuerbarer Energien**

Aus wirtschaftlichen Gründen können neue erneuerbare Energien wie z.B. Photovoltaik, Wind oder Biomasse (ausser Holz) kurzfristig nur geringe Beiträge zur Stromversorgung leisten. Eine vollständig auf neue erneuerbare Energien abgestützte Stromversorgung wäre zwar technisch möglich. Die Frage ist jedoch zu welchem Zeitpunkt dies zu vertretbaren Kosten realisiert werden könnte. Dies hängt einerseits von der Senkung der Produktionskosten andererseits von der Umsetzung neuer Forschungsergebnisse in neue Produkte (z.B. Solardachziegel) ab. Zudem braucht es den politischen Willen, global Rahmenbedingungen zu schaffen, die einen höheren Preis für erneuerbare Energien erlauben.

Deshalb ist es dringend:

- Das Ziel der Stromerzeugung ohne fossile Energieträger in der Schweiz konsequent weiter zu verfolgen und auch global anzustreben.
- Alle energiepolitischen Massnahmen unter Berücksichtigung der neuesten Erkenntnisse der Technik und der Bedürfnisse von Ökonomie und Gesellschaft zunehmend auf Nachhaltigkeit auszurichten.
- So rasch als möglich diejenigen Massnahmen umzusetzen, welche quantitativ und qualitativ den grössten Nutzen bringen

### ***Gesamtschau ist nötig***

Eine nachhaltige Stromversorgung darf nicht isoliert von den andern Energieverbrauchssektoren (Verkehr, Heizung etc.) und nicht nur vom schweizerischen Standpunkt aus betrachtet werden. Eine nachhaltige Stromversorgung der Schweiz muss mindestens europäische Begehrlichkeiten mit berücksichtigen. Unter dem Stichwort "joint implementation" bringen nämlich viele CO<sub>2</sub>-mindernde Massnahmen im Ausland mehr Nachhaltigkeit pro eingesetztem Franken.

### ***Strom-Importe nicht nachhaltig***

Die Schweizer Stromversorgung ist heute mit rund 60% umweltfreundlicher Wasserkraft und 40% Atomenergie nachhaltiger als diejenige der EU. Aus diesem Grunde kann eine nachhaltige Stromversorgung nicht einfach durch billige und weniger nachhaltige Importe sichergestellt werden.

Vielmehr braucht es eine Abstimmung nachhaltiger Massnahmen im Strombereich mit andern Sektoren und andern geographischen Einheiten. Marktkräfte allein können grundsätzlich kaum zu einer nachhaltigen Stromversorgung führen. Marktkräfte agieren kurzfristig und orientieren sich nicht am langfristigen Konzept der Nachhaltigkeit. Dafür braucht es den Willen jedes Einzelnen, weil Nachhaltigkeit mindestens kurz- und mittelfristig einen zu geringen Kostenanreiz auf den Markt ausübt. Die weltweite Strommarktliberalisierung zeigt punkto Effizienzsteigerungen in der Stromproduktion zwar positive Aspekte. Es bleibt aber ein Dilemma, wenn ein tiefer Preis zum wichtigsten Kriterium wird.

"Die Wahrheit ist stets konkret", sagte Dorothea Sölle. Konkret ist auch die ökologische Steuerreform, die am 24. September 2000 zur Abstimmung steht. Die Grundnorm ist kein Blendwerk sondern ein staatsquotenneutraler Schritt in die richtige Richtung, werden doch die fossilen Brennstoffe je nach Anwendung um bis zu 50% verteuert. Das seit dem 1. Mai in Kraft stehende CO<sub>2</sub>-Gesetz ist keine Alternative zur Grundnorm, weil es auf tönernen Füßen steht. Es ist ungewiss, ob das Parlament überhaupt je eine konkrete CO<sub>2</sub>-Abgabe beschliessen wird. Deshalb ist die Grundnorm als Massnahme zur Reduktion der fossilen Brennstoffe nötig. Die Erhaltung unserer zukünftigen Lebensgrundlagen ist Dividende genug. Unsere Kinder und Enkel werden es uns danken. Eine doppelte Dividende, den "Fünfer und das Weggli", gibt es nirgends.

#### **\*\* Mitglieder der Arbeitsgruppe:**

**SAGW**= Schweizerische Akademie der Geisteswissenschaften (Prof. Dr. Hans Ruh), **SAMW**= Schweizerische Akademie der medizinischen Wissenschaften (Prof. Dr. Jan Müller, PD Dr. Nino Künzli), **SANW**= Schweizerische Akademie der Naturwissenschaften (Prof. Dr. Peter Bochsler, Dr. Christoph Ritz, Prof. Dr. Helmut Weissert) **SATW**= Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften (Dr. Irene Aegerter, Dr. Rudolf Brogli, Prof. Dr. Andreas Zuberbühler) **BfE**= Bundesamt für Energiewirtschaft (Dr. Jean Cattin)