

CH50% – Eine Schweiz mit halbiertem Verbrauch an fossilen Energien

30

SATW

SCHWEIZERISCHE AKADEMIE DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN
ACADÉMIE SUISSE DES SCIENCES TECHNIQUES
ACCADEMIA SVIZZERA DELLE SCIENZE TECNICHE
SWISS ACADEMY OF ENGINEERING SCIENCES

Die SATW – wer ist das?

Die Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften SATW wurde 1981 als privatrechtliche Vereinigung ins Leben gerufen. Sie will den technischen Wissenschaften und damit dem Lande dienen.

Als nicht kommerziell orientierte Vereinigung mit ca. 150 Einzelmitgliedern und als politisch unabhängige Dachgesellschaft von ca. 60 Institutionen und Gesellschaften bildet sie einen Zusammenschluss aller technischen Richtungen der Schweiz. Sie ist die jüngste der vier nationalen Akademien.

Über ihre Mitglieder – die Einzelmitglieder und ihre korrespondierenden Mitglieder und die Fachvereinigungen in aller Welt – bildet sie ein Forum für Kontakte zwischen den verschiedensten technisch-wissenschaftlichen Gebieten und ist deshalb hervorragend geeignet für die Durchführung multidisziplinärer Aktivitäten im Bereich der technischen Wissenschaften. Aktive Forscher und Ingenieure aller Berufsrichtungen, der Industrie, der Schulen und der Forschungsanstalten tragen bei zur umfassenden Behandlung anstehender Fragen.

Das Bundesgesetz über die Forschung anerkennt die SATW formell als eine der nationalen Institutionen der Forschungsförderung. Es spricht ihr wichtige Aufgaben in den Bereichen Kommunikation, Austausch und Koordination auf nationaler wie internationaler Ebene zu. Die SATW beteiligt sich aktiv an der Erarbeitung der schweizerischen Wissenschaftspolitik.

L'ASST/SATW se présente

L'Académie suisse des sciences techniques est une association de droit privé fondée en 1981. Elle est au service des sciences techniques dans l'intérêt général du pays.

En sa qualité d'institution politiquement neutre et sans but lucratif, la plus jeune de nos quatre académies nationales regroupe actuellement – outre ses quelque 150 membres individuels – environ 60 institutions et sociétés réunissant toutes les disciplines techniques représentées en Suisse.

Les membres individuels, les membres correspondants dans le monde entier et les diverses associations professionnelles affiliées font de la SATW un carrefour d'échanges privilégié et un creuset d'activités interdisciplinaires dans le domaine des sciences techniques: issus d'horizons couvrant aussi bien l'industrie que l'enseignement ou la recherche, les scientifiques et ingénieurs qui l'animent contribuent ainsi à une réflexion globale sur les problèmes de notre temps.

Le statut d'organisme national d'encouragement à la recherche, formellement attribué à la SATW dans la Loi fédérale sur la recherche, lui confère un rôle clef en matière de communication, d'échanges et de coordination au niveau tant national qu'international. En Suisse, la SATW participe en outre activement à la définition des objectifs politiques concernant la science.

Vorwort

Die Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften untersucht Möglichkeiten und Konsequenzen eines um 50% verringerten Verbrauchs an fossilen Energieträgern in der Schweiz in einem Zeitrahmen von 20–40 Jahren.

Fossile Energieträger, insbesondere Erdöl und Erdgas, sind der Hauptmotor der entwickelten Volkswirtschaften. Eine Abkehr von der gegebenen Basis erfordert Zeit und bedeutet zudem eine beachtliche Herausforderung an Wissenschaft, Technik und Wirtschaft. Andererseits sind fossile Energieträger beschränkte Ressourcen und ihre Verbrennung belastet die Biosphäre in zunehmendem Masse. Unser Umgang damit widerspricht also in doppelter Hinsicht den Anforderungen der Nachhaltigkeit. Ein weitgehender oder vollständiger Ersatz durch andere Energiequellen wird in wenigen Generationen unausweichlich sein, sei es wegen des Wertes der fossilen Energieträger als Rohstoffe für die Petrochemie, sei es aus Gründen des Umweltschutzes.

Entscheidende Verbesserungen sind möglich ohne eine messbare Schmälerung unserer Lebensqualität. Im Gegenteil, in Bereichen wie der Wohnungsheizung und der Verwendung verbrauchsarmer Fahrzeuge gehen Effizienzsteigerung und Wohlbefinden Hand in Hand, mehr Lebensqualität mit weniger Energie. Die als Vorgabe postulierte Halbierung des Verbrauchs an fossilen Brennstoffen lässt sich in den verschiedenen Wirtschaftssektoren unterschiedlich rasch, unterschiedlich einfach und mit unterschiedlichen Mitteln erreichen. In allen Bereichen erforderlich sind der entsprechende politische Wille und das Vorhandensein geeigneter Rahmenbedingungen.

Willi Roos
Präsident der SATW

Andreas Zuberbühler
Präsident der Kommission Energie

Avant-propos

L'Académie suisse des sciences techniques étudie la possibilité de réduire de 50% la consommation d'agents énergétiques fossiles en Suisse durant ces 20 à 40 prochaines années. Elle étudie également les conséquences des solutions envisageables.

Les agents énergétiques fossiles, en particulier le pétrole et le gaz naturel, sont le principal moteur des économies industrialisées. Ces sources d'énergie ne peuvent être remplacées du jour au lendemain, et leur abandon constitue un réel défi autant pour la science et la technique que l'économie. Mais les agents énergétiques fossiles sont des ressources limitées et leur combustion entraîne une pollution croissante de la biosphère. Leur utilisation contrevient donc doublement aux principes du développement durable. Dans quelques générations à peine, on verra de nouvelles sources d'énergie remplacer en grande partie, sinon totalement, les agents énergétiques fossiles, soit à cause de leur valeur essentielle pour la pétrochimie, soit à cause de la protection de l'environnement.

Il est possible d'améliorer considérablement la situation sans pour autant réduire de manière mesurable notre qualité de vie. Au contraire, l'amélioration de la rentabilité énergétique contribue au bien-être dans des domaines tels que le chauffage domestique ou les véhicules propres. Une meilleure qualité de vie pour moins d'énergie, tel est notre credo. Réduire de moitié la consommation d'énergies fossiles est un objectif qui, selon les secteurs économiques, prendra plus ou moins de temps, sera plus ou moins aisé et nécessitera des moyens différents. Mais dans tous les cas, il n'est réalisable que si la volonté politique et le cadre général nécessaire sont donnés.

Willi Roos
Président de la SATW

Andreas Zuberbühler
Président de la Commission Energie

Mitglieder der Kommission Energie

Aegerter Irene, Dr., Vize-Direktorin Verband Schweiz. Elektrizitätswerke, Zürich
Brogli Rudolf, Dr., Paul Scherrer Institut, Villigen
Darms Roland, Dr., Novartis, Basel
Dupont Jean-François, Dr ès sc. techn., L'Energie Ouest Suisse, Lausanne
Fornallaz Pierre, Prof., ehem. Präs. vom Öko-Zentrum Langenbruck, Basel
Hohmeyer Olav, Prof. Dr., Glücksburg
Jucker Hans K., Dr., ehem. Präsident des Verwaltungsrates Alusuisse-Lonza Holding AG, Zürich
Keller Bruno, Prof. Dr., Prof. für Bauphysik ETH Zürich, Zürich
Kriesi Ruedi, Dr. sc. techn., Leiter Abteilung Energie, Amt für Abwasser, Wasser, Energie und Luft, Zürich
Real Markus, Alpha Real AG, Zürich
Roulet Michel, Dr., Head of Aerospace Programme, Centre Suisse d'Electronique et de Micro-technique SA, Neuchâtel
Schuesser Walter, ehem. Redaktor NZZ, Beride
Schucan Thomas H., Dr., Leiter Sektion Energiespeicherung, PD Uni Basel, Paul Scherrer Institut, Villigen
Suter Peter, Prof. Dr., ehem. Prof. für Energiesysteme, Thal
Togni Giuseppina, eTeam GmbH, Zürich
Zuberbühler Andreas, Prof. Dr., Prof. für anorganische Chemie Universität Basel

Bildung einer Arbeitsgruppe

Für das Abfassen der vorliegenden Studie bildete die Energiekommission der SATW eine Arbeitsgruppe mit folgender Zusammensetzung:

Vorsitz: Dr. Hans Jucker (Bis 1997 VR-Präsident der Alusuisse-Lonza Holding AG und Präsident der Gesellschaft zur Förderung der schweizerischen Wirtschaft)
Dr. Irene Aegerter (Vizedirektorin des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke VSE)
Dr. Rudolf Brogli (Paul Scherrer Institut, Villigen)
Pierre Fornallaz (Prof. em. für Feintechnik der ETH Zürich)
Dr. Bruno Keller (Professor für Bauphysik ETH Zürich)
Walter Schuesser (ehem. Redaktor der NZZ)
Dr. Peter Suter (Prof. em. für Energiesysteme der ETH Zürich)

Als Verfasser haben ferner mitgewirkt:

Dr. Stefan Hirschberg und Urs Gantner (Paul Scherrer Institut, Villigen) beim Kapitel «Erneuerbare Energien»
Dr. Lorenz Raymann und Andreas Bieniok (Ernst Basler & Partner AG, Zollikon ZH) beim Kapitel «Verkehr»
Dr. Eduard Thalmann (VR-Präsident der Alusuisse-Lonza Energie AG) bei den Kapiteln «Industrie» und «Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistungen» sowie im Redaktionsausschuss

Impressum

Umschlagentwurf: inform, Zürich
Auflage: 1200
Vertrieb: SATW, Postfach, 8023 Zürich
Copyright, 1999. Auszugsweiser Nachdruck mit Quellenangaben gestattet
ISBN 3-908235-01-4 (SATW Zürich)

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Abstract	7
2. Einleitung	8
3. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	12
4. Privathaushalte	28
5. Industrie	33
6. Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistungen	38
7. Verkehr	43
8. Erneuerbare Energiequellen	53
9. Quellen und weiterführende Literatur	61
10. Tabelle der Energieeinheiten und Abkürzungen	65 / 66

Sommaire

	Page
1. Condensé	7
2. Introduction	9
3. Résumé et conclusions	13

1. Abstract / Condensé

Eine Arbeitsgruppe der Energiekommission der Schweizerischen Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW) hat untersucht, ob und bis wann es möglich ist, in der Schweiz den Verbrauch an fossilen Energieträgern gegenüber 1990 um 50% zu senken. Die Arbeitsgruppe kam zum Schluss, dass bis zum Jahre 2020 eine Reduktion um gut 40% primär durch Effizienzverbesserungen möglich ist. Dabei ist das Substitutionspotential durch erneuerbare Energien berücksichtigt. Eine Halbierung ist im Verlaufe des 2. Quartals des 21. Jahrhunderts erreichbar, wobei vorausgesetzt wird, dass die heute bekannten Technologien tatsächlich genutzt werden und die Energie verteuert wird. Dabei werden für Wirtschaft und Gesellschaft keine unzumutbaren Auswirkungen erwartet.

Un groupe de travail de la Commission d'Énergie de l'Académie Suisse des Sciences Techniques a examiné si – et jusqu'à quand – il était possible de diminuer, en Suisse, la consommation de l'énergie fossile de 50% par rapport à 1990. Le groupe de travail est parvenu à la conclusion qu'une réduction d'en tout cas 40% était possible, principalement par l'amélioration de la rentabilité énergétique, et cela jusqu'en l'an 2020. Ceci tient compte des potentialités de substitution par des énergies renouvelables. Une diminution de moitié peut être atteinte pour le deuxième quart du 21e siècle, pour autant que les techniques connues à ce jour soient réellement utilisées et que l'énergie subisse une augmentation de prix. Cette nouvelle situation ne devrait pas entraîner d'effets intolérables ni pour l'économie ni pour la société.

A working group of the Swiss Academy of Engineering Sciences has made a study on the subject of if and when it would be possible to reduce the consumption of fossil energy in Switzerland by 50% compared to 1990. The working group came to the conclusion that a reduction of well over 40% would be feasible by the year 2020, principally due to an improvement in efficiency. This takes into account the substitution potential by renewable energy alternatives. A reduction by 50% will be possible in the second quarter of the 21st century under the condition that both today's known technologies are indeed exploited and that energy prices are increased. For Switzerland's economy and society no unacceptable impacts will thereby result.

2. Einleitung

50 Prozent weniger – wie und bis wann?

Negative und positive Auswirkungen

Ausgangspunkt für die Studie ist die Annahme, dass das Potential zur effizienteren Energienutzung gross genug ist, um in den verschiedenen Anwendungsbereichen innerhalb einiger Jahrzehnte den Verbrauch fossiler Energien gegenüber 1990 auf die Hälfte zu senken – ohne dass wesentliche Konsumverzichte nötig werden oder für die Wirtschaft bei Gewährung ausreichender Übergangsfristen zwangsläufig unzumutbare Schwierigkeiten entstehen. Vielmehr werden auch positive Auswirkungen erwartet, für die Umwelt, für die Lebensqualität und für die Wirtschaft.

Abklärungen in vier Sektoren

Um diese Vorgabe auf ihre Stichhaltigkeit hin zu überprüfen, hat die SATW-Energiekommission für die vier Sektoren «Privathaushalte», «Industrie», «Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistungen» und «Verkehr» untersucht, was die konsequente Anwendung effizienter Transformations- und Anwendungstechnologien zu bewirken vermag. Konkret geht es um die Frage, bis wann die künftige Nachfrage nach Energiedienstleistungen mit einem gegenüber 1990 halbierten Einsatz von fossilen Energieträgern (Erdöl, Erdgas und Kohle) gedeckt werden kann. Zu berücksichtigen war dabei auch, inwieweit eine wachsende Nachfrage nach Energiedienstleistungen die vorwiegend technologisch erzielbare Senkung des spezifischen Energieverbrauchs (pro Gebäude, Industrie oder Fahrzeug) wieder zunichte zu machen droht.

Substitutionspotential der erneuerbaren Energien

Zur angestrebten Reduktion kann auch der vermehrte Einsatz erneuerbarer Energien beitragen. Deshalb werden deren Potentiale in einem eigenen Kapitel erörtert und quantifiziert. Die Energie, die sich aus der vermehrten Nutzung von Holz und Wasserkraft sowie «neuer» erneuerbarer Energien (v.a. Sonne, Wind, Biomasse, Umgebungs- und Erdwärme) zusätzlich gewinnen liesse, kann man allerdings nicht vollumfänglich zu den bereichsspezifischen Reduktionspotentialen addieren, da sie darin teilweise bereits berücksichtigt ist. Es wird indessen die Möglichkeit geboten, die Substitutionstechnologien in bezug auf ihre Realisierungsmöglichkeiten und Konkurrenzfähigkeit zu vergleichen.

Stufe Endenergie als Referenzbasis

Die Zahlenangaben beziehen sich auf Petajoules (PJ) auf der Stufe Endenergie, ausser im Kapitel 8 über die erneuerbaren Energien; dort wird in Übereinstimmung mit Publikationen von «Energie 2000» die Gigawattstunde (GWh) als Masseinheit und in bezug auf die Wärmeproduktion die Nutzenergiestufe als Referenzbasis gewählt.

Gleich bleibender Beitrag der Kernenergie

In bezug auf die Kernenergie wird davon ausgegangen, dass innerhalb der betrachteten Zeithorizonte weiterhin mit einem Beitrag der schweizerischen Atomkraftwerke im bisherigen Umfang gerechnet werden kann. Es wird also weder ein Ausbau der Kernenergie noch ein Ausstieg in Betracht gezogen. Ein teilweiser oder vollständiger Ausstieg aus der Kernenergie bzw. deren Aufstockung würde das Erreichen des Reduktionsziels erschweren oder erleichtern.

Gleichbehandlung der fossilen Energieträger

Nicht berücksichtigt wird die unterschiedliche Umweltbelastung durch die verschiedenen fossilen Energieträger. Pro PJ Endenergie erzeugt Erdgas ein Viertel weniger CO₂ als Heizöl EL.

2. Introduction

50% de moins: comment et dans quels délais?

Effets négatifs et effets positifs

La présente étude part de l'hypothèse que le potentiel d'amélioration de la rentabilité énergétique est suffisant pour diminuer de moitié la consommation d'énergie fossile par rapport à 1990, et ce, sans que le consommateur doive renoncer à d'importants acquis et sans que l'économie soit confrontée à des difficultés insurmontables dans la mesure où des délais suffisants lui sont impartis. On en attend même des effets positifs, tant pour l'environnement et la qualité de vie que pour l'économie.

Etude de quatre secteurs

Afin de démontrer que cette hypothèse est probante, la Commission «Energie» de l'Académie suisse des sciences techniques (Schweiz. Akademie der Technischen Wissenschaften, SATW) a étudié les effets de l'amélioration systématique de la rentabilité énergétique des procédés intervenant dans les quatre secteurs suivants: «ménages», «industrie», «artisanat, agriculture, services» et «transports». Concrètement, il s'agit de savoir jusqu'à quand la demande d'énergie pourra être satisfaite si on diminue de moitié la consommation d'énergies fossiles (pétrole, gaz naturel et charbon) par rapport à 1990. Il s'agit aussi de savoir dans quelle mesure une demande croissante en énergie risque de réduire à néant les efforts principalement technologiques visant à diminuer de moitié la consommation spécifique d'énergie (par bâtiment, par véhicule ou par machine).

Energies renouvelables: potentiel de substitution

Les énergies renouvelables sont appelées à jouer un rôle croissant du point de vue de la réduction des énergies fossiles. Il est donc logique de s'intéresser à leur potentiel de substitution, dont l'analyse quantitative fait l'objet d'un chapitre à part. Le recours accru au bois et à la force hydraulique ainsi qu'aux «nouvelles» sources d'énergie renouvelables (c'est-à-dire avant tout l'énergie solaire, la force éolienne, le biogaz, la chaleur environnementale et la géothermie) correspond à un gain énergétique qui ne peut toutefois être entièrement ajouté aux potentiels de réduction sectoriels, parce qu'il est déjà partiellement pris en compte dans leur calcul.

Base de calcul: consommation d'énergie finale

Les données sont exprimées en pétajoules (PJ) et se rapportent à la consommation d'énergie finale. Le chapitre 8, qui concerne les énergies renouvelables, fait exception. Par analogie aux publications du programme «Energie 2000», l'unité utilisée dans ce chapitre est le gigawatt-heure (GWh) et la base de référence est la consommation d'énergie utile pour la production de chaleur.

Energie nucléaire: statu quo

En ce qui concerne l'énergie nucléaire, nous partons du principe que l'apport des centrales nucléaires suisses ne varie pas ces prochaines décennies. L'étude n'envisage aucun développement ni abandon de l'énergie nucléaire. Un abandon partiel ou total rendrait l'objectif CH 50% plus difficile à atteindre. Inversement, le développement de l'énergie nucléaire en faciliterait la réalisation.

Energies fossiles: traitées sur pied d'égalité

L'étude ne tient pas compte des différences d'impact sur l'environnement. Par PJ d'énergie finale, le gaz naturel génère 25% de moins de CO₂ que l'huile de chauffage extra-légère HEL.

Aufbau des Berichtes

Die Sachkapitel 4–7 sind nach folgendem Muster strukturiert:

1. Bisherige Entwicklung, Situation im Basisjahr 1990.
2. Effizienzsteigerungspotential durch Verwendung besserer Technologie und Möglichkeiten intelligenteren Verhaltens.
3. Hindernisse und Massnahmen zu deren Überwindung.
4. Fazit mit Angaben, bis wann die anvisierte Halbierung des Verbrauchs fossiler Energien möglich erscheint.

Sachkompetenz vor allem im technologischen Bereich

Die Verfasser und mit ihnen die SATW sehen ihre Sachkompetenz vor allem in der Darstellung und Beurteilung der technologischen Möglichkeiten. Die Äusserungen über die Auswirkungen auf die Wirtschaft, die Partizipation der Öffentlichkeit und die Massnahmen auf politischer Ebene sind eher allgemein gehalten. Zur Klärung der Frage, in welchem Ausmass die Energie verteuert werden müsste, um die Reduktions- und Substitutionspotentiale auszuschöpfen, wären weitere Untersuchungen erforderlich.

Orientierungshilfe für ein breites Zielpublikum

Gefragt sind in dieser Studie nicht exakt quantifizierte Ergebnisse aus oft mit beträchtlichen Unsicherheitsrisiken behafteten Modellrechnungen. Vielmehr ging es um die approximative Ermittlung «optimistisch-realistischer» Potentiale. Damit wird gezeigt, wo es sich lohnt, den Hebel anzusetzen, um technisch und organisatorisch Mögliches zu wirtschaftlich tragbaren Bedingungen zu verwirklichen. Die Studie ist gedacht als Orientierungsplattform zu Händen der Politik. Adressaten sind Parlamente und Exekutiven, Regierungen, Parteien und Verbände, Forschungsstätten und Wirtschaftsunternehmen – und nicht zuletzt interessierte Bürgerinnen und Bürger. Allgemeinverständlichkeit war deshalb ein wichtiges Anliegen der Verfasser.

Das Engagement der SATW

Mit der Publikation dieser Studie will die SATW allen umweltpolitisch verantwortungsbewussten über den politischen Alltag hinausblickenden Kräften die Energiesparproblematik unter einem neuen Aspekt darlegen und damit auch eine Argumentationshilfe liefern. Sie appelliert an ihre eigenen Mitgliedsgesellschaften, an die Politiker, an die Wirtschaft und schliesslich an alle Bürgerinnen und Bürger, sich dafür einzusetzen, dass im Umgang mit den fossilen Energien der erforderliche Wandel Wirklichkeit wird und dabei namentlich die Möglichkeiten fortschrittlicher Technologie ausgeschöpft werden.

Structure des chapitres

Les chapitres 4 à 7 s'articulent en quatre points:

1. Evolution antérieure, situation en 1990 (année de référence).
2. Amélioration potentielle de la rentabilité énergétique grâce aux nouvelles technologies et aux comportements plus intelligents.
3. Obstacles et mesures permettant d'y remédier.
4. Conclusion, évaluation du temps nécessaire pour parvenir à réduire de moitié la consommation d'énergie fossile.

Compétence technologique

Les auteurs et, avec eux, la SATW voient leur compétence essentielle dans la présentation et l'évaluation des possibilités technologiques. Les considérations relatives aux effets économiques, à la coopération du public et aux mesures politiques sont formulées en termes plutôt généraux. De plus, il faudrait des études supplémentaires pour répondre à la question de savoir dans quelle mesure l'énergie devrait être renchérie pour que tous les potentiels de réduction et de substitution soient exploités.

Aide à la réflexion pour un large public

Les chiffres de la présente étude ne prétendent pas être exacts; ils sont d'ailleurs calculés à l'aide de modèles souvent entachés d'incertitudes considérables. Cette étude entend bien davantage établir une évaluation optimiste, mais réaliste des potentiels. Son but est de montrer où il faut agir pour que les améliorations techniques et organisationnelles soient économiquement tolérables. C'est une aide à la réflexion non seulement pour les organes législatifs et exécutifs, les gouvernements, les partis, les associations, les organes de recherche et les entreprises, mais aussi – et surtout – pour les citoyennes et citoyens intéressés. Les auteurs ont donc accordé beaucoup d'importance à la clarté rédactionnelle de cette étude.

Appel de la SATW

En publiant cette étude, la SATW entend présenter la question des économies d'énergie sous un jour nouveau et mettre ainsi un argumentaire à disposition de toutes les forces politiques qui, conscientes de leur responsabilité en matière d'environnement, regardent par-delà la politique quotidienne. Elle en appelle à ses propres membres, aux politiciens, aux milieux économiques et, enfin, à tous les citoyens et citoyennes pour qu'il y ait un réel changement d'attitude vis-à-vis des énergies fossiles et que toutes les possibilités offertes par la technologie d'avant-garde soient mises à profit dans ce but.

3. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

3.1. Bisherige Entwicklung

Der Verbrauch an Endenergie hat in der Schweiz von 1950 bis 1990 von 173 PJ¹ auf 813 PJ zugenommen. Das grösste Wachstum war beim Sektor Verkehr zu verzeichnen, wo der Verbrauch um den Faktor 13 zugenommen hat. In den neunziger Jahren war der Energieverbrauch auf hohem Niveau mehr oder weniger konstant.

Drei Viertel fossile Energieträger

In der Schweiz werden rund drei Viertel des Energieverbrauchs durch fossile Energieträger gedeckt. Es ist empfehlenswert, darüber nachzudenken, wie deren Anteil reduziert werden kann, da die Vorkommen dieser Energieträger (Erdöl, Erdgas und Kohle) endlich sind und beim Verbrennen Kohlendioxid entsteht, das mit zunehmender Konzentration in der Erdatmosphäre mit grosser Wahrscheinlichkeit negative Auswirkungen auf das Klima hat.

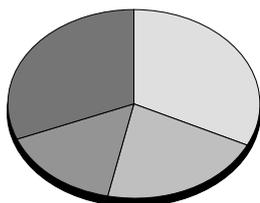
Der Energieverbrauch wird in der gesamtschweizerischen Energiestatistik des Bundesamtes für Energie (BFE) für die vier Sektoren «Privathaushalte», «Industrie», «Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistungen» und «Verkehr», ausgewiesen.

Basisjahr 1990

Das Zahlenmaterial wurde aus einer Vielzahl von Statistiken und Studien zusammengetragen. Für das Basisjahr 1990, das gewählt wurde, weil es am besten dokumentiert ist, wurden die Daten dem Synthesebericht «Energieperspektiven der Szenarien I–III 1990–2030» vom November 1996 entnommen. Dieser Bericht wurde durch die Prognos AG, Basel, im Auftrag des Bundesamtes für Energie ausgearbeitet.

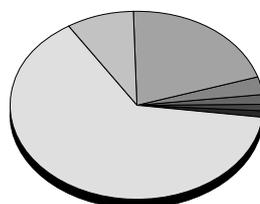
Vier Sektoren

Die im Jahre 1990 verbrauchte Energie von 813 PJ war auf die vier Sektoren wie folgt verteilt:



Privathaushalte	263 PJ bzw. 32.3%
Industrie	173 PJ bzw. 21.3%
Gewerbe, Landw., Dienstleistungen	126 PJ bzw. 15.5%
Verkehr	251 PJ bzw. 30.9%

Nach Energieträgern war die Aufteilung wie folgt:



Erdölprodukte	521 PJ bzw. 64.0%
Erdgas	70 PJ bzw. 8.6%
Elektrizität	167 PJ bzw. 20.6%
Holz	24 PJ bzw. 3.0%
Kohle	15 PJ bzw. 1.8%
Fernwärme	9 PJ bzw. 1.1%
Sonstige inkl. Abfälle	7 PJ bzw. 0.9%

Von den 813 PJ entfallen 133 PJ oder 16% auf erneuerbare Energieträger (60% der Elektrizität, 100% des Holzes, 50% der Fernwärme und 50% der sonstigen). Der Anteil der fossilen Energien am Endenergieverbrauch beträgt 606 PJ, jener der nuklear erzeugten Elektrizität 74 PJ.

¹ Eine Zusammenstellung der verwendeten Energie- und Leistungseinheiten findet sich auf Seite 65.

3. Résumé et conclusions

3.1. Evolution antérieure à 1990

Entre 1950 et 1990, la consommation suisse d'énergie finale a augmenté de 173 PJ¹ à 813 PJ. La plus forte croissance a été enregistrée par le secteur des transports, dont la consommation d'énergie a été multipliée par 13. Durant les années nonante, la consommation d'énergie s'est plus ou moins stabilisée à un niveau élevé.

Energies fossiles: trois quarts de la consommation

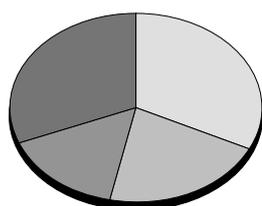
Les énergies fossiles couvrent près des trois quarts de la consommation suisse d'énergie. Il vaut la peine de réfléchir à la manière dont cette proportion peut être diminuée. D'une part, les réserves de pétrole, de gaz naturel et de charbon sont limitées. D'autre part, le dioxyde de carbone libéré lors de la combustion de ces agents énergétiques s'accumule dans l'atmosphère terrestre. Or, il est hautement probable que ce phénomène ait des répercussions négatives sur l'équilibre climatique.

Année de référence: 1990

Les données concernant la consommation suisse d'énergie proviennent de la Statistique globale suisse de l'énergie, établie par l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) pour les quatre secteurs «ménages», «industrie», «artisanat, agriculture, services» et «transports».

Les données brutes proviennent de nombreuses statistiques et études. L'année 1990 étant la mieux documentée, elle sert de référence. Les données qui s'y rapportent ont été reprises du rapport de synthèse «Energieperspektiven der Szenarien I-III, 1990-2030» (non traduit), rédigé en novembre 1996 par Prognos SA, Bâle, sur mandat de l'Office fédéral de l'énergie.

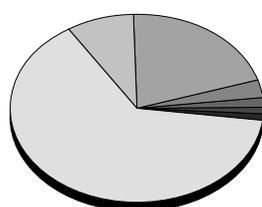
Quatre secteurs



■ Ménages
 ■ Industrie
 ■ Artisanat, agriculture, services
 ■ Transports

L'énergie consommée en 1990 a atteint 813 PJ. En voici la ventilation par secteur:

Ménages	263 PJ	32,3%
Industrie	173 PJ	21,3%
Artisanat, agriculture, services	126 PJ	15,5%
Transports	251 PJ	30,9%



■ Produits pétroliers
 ■ Gaz naturel
 ■ Electricité
 ■ Bois
 ■ Charbon
 ■ Chaleur à distance
 ■ Divers, y compris déchets

La ventilation par agent énergétique est la suivante:

Produits pétroliers	521 PJ	64,0%
Gaz naturel	70 PJ	8,6%
Electricité	167 PJ	20,6%
Bois	24 PJ	3,0%
Charbon	15 PJ	1,8%
Chaleur à distance	9 PJ	1,1%
Divers, y compris déchets	7 PJ	0,9%

Sur les 813 PJ, la part des énergies renouvelables (60% de l'électricité, 100% du bois, 50% de la chaleur à distance et 50% de diverses sources) est de 133 PJ (soit 16%). La part des énergies fossiles est de 606 PJ, tandis que l'électricité d'origine nucléaire y a contribué pour 74 PJ.

¹ La liste des unités d'énergie et de puissance figure en page 65.

3.2. Reduktionsmöglichkeiten in den vier Sektoren

Privathaushalte

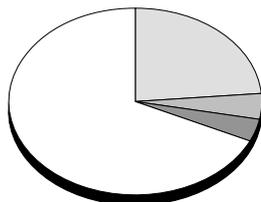
Mit 263 PJ oder 32% des Gesamtverbrauchs war der Sektor Privathaushalte im Jahre 1990 der bedeutendste Energieverbraucher. Davon entfielen 189 PJ (72%) auf fossile Energieträger.

Der Bedarf von 263 PJ wurde durch folgende drei Anwendungsgebiete verursacht:

- Raumwärme 195 PJ bzw. 74.1%
- Warmwasser 36 PJ bzw. 13.7%
- Geräte und Anlagen 32 PJ bzw. 12.2%

Der bedeutendste Verbraucher

Drei Viertel für Raumwärme



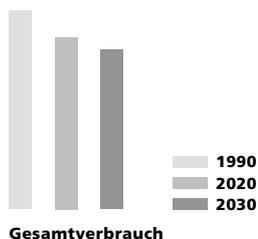
Raumwärme
 Warmwasser
 Geräte und Anlagen

Breites Spektrum möglicher Massnahmen

Zur Reduktion des Verbrauchs fossiler Energien sind folgende Massnahmen denkbar:

- Bessere Gebäudehüllen
- Kontrollierte Lüftung mit Wärmerückgewinnung
- Verbesserte Heizanlagen
- Fernwärme aus Kehrrechtverbrennungsanlagen
- Wärmepumpen für Niedertemperaturheizungen
- Blockheizkraftwerke
- Neue Holzfeuerungen
- Sonnenkollektoren
- Energieeffiziente Geräte und Installationen

Ziel in 30–40 Jahren erreichbar



Gesamtverbrauch



Fossile Energien

Wegen der langsamen Erneuerung der Bausubstanz und der Heizanlagen verläuft die Verringerung des Energieverbrauchs träger als in anderen Sektoren. Bei gleichzeitiger Zunahme der beheizten Wohnfläche um etwa 20% ist mit den aufgeführten Massnahmen (ohne Verteuerung) eine Verringerung des Gesamtverbrauchs von 263 PJ im Jahre 1990 auf 227 PJ im Jahre 2020 und auf 211 PJ im Jahre 2030 möglich. Bei adäquater Erhöhung der Energiepreise könnte der Wert von 211 PJ bereits um 2020 erzielt werden.

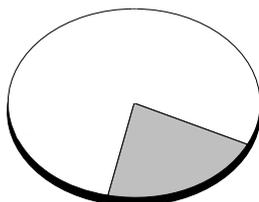
In bezug auf die fossilen Energien ergeben Modellrechnungen für das Jahr 2020 einen Wert von 149 PJ ohne Massnahmen zur Verteuerung. Bis 2030 erscheint eine Verringerung des Verbrauchs um etwa ein Drittel von 189 PJ im Jahre 1990 auf 134 PJ möglich. Eine Verringerung auf 90 PJ, d.h. die erstrebte Halbierung des Verbrauchs an fossilen Energien, ist erreichbar, unter der Voraussetzung, dass die Energiepreise markant erhöht und die Vorteile der effizienten Energieanwendung systematisch und gezielt kommuniziert werden.

Industrie

Im Sektor Industrie waren im Jahr 1990 rund 1.2 Mio. Personen beschäftigt. Der totale Energieverbrauch betrug 173 PJ oder 148 GJ pro Beschäftigter bzw. 26 GJ pro Einwohner.

Obwohl die Industrie seit dem ersten Erdölschock in den 70er Jahren die Energieeffizienz wesentlich gesteigert hat, sind weitere Verbesserungen möglich.

Reduktion um fast 20% bis 2020 möglich



3.2. Réduction possible dans les quatre secteurs

Ménages

En 1990, les ménages ont été le secteur le plus gourmand en énergie. La part des ménages se monte à 263 PJ, soit 32% de la consommation totale. 189 PJ (soit 72%) proviennent d'énergies fossiles.

La consommation de 263 PJ se répartit entre trois domaines d'application:

• chauffage	195 PJ	74,1%
• eau chaude	36 PJ	13,7%
• appareils et installations	32 PJ	12,2%

Les mesures envisageables pour la réduction de la consommation des énergies fossiles sont les suivantes:

- amélioration de l'enveloppe des bâtiments
- contrôle de la ventilation et récupération de chaleur
- amélioration des chauffages
- chauffage à distance à partir des usines d'incinération
- pompes à chaleur pour les chauffages à basse température
- centrales de cogénération
- nouvelles chaudières à bois
- collecteurs solaires
- meilleure rentabilité énergétique des appareils et installations

La diminution de la consommation d'énergie est moins rapide que dans les autres secteurs du fait que le bâti et les chauffages se renouvellent lentement. Tout en tenant compte d'une augmentation d'environ 20% de la surface habitable chauffée, les mesures énumérées ci-dessus doivent permettre de réduire la consommation de 263 PJ en l'an 1990 à 227 PJ en 2020 et à 211 PJ en 2030. Un relèvement adéquat des prix de l'énergie permettrait d'atteindre cet objectif en 2020 déjà.

En ce qui concerne la part des énergies fossiles, elle est estimée à 149 PJ en 2020 si aucune mesure de renchérissement n'est prise. Il semble possible de réduire la consommation d'un tiers, soit passer de 189 PJ en 1990 à 134 PJ en 2030. Une réduction à 90 PJ est envisageable à la condition que les prix de l'énergie soient fortement augmentés et que les avantages de la rentabilité énergétique soient communiqués de manière systématique et ciblée.

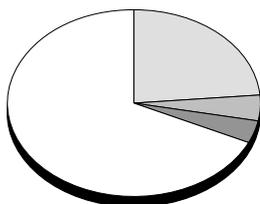
Industrie

En 1990, le secteur industriel a occupé environ 1,2 million de personnes. La consommation totale d'énergie a atteint 173 PJ, soit 148 GJ par employé ou encore 26 GJ par habitant.

L'industrie a certes amélioré sa rentabilité énergétique depuis le premier choc pétrolier, mais elle peut encore faire des progrès.

Le plus grand consommateur d'énergie

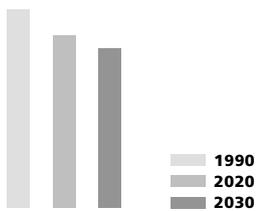
Chauffage des locaux: trois quart de la consommation



■ chauffage
■ eau chaude
■ appareils et installations

Mesures possibles: large éventail

Objectif possible d'ici 30 ou 40 ans

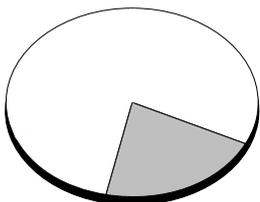


Consommation totale



Energies fossiles

Réduction de près de 20% d'ici en 2020





Die Einsparmöglichkeiten können in folgende drei Gruppen unterteilt werden:

- Technologische Verbesserungen
- Verbesserte Wärmedämmung und Haustechnik
- Strukturelle Änderungen

Bis zum Jahre 2020 kann der Energieverbrauch trotz Zunahme der Wertschöpfung um 60% von rund 173 PJ im Jahre 1990 auf ca. 140 PJ reduziert werden, was einer Reduktion um fast 20% entspricht. Vom Reduktionspotential von 33 PJ entfallen 31 PJ auf die fossilen Energien.

Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistungen

Im Jahre 1990 verbrauchten in diesem Sektor rund 2.3 Mio. Beschäftigte 126 PJ Energie, wobei der Anteil der Landwirtschaft mit 11.9 PJ knapp 10% betrug.



Auch bei zunehmender Automatisierung und Informatisierung sind im Sektor Dienstleistungen Einsparmöglichkeiten vorhanden, nämlich durch:

- Konsequente Umsetzung der neusten Erkenntnisse des Energiesparens
- Optimale Wärmedämmung und Haustechnik bei den Dienstleistungsgebäuden
- Reduktion des spezifischen Energieverbrauchs bei den Geräten
- Dämpfung der wachsenden Nachfrage nach energieintensiven Dienstleistungen, namentlich in den Bereichen Einkaufen und Freizeitaktivitäten

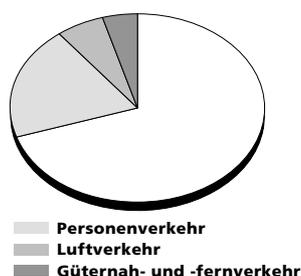


Im Sektor Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistungen ist es trotz weiterem Wirtschaftswachstum möglich, den Energieverbrauch von 126 PJ im Jahre 1990 um ca. 45 PJ oder 35% auf rund 80 PJ im Jahre 2020 zu reduzieren; bezüglich der fossilen Energien entspricht dies einer Verringerung um 46 PJ von 78 PJ auf 32 PJ oder fast 60%.

Verkehr

Im Jahre 1990 gehörte der Verkehr mit 251 PJ zu den bedeutendsten Energieverbrauchern. Der besonders hohe fossile Anteil (96%) betrug 241 PJ oder 40% des Gesamtverbrauchs an fossilen Energien. Dabei ist festzuhalten, dass rund 20% der fossilen Energie im Ausland verbraucht werden (Benzintourismus).

1990 zwei Fünftel der fossilen Energien

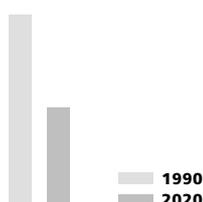


Der Personenverkehr stand mit einem Verbrauch von 159 PJ an erster Stelle, gefolgt vom Luftverkehr mit rund 48 PJ. Der Güternah- und -fernverkehr verbrauchte 36 PJ.

Zur Reduktion des Energieverbrauchs sind folgende drei Hauptmöglichkeiten denkbar:

- Senkung des spezifischen Energieverbrauchs pro Verkehrsmittel/-träger
- Verlagerung auf energieeffizientere Verkehrsmittel
- Reduktion der Nachfrage nach Verkehrsleistungen

Halbierung des Verbrauchs bis 2020 möglich



Unter Ausklammerung der Verkehrszunahme ist es möglich, bis 2020 den Gesamtenergieverbrauch von 1990 251 PJ auf 126 PJ, den Verbrauch fossiler Energien von 1990 241 PJ auf 118 PJ zu reduzieren. Den Hauptbeitrag zu diesem technisch realisierbaren Potential liefert die Senkung des spezifischen Treibstoffverbrauchs bei Personenkraftwagen um 50%.



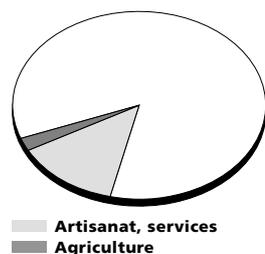
Les économies possibles sont de trois ordres:

- améliorations technologiques
- amélioration de l'isolation thermique et des installations du bâtiment
- adaptations structurelles

Dans ce secteur, la consommation d'énergie peut être ramenée d'environ 173 PJ en 1990 à environ 140 PJ en 2020. Cette réduction de près de 20% est possible nonobstant la croissance de la valeur ajoutée (60%). Sur les 33 PJ que représente le potentiel de réduction, 31 PJ proviennent des énergies fossiles.

Artisanat, agriculture, services

En 1990, 2,3 millions de personnes ont travaillé dans ce secteur, dont la consommation totale a atteint 126 PJ. La part de l'agriculture se monte à 11,9 PJ, soit tout juste 10%.



En dépit de l'automatisation et de l'informatisation croissantes, il existe encore des possibilités d'économie dans le secteur des services, à savoir:

- Mise en œuvre systématique des nouvelles connaissances en matière d'économie d'énergie
- optimisation des isolations thermiques et des installations dans les bâtiments de service
- réduction de la consommation spécifique des appareils
- modération de la demande croissante en services gourmands en énergie, notamment dans les domaines des achats et des loisirs

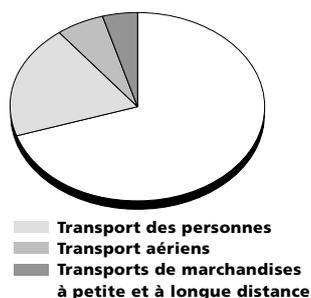


Dans le secteur «artisanat, agriculture et services», la consommation d'énergie peut, sans nuire à la croissance économique, être ramenée de 126 PJ en 1990 à environ 80 PJ en 2020, soit une diminution d'environ 45 PJ (35%). Cela correspond à une réduction de 46 PJ au niveau des énergies fossiles, leur part passant de 78 PJ en 1990 à 32 PJ en 2020 ou environ 60%.

Transports

En 1990, le secteur des transports figure parmi les plus grands consommateurs d'énergie. La part particulièrement élevée des énergies fossiles (96%) se monte à 241 PJ, soit 40% de la consommation globale d'énergies fossiles. Il convient de souligner ici que 20% des énergies fossiles sont consommés à l'étranger (achats transfrontaliers d'essence).

1990: deux cinquièmes des énergies fossiles

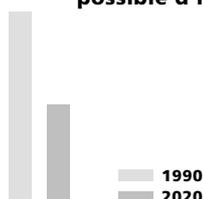


Le transport des personnes vient en tête avec une consommation de 159 PJ. Suivent les transports aériens (environ 48 PJ) et les transports de marchandises à petite et à longue distance (36 PJ).

Les principales possibilités de réduction de la consommation d'énergie sont les suivantes:

- diminution de la consommation spécifique d'énergie par moyen de transport et par type de véhicule
- transfert au profit de moyens de transport plus économiques
- réduction de la demande en locomotion

Diminution de moitié de la consommation: possible d'ici en 2020



Abstraction faite de l'augmentation des transports, il est possible de réduire la consommation totale d'énergie de 251 PJ en 1990 à 126 PJ en 2020, la consommation d'énergies fossiles passant de 241 PJ en 1990 à 118 PJ en 2020. Le potentiel de réduction est techniquement réalisable et repose essentiellement sur une diminution de 50% de la consommation spécifique de carburant des véhicules individuels.

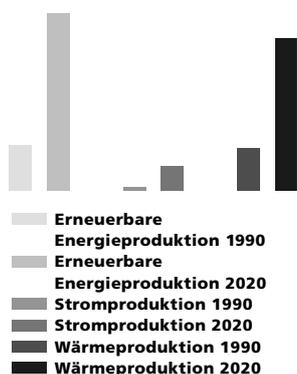
Unerlässliche Zusatzmassnahmen

Die prognostizierte Verkehrszunahme bis zum Jahre 2020 kompensiert einen Teil der potentiellen Energieeinsparungen. Damit der Energieverbrauch trotzdem um 50% gesenkt werden kann, sind zusätzliche Massnahmen zur Eindämmung des Verkehrswachstums und für den innovativen Gebrauch energiesparender neuer Transportsysteme notwendig.

Schwierig, wenn nicht unmöglich, ist eine Verringerung des in den letzten Jahrzehnten stark angewachsenen Luftverkehrs. Hier sind international koordinierte Anstrengungen erforderlich, v.a. zur Aufhebung von Privilegien (Wettbewerbsverzerrungen durch Subventionen, abgabenfreier Treibstoff, steuerfreier Warenverkauf).

3.3. Ausbaupotential bei den erneuerbaren Energien ohne Wasserkraft

Der Anteil erneuerbarer Energien betrug im Jahre 1990 rund 133 PJ. Während bei der Hydroelektrizität kein Wachstum mehr zu erwarten ist, bestehen Möglichkeiten zur vermehrten Nutzung von Holz und zum bescheidenen Ausbau der neuen erneuerbaren Energien (Windkraft, Sonnenenergie, Bio- und Deponiegase, Kehrlicht und Umweltwärme). Die Produktion der erneuerbaren Energien (ohne Wasserkraft) kann von rund 20 PJ im Jahre 1990 um ungefähr 58 PJ auf 78 PJ im Jahre 2020 zunehmen (bei der Stromproduktion von 1,5 PJ auf 11 PJ, bei der Wärme von 18,5 PJ auf 67,3 PJ). Da die vermehrte Nutzung neuer erneuerbarer Energien teilweise in den Kapiteln «Privathaushalte» und «Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistungen» berücksichtigt wurde, beträgt das Netto-Substitutionspotential nicht 58 PJ/a, sondern lediglich ca. 25 PJ/a, in Bezug auf die fossilen Energien nur 20 PJ, weil der Anteil an der Elektrizitätserzeugung wegfällt.



3.4. Die Reduktionspotentiale im Überblick

Die nachfolgende Tabelle vermittelt einen Überblick über den Gesamtenergieverbrauch und den Verbrauch fossiler Energien in den vier Sektoren im Jahre 1990 sowie über die für 2020 errechneten Werte. Das gesamte Reduktionspotential setzt sich zusammen aus den Sektorzahlen und dem Netto-Substitutionspotential der erneuerbaren Energien, das in bezug auf die fossilen Energien etwas geringer ist, weil der Anteil der Elektrizität wegfällt.

Tabelle 3.1: Die Reduktionspotentiale im Überblick

	Privathaushalte		Industrie		Gewerbe Landwirtschaft Dienstleistungen		Verkehr		Total	
	gesamt	fossil	gesamt	fossil	gesamt	fossil	gesamt	fossil	gesamt	fossil
Verbrauch										
PJ 1990	263	189	173	98	126	78	251	241	813	606
PJ 2020	227	149	140	67	80	32	126*	118*	573	366
Nettosubstitutionspotential PJ/a									25	20
Reduktionspotential PJ/a	36	40	33	31	46	46	125*	123*	281	260
Reduktion in % von 1990	20	21	19	32	37	59	50*	51*	35	43

* Das gegenüber dem Gesamtverbrauch grössere Reduktionspotential ist darauf zurückzuführen, dass die vermehrte Nutzung erneuerbarer Energiequellen berücksichtigt ist.

Damit die hier angegebenen Reduktionspotentiale ausgeschöpft werden können, müssen die in den Kapiteln 4 bis 8 erwähnten Massnahmen in geeigneter Kombination umgesetzt werden.

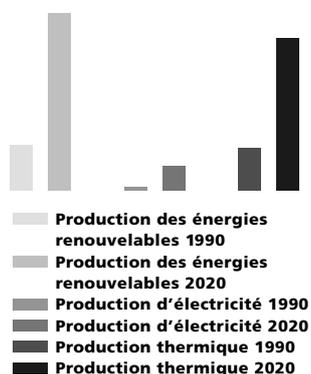
Mesures complémentaires indispensables

La croissance estimée des transports d'ici en 2020 compensera une partie des économies d'énergie potentielles. Si on veut diminuer malgré tout la consommation d'énergie de 50%, il faut prendre des mesures complémentaires pour endiguer la croissance des transports et favoriser le développement de moyens de transports innovateurs et économes en énergie.

Les transports aériens se sont fortement accrus ces dernières décennies. Quoiqu'il soit difficile, sinon impossible d'envisager une réduction, les efforts nécessaires doivent être coordonnés au niveau international, surtout en ce qui concerne l'abolition des privilèges (distorsion de la concurrence par subventionnement, carburant exempt de taxe, marchandises hors taxe).

3.3. Potentiel de développement des énergies renouvelables, sans la force hydraulique

En 1990, la part des énergies renouvelables a été de 133 PJ environ. La production hydroélectrique ne peut plus guère se développer, le bois offre des perspectives de croissance intéressantes, de même que, dans une moindre mesure, les nouvelles énergies renouvelables (force éolienne, énergie solaire, biogaz, gaz de décharge, déchets et chaleur environnementale). Mis à part la force hydraulique, il est possible d'accroître la production des énergies renouvelables de 20 PJ environ en 1990 à 78 PJ environ en 2020, soit une augmentation d'environ 58 PJ. Cela correspond à une augmentation de 1,5 PJ à 11 PJ pour la production d'électricité et à une augmentation de 18,5 PJ à 67,3 PJ pour la production thermique. Le développement accru des nouvelles énergies renouvelables est déjà partiellement pris en compte dans les chapitres consacrés aux secteurs «ménages» et «artisanat, agriculture, service». Par conséquent, le potentiel de substitution net se situe autour de 25 PJ/a seulement. Par rapport aux énergies fossiles, ce potentiel de substitution équivaut à 20 PJ seulement, étant donné qu'il faut déduire encore la part des énergies renouvelables à la production d'électricité.



3.4. Récapitulation des potentiels de réduction

Le tableau 3.1 récapitule la consommation d'énergie totale et la part des énergies fossiles à cette consommation pour chacun des quatre secteurs, permettant ainsi la comparaison entre les données de 1990 et les données calculées pour 2020. Le potentiel de réduction global se compose des potentiels sectoriels et du potentiel de substitution net des énergies renouvelables – celui-ci étant un peu moins élevé, puisqu'il faut déduire la part des énergies renouvelables à la production d'électricité.

Tableau 3.1: récapitulation des potentiels de réduction

	Ménages		Industrie		Artisanat Agriculture Services		Transports		Total	
	totale	fossile	totale	fossile	totale	fossile	totale	fossile	totale	fossile
Consommation PJ 1990	263	189	173	98	126	78	251	241	813	606
Consommation PJ 2020	227	149	140	67	80	32	126*	118*	573	366
Potentiel de substitution net PJ/a									25	20
Potentiel de réduction PJ/a	36	40	33	31	46	46	125*	123*	281	260
Rapport en % (base: 1990)	20	21	19	32	37	59	50*	51*	35	43

* Cette donnée est supérieure au potentiel de réduction par rapport à la consommation totale, parce que l'utilisation croissante des énergies renouvelables est déjà prise en compte.

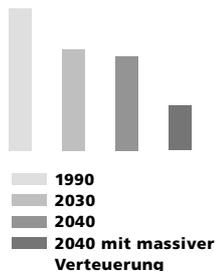
Les potentiels de réduction indiqués ci-dessus ne peuvent être entièrement mis à profit que si les mesures présentées aux chapitres 4 à 8 sont concrétisées selon une combinaison adéquate.

3.5. Schlussfolgerungen

43% weniger fossile Energien bis 2020

Bis 2020 kann unter den getroffenen Annahmen der Gesamtenergieverbrauch gegenüber 1990 um 33% gesenkt werden, der Verbrauch fossiler Energien um 43%. Diese Ergebnisse setzen voraus, dass im Verkehr mit rund 45% Anteil am Gesamtreduktionspotential die Zunahme durch Verteuerung der Energie und andere Massnahmen kompensiert werden kann.

Halbierung eventuell im zweiten Viertel des 21. Jahrhunderts



Nach 2020 gewinnt das Reduktionspotential im Sektor «Privathaushalte» an Bedeutung. Hier erscheint bis 2030 eine Senkung des Verbrauchs an fossilen Brennstoffen von 189 PJ Jahr 1990 auf 134 PJ, bis 2040 auf 124 PJ als möglich. Unter der Annahme einer schrittweisen, im Endeffekt massiven Verteuerung der Energie ist laut Modellrechnungen sogar eine Senkung bis 59 PJ im Jahre 2040 denkbar. Das würde eine Reduktion um 59% innerhalb eines halben Jahrhunderts bedeuten.

Somit liegt, falls in den anderen Sektoren sowie bei der Nutzung erneuerbarer Energien weitere, vor allem auch technologisch bedingte Fortschritte hinzukommen, eine Halbierung des Verbrauchs fossiler Energien im zweiten Viertel des 21. Jahrhunderts im Bereich des Möglichen.

Eher weniger Hydroelektrizität

Für die Zeit nach 2020 ist allerdings in Betracht zu ziehen, dass die Stromproduktion aus Wasserkraft ohne Lockerung der Gewässerschutzbestimmungen eher sinken dürfte; auch könnte der Beitrag der Kernkraftwerke (heute rund 40%) ganz oder teilweise wegfallen, falls die bestehenden Anlagen nicht rechtzeitig erneuert oder aus politischen Gründen vorzeitig stillgelegt würden. Wollte man so entstehende Produktionslücken mit fossil erzeugter Elektrizität füllen, so wäre mit einer je nach Brennstoff und Technologie grösseren oder kleineren Zunahme des CO₂-Ausstosses zu rechnen.

Information und Motivation

Das Volk muss ja sagen können

Die technisch mögliche Verringerung des Verbrauchs an fossilen Brennstoffen kann nur Wirklichkeit werden, wenn in der Öffentlichkeit ein breit abgestützter Wille dazu besteht. Es braucht die Bereitschaft sowohl zum individuellen Masshalten beim Konsum von Gütern und Dienstleistungen wie auch zur Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen auf politischer Ebene. Gegen ein Abseitsstehen der Schweiz mit der Begründung, unser Anteil am globalen Konsum fossiler Brennstoffe sei verschwindend klein und damit global gesehen bedeutungslos, ist sowohl nach ökologischen wie auch nach ökonomischen Kriterien nicht stichhaltig.

Klimaverträglicher CO₂-Ausstoss als Ziel

Mit einem CO₂-Ausstoss pro Kopf und Jahr von 1994 6,5 Tonnen lag die Schweiz zwar unter dem Durchschnittswert der OECD-Länder, aber über dem globalen Durchschnitt von 4 Tonnen. Soll die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre bis 2050 auf ein klimadynamisch verantwortbares Niveau gesenkt werden, so bedingt das bei einer Weltbevölkerung von dannzumal 10 Milliarden die Verringerung des CO₂-Ausstosses pro Kopf und Jahr auf eine Tonne. Dieses Ziel bliebe ohne weltweit und somit auch in der Schweiz drastische Senkung des Verbrauchs fossiler Brennstoffe unerreichbar.

Volkswirtschaftliche Interessen

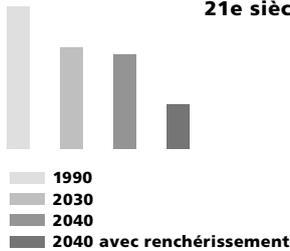
Es besteht weiterhin ein Risiko von unvermittelt auftretenden Turbulenzen auf den Energiemärkten. Im Falle von erhöhten Preisen dämpft ein rechtzeitig reduzierter Bedarf an fossiler Energie schädliche Auswirkungen auf die Volkswirtschaft. Auch ist angesichts der vielerorts unerträglichen Luftverschmutzung mit einer wachsenden Nachfrage nach energieeffizienter und umweltschonender Technologie zu rechnen. Diese mit unternehmerischem Weitblick und geeigneten Rahmenbedingungen zu fördern, erhöht unsere Exportchancen für Produkte und Dienstleistungen.

3.5. Conclusions

Energies fossiles: réduction de 43% d'ici en 2020

D'ici en 2020, la consommation d'énergie est réductible de 33% par rapport à 1990, compte tenu des hypothèses exposées plus haut. Cette réduction est de 43% pour les énergies fossiles. Cela présuppose que la croissance des transports soit compensée entre autres par le renchérissement de l'énergie, le secteur des transports ayant une part de 45% au potentiel global de réduction.

Réduction de moitié possible durant le deuxième quart du 21e siècle



Après 2020, le potentiel de réduction du secteur «ménages» gagne en importance. Il semble possible de réduire la consommation d'énergies fossiles de 189 PJ en 1990 à 134 PJ en 2030, et à 124 PJ en 2040. En supposant que l'énergie soit progressivement, mais massivement renchérie, les calculs de modélisation permettent de dire que la réduction peut aller jusqu'à 59 PJ en 2040, soit une réduction de 59% en moins d'un demi-siècle.

Si on tient compte des progrès avant tout technologiques et du développement des énergies renouvelables dans les autres secteurs, une diminution de moitié de la consommation d'énergies fossiles d'ici au deuxième quart du 21e siècle est dans le domaine du possible.

Hydroélectricité plutôt à la baisse

En ce qui concerne l'évolution après 2020, il faut considérer que la production hydroélectrique évoluera plutôt à la baisse si la législation relative à la protection des eaux n'est pas assouplie. De même, l'apport énergétique des centrales nucléaires, qui est actuellement d'environ 40%, manquera totalement ou partiellement si les installations actuelles ne sont pas rénovées à temps ou si elles sont désaffectées avant terme pour des raisons politiques. En admettant qu'on veuille combler ce manque de production en produisant de l'électricité avec des énergies fossiles, il faudrait tenir compte d'une augmentation plus ou moins forte des rejets de CO₂ selon le type de combustible et la technologie utilisée.

Information et motivation

Le oui du peuple

Techniquement possible, la réduction de combustibles fossiles ne peut toutefois devenir réalité que si cet objectif bénéficie d'un large consensus public. Chacun doit être prêt à prendre des mesures aussi bien au niveau individuel qu'au niveau politique, car il faut changer aussi bien les habitudes de consommation que le cadre légal. D'aucuns prétendent qu'ainsi, la Suisse ferait cavalier seul, que notre part à la consommation mondiale de combustibles fossiles serait pratiquement négligeable et que, par conséquent, cette réduction serait absolument sans pertinence sur un plan global. De tels arguments ne résistent toutefois pas à l'examen, que ce soit du point de vue écologique ou économique.

Objectif: rejets de CO₂ sans impact climatique

D'après les données de 1994, les rejets de CO₂ sont de l'ordre de 6,5 tonnes par habitant et par an en Suisse, ce qui est inférieur à la moyenne des pays membres de l'OCDE, mais supérieur à la moyenne mondiale de 4 tonnes. Dans l'optique de ramener la concentration de CO₂ dans l'atmosphère à un niveau compatible avec la dynamique climatique d'ici en 2050, il faut réduire les rejets de CO₂ à une tonne par personne et par an, compte tenu du fait que la population mondiale atteindra la barre des 10 milliards.

Intérêts macroéconomiques

Les turbulences qui menacent les marchés de l'énergie constituent un risque imprévisible. Moins l'économie nationale est dépendante des énergies fossiles, plus elle sera à l'abri des perturbations résultant d'une flambée des prix. Par ailleurs, la pollution de l'air s'est généralisée à tel point qu'il y a lieu d'escompter une demande croissante en technologies éocompatibles, énergétiquement plus rentables. Il appartient aux esprits visionnaires et entrepreneurs d'instaurer un cadre favorable au développement de ces nouvelles technologies, à même d'augmenter les chances de succès de nos produits et de nos prestations à l'exportation.

Es braucht intensive Überzeugungsarbeit

Nun lässt sich öffentliche Meinung in einer demokratischen Gesellschaft nicht machen. Aber man kann dazu beitragen, dass sie entsteht. Man: Das sind insbesondere die Verantwortlichen in der Politik, in der Wirtschaft und in der Forschung; das sind die Lehrkräfte von der Primarschule bis zur Hochschule, das sind ferner die ungezählten in der Umwelt- und Energiediskussion engagierten Organisationen (NGO), die Medienschaffenden und schliesslich die Eltern als Vorbilder ihrer Kinder. Es braucht eine intensive Überzeugungsarbeit, an der alle mitwirken, die begriffen haben, dass die Abwendung vom raschen Verbrauch der kostbaren, in Jahrmillionen entstandenen fossilen Energieträger eine gewaltige Herausforderung darstellt, der mit kurzfristiger politischer Flickarbeit nicht beizukommen ist.

Grösste Wirkung zu geringstem Preis als Ziel**Wirtschaftlich tragbar**

Der anvisierte Wandel im Umgang mit den fossilen Energien setzt voraus, dass er wirtschaftlich tragbar ist. Um diese Bedingung zu erfüllen, ist es wichtig, zuerst auf breiter Ebene Massnahmen zu ergreifen, die bei geringen Kosten eine grosse Wirkung versprechen. So kann man statistisch messbare, kommunizierbare Anfangserfolge erzielen und damit eine gute psychologische Grundlage schaffen, um nachher die schwierigeren Etappen in Angriff zu nehmen.

Verkehr: Dem Sparauto zum Durchbruch verhelfen

Mit Blick auf das Jahr 2020 ist für den Verkehr ein Sparpotential von rund 125 PJ errechnet worden, was 15.3% des Gesamtenergieverbrauchs von 1990 entspricht. Damit es sich realisieren lässt, muss man auf dem Markt Autos mit gegenüber heute halbiertem Treibstoffverbrauch zum Durchbruch verhelfen und generell den Anteil energieeffizienter Fahrzeuge (z.B. technisch sauberes Dieselauto) am Gesamtverkehr erhöhen. Ausserdem bedarf es Anstrengungen zur Reduktion der Verkehrszunahme. Um diese Ziele zu erreichen, braucht es entschlossenes Handeln auf politischer Ebene.

Privathaushalte: Konstanz der kleinen Schritte

Im Sektor Privathaushalte ist angesichts der langsamen Erneuerung der Bausubstanz weiterhin eine Konstanz der kleinen Schritte anzustreben. Es geht darum, Jahr für Jahr den Anteil von Niedrigenergiehäusern und energetisch wirksam sanierter Altbauten zu erhöhen. Um diesem Ziele näher zu kommen, braucht es einerseits optimal ausgebildete Baufachleute, andererseits ein gegenüber heute besser informiertes und motiviertes Publikum. Die Bauvorschriften sind auf ihre Tauglichkeit zur Förderung des energiesparenden Bauens zu überprüfen, zu vereinfachen und grossräumig zu harmonisieren.

Priorität für fortschrittliche Nutzungstechnik

Wenn es volkswirtschaftlich wichtig ist, das anvisierte Ziel mit möglichst geringem Mitteleinsatz zu erreichen, so steht – zumindest kurzfristig – die vermehrte Anwendung bester Technologie zur effizienteren Nutzung gekaufter Energie im Vordergrund. Der vermehrten Nutzung erneuerbarer Energien stehen zum Teil die im Verhältnis zum Heizöl zu hohen Kosten im Wege. Generell gilt: Lösungen, welche den Verbrauch fossiler Energie verringern, sind so weit zu entwickeln, dass sie klar kommunizierbare Nutzervorteile gegenüber konventionellen Lösungen aufweisen.

Die Förderung neuer Technologien mit öffentlichen Mitteln ist auf die Forschung zu konzentrieren. Die Subventionierung von Anwendungen soll auf Fälle beschränkt bleiben, wo ein geringer finanzieller Anstoss das Erreichen der Wirtschaftlichkeitsschwelle verspricht.

Un travail de conviction sans relâche

Si une société démocratique n'accepte pas les opinions toutes faites, on peut néanmoins l'aider à se forger une opinion. On, ce sont les responsables politiques, économiques et scientifiques; ce sont aussi les enseignants à tous les niveaux de formation; ce sont encore les innombrables ONG engagées dans le débat sur l'environnement et l'énergie; ce sont enfin les médias et les parents qui donnent l'exemple à leurs enfants. Il faut cesser de gaspiller à toute vitesse les précieuses sources d'énergies fossiles, qui ont mis des millions d'années à se créer. Il s'agit là d'un énorme défi face auquel les politiques à court terme font figure de bricolage. Tous ceux qui l'ont compris doivent travailler sans relâche à convaincre les autres.

Objectif: une efficacité maximale au moindre prix**Effort économiquement tolérable**

Le changement de comportement vis-à-vis des énergies fossiles présuppose un effort économiquement tolérable. Pour y arriver, il faut commencer par prendre des mesures sur la base la plus large possible, promettant un effet maximal au moindre prix. Le but est d'obtenir des résultats initiaux statistiquement mesurables. Cela facilite la communication et permet de créer une bonne base psychologique pour passer ensuite aux étapes plus ardues.

Transports: pour l'auto propre

Selon les calculs, le potentiel de réduction du secteur des transports est d'environ 125 PJ, soit 15,3% de la consommation globale d'énergie en 1990. Cette réduction présuppose qu'on aide les voitures propres à s'imposer sur le marché. Il s'agit de véhicules consommant deux fois moins de carburant que les voitures actuelles. De manière plus générale, il faut augmenter la part des véhicules à haute rentabilité énergétique (par ex. les voitures à moteur diesel «propre»). Enfin, il faut s'efforcer de réduire la croissance du trafic routier. Ces objectifs requièrent une action politique franche et décidée.

Ménages: progression lente, mais régulière

Dans le secteur des ménages, le bâti se renouvelle lentement. Il faut donc assurer une progression lente, mais régulière. Il s'agit d'accroître année après année le nombre de maisons à bas profil énergétique et les rénovations améliorant la rentabilité énergétique du bâti ancien. Pour atteindre ces objectifs, il faut d'une part que les spécialistes de la construction disposent d'une formation adéquate et, d'autre part, que le public soit mieux informé et plus motivé qu'il ne l'est aujourd'hui. Les législations relatives à la construction doivent être revues, simplifiées et harmonisées au niveau suprarégional afin de favoriser l'avènement des constructions énergétiquement rentables.

Priorité aux techniques de pointe

Du point de vue macroéconomique, l'objectif visé doit être atteint avec le moins de moyens possible. Il en résulte – du moins à court terme – un besoin accru en technologie de pointe permettant de mieux rentabiliser l'énergie achetée. Par rapport aux huiles de chauffage, les énergies renouvelables sont en partie liées à des coûts plus élevés. A cet égard, la démarche sera la suivante: les solutions permettant de réduire la consommation d'énergies fossiles doivent être développées jusqu'à ce qu'elles se distinguent des solutions conventionnelles par des avantages clairement définissables.

En ce qui concerne l'encouragement des nouvelles technologies, l'aide de la collectivité doit avant tout servir à la recherche. Le subventionnement de réalisations pratiques devrait se limiter aux seuls cas où un modeste appui financier suffit pour atteindre le seuil de rentabilité.

Die Schweiz ist keine Insel

Im grossen Rahmen denken

Überzeugungsarbeit führt nur dann zum Ziel, wenn sie realitätsnahe ist. Das bedingt im vorliegenden Fall vor allem das klare Bewusstsein, dass die Schweiz keine Insel und kein eigener Wirtschaftsraum ist. Ihre einzigen Energiequellen sind ausser etwas Holz die Hydro- und die Solarenergie. Sie ist rohstoffarm, produziert zu wenig Nahrungsmittel und hat eine teure Logistik. Deshalb ist sie in hohem Masse auf den Austausch von Gütern und Dienstleistungen angewiesen. Die Hälfte des Bruttosozialproduktes überquert die Grenze. Wir sind an internationale Verträge gebunden, welche Handel, Wettbewerb und Verkehr regeln. Es sind heute schon viele, und künftig werden es wegen der EU noch viel mehr sein.

Die Exportleistung unserer Wirtschaft

Wenn wir Massnahmen treffen, insbesondere wenn wir Gesetze erlassen, müssen wir stets im grösseren Rahmen denken und danach trachten, in Übereinstimmung mit unseren Nachbarn zu handeln – dies auch im Bewusstsein, dass unser Wohlstand und unser soziales Netz zu wesentlichen Teilen auf der Exportleistung unserer Wirtschaft beruhen. Wir müssen die Voraussetzungen für ihr Gedeihen im internationalen Kontext realistisch beurteilen, sonst laufen wir Gefahr, dass Produktionen ins Ausland abwandern. Unsere Vorschläge im Kapitel Industrie nehmen darauf Rücksicht.

Aktive Aussenpolitik

Die Einsicht, dass wir als kleines Land das Ziel CH50% in einer sich globalisierenden Welt erreichen müssen, ist kein Grund zur Resignation und darf nicht dazu führen, uns mit halbherzigen Massnahmen zu begnügen. Wir müssen nicht nur darauf achten, dass unsere Innenpolitik mit jener des Auslandes, insbesondere des europäischen, kompatibel bleibt; wir müssen auch mit einer aktiven Aussenpolitik die Chance wahrnehmen, um zusammen mit anderen umweltpolitisch fortschrittlichen Ländern auf die möglichst umweltgerechte Gestaltung internationaler Regelungen Einfluss zu nehmen.

Erhöhung der Energiepreise

Das wichtigste Element unseres Ansatzes ist die langfristig gedehnte Verteuerung der Energie, aus der Erkenntnis dass die heutigen Preise weder die Erschöpfbarkeit der fossilen Energiequellen noch die durch den ungehemmten Verbrauch entstehenden ökologischen Schäden widerspiegeln. Es geht also um eine Anpassung von aus kurzfristiger Ausverkaufsmentalität entstandenen Preisen an die langfristig relevanten Kosten.

Um wie viel die Energie teurer werden müsste, um in allen Sektoren den technisch möglichen und zumutbaren Minderverbrauch im erforderlichen Umfang herbeizuführen, erfordert Abklärungen über die Preiselastizität der Nachfrage.

Eingriffe in den Preismechanismus sind so zu konzipieren, dass keine unerwünschten Impulse auf die Lohn-Preis-Spirale auftreten. Gegebenenfalls sind die Energiepreise teilweise oder ganz aus dem Lebenskostenindex auszuklammern.

Grösstmögliche Wahlfreiheit für die Konsumenten

Die Verteuerung der Energie in langfristig voraussehbaren Schritten gibt der Wirtschaft und den Konsumenten Gelegenheit, sich ohne Schaden vorzubereiten. Eine absehbare, allmähliche Verteuerung der Treibstoffe zum Beispiel würde es dem Autobesitzer erlauben, die Anschaffung eines Energiesparautos für den Zeitpunkt zu planen, da der Kauf eines neuen Autos ohnehin fällig würde. Eine solche Regelung ist zielführend und lässt zugleich Bürgern und Konsumenten die grösstmögliche Wahlfreiheit.

La Suisse n'est pas une île perdue

Vision transfrontière

Pour convaincre, il faut être proche de la réalité. En l'occurrence, chacun doit être clairement conscient du fait que la Suisse n'est pas une île perdue et que son espace économique n'est pas isolé. Ses seules sources d'énergie sont, à part un peu de bois, l'énergie hydraulique et l'énergie solaire. Pauvre en matières premières, la Suisse ne produit pas assez de denrées alimentaires et a une coûteuse logistique. Elle dépend donc dans une très large mesure des échanges de biens et de prestations. La moitié du produit national brut traverse la frontière. Par ailleurs, nous sommes liés par des accords internationaux qui définissent les règles du commerce, de la concurrence et des échanges. Déjà nombreux aujourd'hui, ils le seront encore plus demain à cause de l'UE.

Performance de notre économie d'exportation

Prendre des mesures, en particulier des mesures légales, c'est aussi avoir une vision globale. En effet, il faut agir en accord avec nos voisins, car notre niveau de vie et notre réseau social sont fondés en grande partie sur les performances de notre économie d'exportation. Nous devons donc rester réalistes et lui fournir un cadre favorable à son développement dans le contexte international. Sinon, nous courons le risque de voir la production industrielle s'exiler. Les propositions émises au chapitre 5 «Industrie» tiennent compte de cet aspect.

Politique extérieure active

La Suisse doit atteindre l'objectif CH50% alors que c'est un petit pays dans un monde en pleine globalisation. Mais ce n'est pas une raison pour se résigner et se contenter de demi-mesures. En effet, il ne suffit pas de veiller seulement à ce que notre politique intérieure soit compatible avec celles des pays étrangers, notamment européens. Nous devons aussi mener une politique extérieure active et nous associer aux autres pays progressistes en matière d'écologie. C'est la seule chance que nous ayons d'influencer les réglementations internationales de manière à ce qu'elles respectent autant que possible l'environnement.

Augmentation des prix de l'énergie

L'élément principal de notre approche est le renchérissement à long terme de l'énergie. A l'heure actuelle, les prix de l'énergie ne tiennent pas compte de l'épuisement des ressources d'énergies fossiles, pas plus que de l'impact écologique de leur consommation débridée. Dictés jusqu'ici par une mentalité à court terme, fondée sur le principe de la liquidation des stocks, les prix de l'énergie doivent progressivement s'adapter aux coûts réels à long terme.

La question est de savoir dans quelle mesure il faut renchérir l'énergie pour que toutes les possibilités de réduction techniquement possibles et économiquement tolérables soient concrétisées dans tous les secteurs. Des études sur l'élasticité des prix par rapport à la demande y répondront.

S'il faut intervenir dans le mécanisme des prix, il faut aussi prendre garde de ne pas accélérer indûment la spirale des prix et des salaires. Le cas échéant, les prix de l'énergie devront être partiellement ou complètement extraits de l'indice du coût de la vie.

Liberté de choix maximale pour les consommateurs

Le renchérissement progressif et prévisible de l'énergie donne à l'économie et aux consommateurs la possibilité de s'y préparer. Par exemple, le renchérissement progressif et prévisible des carburants permettrait au détenteur d'une voiture de planifier à temps l'achat d'un nouveau modèle à moteur propre, étant donné qu'il faudra de toute façon acheter une nouvelle voiture. Une telle réglementation du prix conduit droit au but tout en laissant une liberté de choix maximale aux citoyens consommateurs.

**Selbststeuernder
Optimierungseffekt**

Eine schrittweise und im Endeffekt drastische Verteuerung der fossilen Energien bildet einen Eckpfeiler jeder erfolgversprechenden ökologischen Steuerreform. Ein langfristig und transparent konzipierter staatlicher Eingriff in den Preismechanismus hat einen selbststeuernden Optimierungseffekt und ist deshalb jeder Regulierung durch eine Flut weiterer Vorschriften vorzuziehen. Darüber, dass eine Verteuerung über Lenkungsabgaben zu erfolgen hat, ist man sich in der Schweiz weitgehend einig, und entsprechende Vorarbeiten sind in Verwaltung und Parlament in der zweiten Hälfte der neunziger Jahre in Gang gekommen.

Nicht mehr, aber bessere Gesetze**Obsolet werdende
Vorschriften abschaffen**

Die geltenden Gesetze und Vorschriften sind auf ihre Wirkung im Umgang mit fossilen Brennstoffen zu überprüfen und, sofern sich eine effizientere oder auch eine sparsamere Nutzung erzielen lässt, entsprechend zu modifizieren. Falls die vorgeschlagene langfristige und schrittweise Verteuerung zum Tragen kommt, wird es möglich sein, zahlreiche Vorschriften zu vereinfachen oder aufzuheben und so eine Entrümpelung unserer Gesetzgebung zu bewirken.

Vermeehrt Anreize schaffen

Namentlich im Bereich der Bau- und Verkehrsvorschriften erscheint die vermehrte Schaffung von Anreizen vielversprechend. Als Beispiele seien erwähnt:

- Schaffung eines positiven Umfeldes für Innovationen zur effizienteren Energienutzung
- Analyse und Darstellung der Nebennutzen energieeffizienter Lösungen
- im Baugewerbe Ablösung der Sachnormen durch Zielnormen
- Steuerreduktionen für verbrauchsarme Fahrzeuge
- eigene Fahrspuren für energiesparende Automobile

Optimisation autoguidée Un renchérissement progressif, mais massif des énergies fossiles constitue un pilier essentiel de toute réforme fiscale écologique qui veut aboutir avec succès. L'intervention de l'Etat dans le mécanisme des prix doit être planifiée à l'avance et en toute transparence. Elle induit un effet d'optimisation autoguidée et doit être préférée à tout déluge de prescriptions. En Suisse, le renchérissement via les taxes d'incitation est une idée généralement admise. L'Administration fédérale et le Parlement ont déjà mis cette question à l'étude depuis le milieu des années nonante.

Une législation allégée, mais plus efficace

Abrogation des prescriptions obsolètes

Les lois et prescriptions en vigueur doivent être examinées du point de vue de leurs effets sur l'utilisation des combustibles fossiles. Elles seront modifiées de manière à améliorer la rentabilité énergétique ou les économies d'énergie s'il y a lieu. Si le renchérissement progressif proposé à long terme est instauré, de nombreuses prescriptions pourront être simplifiées ou abrogées, ce qui allégera notre législation.

Multiplication des incitations

La multiplication des incitations paraît particulièrement prometteuse au niveau des prescriptions relatives à la construction et aux transports. Voici quelques exemples:

- mise en place d'un cadre favorable aux innovations améliorant la rentabilité énergétique
- analyse et description des avantages secondaires des solutions énergétiquement rentables
- remplacement des prescriptions matérielles par des objectifs dans le domaine de la construction
- privilèges fiscaux pour les véhicules propres
- voies réservées aux véhicules propres

4. Privathaushalte

4.1. Ausgangslage 1990

Auf die Privathaushalte entfällt mit rund einem Drittel ein sehr grosser Teil des gesamten Energiebedarfs. Die Nachfrage wird durch die drei Anwendungsbereiche Raumwärme, Warmwasser und Apparate (inkl. Beleuchtung, Kommunikation, Antriebe von Aufzügen und Wärmepumpen etc.) verursacht (Tabelle 4.1).

Tabelle 4.1: Energieverbrauch nach Anwendungsgebieten

Anwendung	PJ/a	%
Raumwärme	195	74
Warmwasser	36	13.7
Apparate inkl. Beleuchtung	32.5	12.3
Total	263.5	100

Eine Aufschlüsselung der Nachfrage nach Energieträgern (Tabelle 4.2) zeigt, dass 188,6 PJ (72%) auf fossile Energien entfallen, 53.7 PJ (20%) auf erneuerbare (Hydroelektrizität und Holz) 21.2 PJ (8%) auf Elektrizität aus Kernenergie. Von der Fernwärme wurde je die Hälfte zu den fossilen und den erneuerbaren Energieträger gezählt.

Tabelle 4.2: Energieverbrauch im Sektor Privathaushalte nach Energieträgern im Jahre 1990

Energieträger	Verbrauch PJ/a	Erneuerbar
Heizöl EL	160.7	0%
Erdgas	25.1	0%
Elektrizität	53.1	60%
Fernwärme	4.5	50%
Holz	19.5	100%
Kohle	0.6	0%
Total	263.5	20%

Rationellere Nutzung seit 1975

Die Entwicklung seit 1975 ist durch ein nur geringes Wachstum des Energiebedarfs gekennzeichnet trotz einer starken Zunahme der beheizten Gebäudeflächen von 280 auf 370 Millionen Quadratmetern, weil durch bessere Gebäudequalität, sowie effizientere Heizungsinstallationen und Elektroapparate der spezifische Endenergiebedarf von etwa 900 gegen 700 MJ/m² sank.

Einer Zunahme beim Elektrizitätsverbrauch als Folge der reichlicheren Ausstattung mit Apparaten stand eine noch grössere Reduktion beim Heizbedarf gegenüber. Dieser sank nicht nur in Neubauten. Auch bei der Sanierung von Altbauten wurden erhebliche energetische Verbesserungen erzielt. Von 1980 bis 1990 stieg die mit der Sanierung erzielte Reduktion des Energiebedarfs von etwa 12 auf etwa 20%. Dieser Fortschritt ist den besseren Kenntnissen bei Planern und Ausführenden zuzuschreiben.

4.2. Verbesserungspotential

Sinkender spezifischer Bedarf dank besserer Technik

Die in den letzten 20 Jahren beobachtete Verbesserung der energetischen Effizienz dürfte sich auch weiterhin fortsetzen; so erwartet auch das BFE-Szenario I (Literatur [3]), welches die bisherigen Normen, Gesetzgebungen und Energiepreisentwicklungen voraussetzt, bis zum Jahre 2020 eine weitere Reduktion des durchschnittlichen spezifischen Heiz- Endenergiebedarfs um 29%. Dies liegt daran, dass technische Lösungen für starke Energiebedarfsreduktion existieren und (wenn auch teilweise erst in Kleinserien oder Pilotanlagen) bereits praxiserprobt sind. Sie lassen sich neun technischen Massnahmentypen zuordnen. (Tabelle 4.3)

Tabelle 4.3: Wirkung technischer Massnahmentypen

Typ		Wirkung bei Raumwärme			Wirkung bei Warmwasser			Wirkung bei Apparaten	
		fossil	Strom	erneuerbar	fossil	Strom	erneuerbar	Strom	erneuerbar
1	Bessere Gebäudehülle	↘							
2	Kontroll. Lüftung mit W'rückgewinnung	↘	(↗)						
3	Verbesserte Heizanlage	↘			↘				
4	Fernwärme aus KVA	↘		↗	↘		↗		
5	Wärmepumpen in Niedertemperatur Heizung	↘	(↗)		↘	(↗)			
6	BHKW, Strom für Wärmepumpen	↘			↘			↘	
7	neue Holzfeuerung	↘		↗	↘		↗		
8	Sonnenkollektor	↘	(↗)	↗	↘	↘	↗		
9	Bessere Apparate							↘	(↗)

↘ = Senkung des Verbrauchs

↗ = Steigerung des Verbrauchs

(↗) = geringe Steigerung

Zu den Massnahmentypen ist zu bemerken:

Klimaangepasste Bauweise (1)

Durch die klimaangepasste Bauweise kann ein sehr niedriger Energiebedarf für Raumwärme bei gleichzeitig hohem Komfort und hoher Betriebssicherheit erreicht werden. Dies bedeutet: Hohe Wärmedämmung der Gebäudehülle (Dach, Wand, Fenster), sinnvolle Abstimmung von Fensteranteil, Speichermasse der Baustruktur und Sonnenschutz.

Energieeffiziente Lüftung (2)

Zum energieeffizienten Gebäude gehört auch eine dichte Gebäudehülle. Der notwendige Frischluftbedarf kann durch eine kontrollierte Lüftung mit Wärmerückgewinnung bei geringem Aufwand sichergestellt werden.

Verbesserte Heizanlagen (3)

Da in der Vergangenheit bereits beträchtliche Verbesserungen realisiert wurden, ist eine deutliche Verbesserung nur noch durch kondensierende Kessel (Öl und Gas), resp. durch Reduktion des Luftüberschusses (bei Holzfeuerung) erreichbar.

Bessere Nutzung der Kehrlichtverbrennungsanlagen (4)

Wir rechnen Energie aus der Kehrlichtverbrennung zur Hälfte zu den erneuerbaren. Da heute nur etwa 40% der vorhandenen KVA-Energie wirklich genutzt wird, könnte bei der Fernwärme fast auf fossile Brennstoffe verzichtet werden (ausser für Spitzen-Heiztage im Winter).

Hohe Leistungsziffern bei Wärmepumpen für Niedertemperaturheizungen (5)

Gut und energieeffizient gebaute Gebäude bieten ausgeglichene und damit behagliche Temperaturen. Sie ermöglichen es, Heizanlagen mit Wärmepumpen für sehr tiefe Wassertemperaturen auszulegen, so dass sich hohe Leistungsziffern erzielen lassen. Werden frühere fossile Heizungen oder Boiler durch Wärmepumpen ersetzt, so nimmt der Elektrizitätsbedarf zu, jedoch nur um ein Drittel bis ein Viertel gegenüber der Verwendung von Heizöl oder Gas.

Wärmegeführte Blockheizkraftwerke (6)

Blockheizkraftwerke (BHKW) sind in grösseren Liegenschaften möglich; sie sollen wärmegeführt betrieben werden. Dient der Strom zum Antrieb von Niedertemperatur-Wärmepumpen, werden zusammen mit der direkten Wärme Leistungsziffern über 1,5 erzielt. Je nach Situation (Speichermöglichkeit für die Wärme) kann auch der Einsatz des erzeugten Stroms für die Apparate sinnvoll sein.

Neue Holzfeuerungen (7)

Neue Holzfeuerungen sind wohl nur beim Neubau sinnvoll, ausser eventuell bei bestehenden Nahwärmenetzen in Grossüberbauungen.

Sonnenwärmeanteil bei Heizungen bis ca. 30% (8)

Sonnenwärme ist vor allem für Warmwasser sinnvoll, wobei natürlich eine Zusatzquelle in sonnenarmer Zeit nötig ist; der typische jährliche solare Deckungsanteil ist 50 bis 60%. Bei Niedertemperaturheizung ist ebenfalls ein solarer Anteil möglich, der Deckungsanteil wird aber in unserem Klima eher bei 30% liegen.

Bedeutendes Verbesserungspotential bei Apparaten (9)

Bessere Apparate erlauben eine bedeutende Verringerung des Energiebedarfs, besonders wenn auch die Regelung angepasst wird (Vermeiden von Standby-Verlusten, Drehzahlvariation bei Pumpen und Gebläsen etc., bessere Isolation von Kühlgeräten). Diese Massnahmen können sowohl bei Alt- als auch bei Neubauten ohne Zeitverzug eingesetzt werden. Photovoltaik wäre bei Apparaten mit sehr geringem Verbrauch an sich denkbar, dürfte aber im Bereich der Haushalte im Betrachtungszeitraum quantitativ nur eine sehr geringe Rolle spielen.

Reduktionspotential der Neu- und Altbauten

Mit heute verfügbarer Technik erscheint eine Reduktion des spezifischen Energieverbrauchs gegenüber 1990 um einen Faktor 5 bei Neubauten und um einen Faktor 3 bei Sanierungen erreichbar. Dies zeigen auch die vom SIA 1996 in «Absenkpfad für Energiekennzahlen» publizierten Zielwerte für gute Gebäude.

4.3. Realisierung in den kommenden Jahrzehnten

Neubautätigkeit und Sanierungshäufigkeit

Um das in PJ/a zu beziffernde Reduktionspotential mit Blick auf die in dieser Studie interessierenden Zeithorizonte zu ermitteln, sind sowohl die Neubautätigkeit wie auch die Sanierungshäufigkeit zu berücksichtigen. Ausgehend von einem Gebäudebestand mit 370 Mio. Quadratmeter beheizter Fläche im Jahre 1990 wird mit einer jährlichen Zunahme um 2 Mio. Quadratmeter durch Neubau gerechnet, wovon etwa 20% auf die Substitution von abgebrochenen Altbauten entfallen. (In der vom BFE im Oktober 1996 publizierten Prognos Studie «Perspektiven der Energienachfrage der privaten Haushalte» wird mit jährlich 4 Mio. Neubauquadratmeter gerechnet – eine Annahme, die angesichts der faktischen Entwicklung stark überhöht erscheint).

Dominierender Einfluss der Altbauten

In bezug auf das Reduktionspotential aus der Sanierung von Altbauten ist von der langen Lebensdauer von Gebäuden auszugehen. Bei einem typischen Wert von 80 Jahren bleibt der Anteil der Altbauten an der gesamten Bausubstanz lange Zeit hoch, was den Einfluss der zu erwartenden Neubauten mit hoher Energieeffizienz stark relativiert. Im weiteren ist für die Altbauten in dieser Zeitspanne mit mehreren Sanierungen und somit mit einer stufenweisen Senkung des spezifischen Energieverbrauchs zu rechnen.

Periodische Sanierungen und Energiekosten

In den Bereichen «Warmwasser» und «Raumwärme» ist ein Grossteil der Verbesserungsmassnahmen mit Bauarbeiten der drei Kategorien «Erhaltung der Substanz», «Ausbau» und «Haustechnik» verbunden, die nur anlässlich der periodischen Sanierungen vorgenommen werden. Die Einwirkung der Energiekosten auf Sanierungsentscheide bleibt gering, jedenfalls so lange diese so tief sind wie heute und im Vergleich zu den gesamten Betriebskosten nicht ins Gewicht fallen. Allein lösen sie keine Sanierungen aus, beeinflussen aber deren Qualität.

Hemmnisse bei der Planung beim Bau und bei der Benutzung

Der Reduktion des Energiebedarfs stehen u.a. folgende Hemmnisse entgegen:

- Bei den Planern: ungenügende Kenntnisse der neuen Möglichkeiten und fehlende integrale Planung.
- Bei den Baufirmen: schlechte Arbeitsqualität sowie Mängel bei der Inbetriebsetzung, bei der Einregelung und beim Unterhalt von Heizanlagen.

- Bei den Liegenschaftsbesitzern und Mietern: Angst vor technischen Neuerungen und unerwünschtem Verzicht sowie zu wenig harte Qualitätsanforderungen an Planer und Baufirmen. Hinzu kommt die fehlende Gesamtkostenbetrachtung, die sowohl die Investitions- wie auch die Betriebskosten berücksichtigt.

Die Vielfalt der möglichen technischen Verbesserungen und die Ungewissheit in bezug sowohl auf die künftige Neubautätigkeit wie auch auf das Sanierungsverhalten erschweren verlässliche Prognosen über die Entwicklung des Energiebedarfs bei den Privathaushalten. Immerhin liegen unter Berücksichtigung des technischen Fortschrittes und beschlossener Vorschriften Jahresverbräuche in PJ gemäss Tabelle 4 im Bereich des Möglichen.

Die Werte in den Tabellen 4.4 und 4.5 entstammen Modellrechnungen, die unter Berücksichtigung der Sanierungshäufigkeit und unterschiedlicher Energiepreisentwicklungen durchgeführt wurden. Grundlage waren Szenarien, die für das Bundesamt für Energie durchgerechnet worden waren (Perspektiven der Energienachfrage der privaten Haushalte, BFE, Bern 1996 Literaturverzeichnis [10]).

Tabelle 4.4: Minderung des Verbrauchs fossiler Energien durch mehr Effizienz und Substitution durch erneuerbare Energien bis 2040 ohne Erhöhung der Energiepreise

	1990	2000	2010	2020	2030	2040
PJ	189	179	166	149	134	124
% von 1990	100	95	88	79	71	66

4.4. Massnahmen

Verfügbare Technik propagieren

Es ist bekannt und überprüft, dass die heute verfügbare Technik die Erstellung von Bauten erlaubt, die

- einen tiefen Heizwärmebedarf von nur 50–150 MJ/m² haben (im Vergleich zu heute durchschnittlich 550 MJ/m²)
- behaglich sind
- eine hohe Toleranz gegenüber Fehlbedienung der Heizanlagen aufweisen
- dem Architekten eine grosse Gestaltungsfreiheit lassen
- und zu annehmbaren Kosten realisiert werden können

Diese Botschaft gilt es mit grosser Konstanz allen Beteiligten (Planern, Bauunternehmen, Behörden, Bauherren und Mietern) zu vermitteln

Förderung

Vor allem Anreize

Für energieeffiziente Bauten oder bei Sanierungen, die den Energiebedarf senken, kommen folgende Massnahmen in Frage:

- Vorteile im Bewilligungsverfahren oder in bezug auf die Ausnützungsziffer
- Umwandlung unverbindlicher Zielwerte in verbindliche Vorschriften
- Energieverbrauch als zentrales Bewertungskriterium bei Architekturwettbewerben und Ausschreibungen

Verteuerung der Energie

Signifikant steigende Energiepreise beeinflussen sowohl das Investitions- wie auch das Benützerverhalten. Bei einer im voraus angekündigten schrittweisen Erhöhung der Energiepreise um jährlich beispielsweise 5% würde die Energie bis zum Jahr 2030 um den Faktor 4.3 verteuert.

Unter dieser Voraussetzung würde nach Modellrechnungen der Verbrauch fossiler Energien im Sektor Privathaushalte auf weniger als die Hälfte sinken (Tabelle 4.5).

Tabelle 4.5: Mögliche Entwicklung des Verbrauchs fossiler Energien in PJ/a bei einer jährlichen Verteuerung der Energie um 5% ab 2000.

1990	2000	2010	2020	2030	2040
189	178	161	127	90	56

Für den Zusammenhang zwischen Energiepreisen in Fr/GJ und erreichter energetischer Qualität der Gebäude, ausgedrückt in MJ/m², werden die gleichen Relationen in Betracht gezogen wie in der erwähnten Prognos-Studie des BFE. Diese beruhen auf der Auswertung konkreter Beispiele, getrennt für Ein- und Mehrfamilienhäuser sowie für Alt- und Neubauten. Für Strom und fossile Brennstoffe werden die gleichen Preiserhöhungsfaktoren vorausgesetzt.

Finanzielle Massnahmen müssen unbedingt von der Förderung der Gesamtkostenbetrachtung auf dem Markt begleitet sein.

4.5. Fazit: Verbrauchshalbierung bestenfalls bis 2030

Bis 2020 ist ohne Verteuerung der Energie eine Reduktion des Gesamtenergieverbrauchs von 263 PJ/a auf 227 PJ/a möglich, mit Verteuerung auf 211 PJ/a. Bis 2030 ist gemäss den Detailuntersuchungen, die der Tabelle 4.4 zugrunde liegen, eine Verbrauchsreduktion im gleichen Umfang, d. h. um rund 20% ohne Verteuerung erreichbar und dies trotz gleichzeitiger Zunahme der beheizten Wohnfläche um ca. 20%. In der gleichen Zeitspanne steigt der Beitrag der erneuerbaren Energien (ohne Wasserkraft) von etwa 21 PJ/a auf 25 PJ/a.

Bei den fossilen Energien kann der Verbrauch von 1990 189 PJ/a bis zum Jahr 2020 ohne Verteuerung auf 149 PJ/a sinken, mit einer markanten kontinuierlichen jährlichen Verteuerung auf 127 PJ/a.

Die angestrebte Halbierung beim Verbrauch fossiler Energien liesse sich gemäss Tabelle 4.5 erst etwa um 2030 erreichen, und zwar nur mit einer kontinuierlichen Erhöhung der realen Energiepreise um beispielsweise den Faktor 4 innerhalb von 30 Jahren ab 2000. Dadurch würde einerseits der gesamte Energiebedarf stärker sinken (auf 70% des Wertes von 1990), andererseits der Bedarf nach erneuerbaren Energien vermehrt zunehmen (von 21PJ auf 42 PJ).

5. Industrie

5.1. Ausgangslage 1990

Veränderte Zuordnungsbasis seit 1990

Im Jahre 1990 betrug der Endenergieverbrauch im Sektor Industrie 173 PJ. Dies entsprach rund 21% des gesamten Energieverbrauchs in der Schweiz. Bei diesen Zahlen muss berücksichtigt werden, dass 1990 die Zuordnungsbasis geändert wurde, indem die Branchen Bau und verarbeitendes Gewerbe neu dem Sektor Industrie enthalten sind. Dadurch erhöhte sich der Energieverbrauch im Sektor Industrie um ca. 27 PJ, während der Sektor Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistungen um den gleichen Betrag entlastet wurde. Ohne diese Änderung hätte die Industrie im Jahre 1990 nur 18% der gesamten Energie verbraucht.

Grosse Unterschiede zwischen den Branchen

In der Tabelle 1 ist der Sektor Industrie in 14 Branchen unterteilt. Daraus ist ersichtlich, dass in den einzelnen Branchen grosse Unterschiede bezüglich der Energieintensität und der Anzahl Beschäftigte bestehen.

Die Branchen Papier sowie Steine und Erden (überwiegend Zement und Backsteine) fallen durch ihren hohen Pro-Kopf-Verbrauch auf, dürfen aber deswegen nicht a priori negativ beurteilt werden, da sowohl ökonomische wie auch ökologische Gründe für ihre Erhaltung in der Schweiz sprechen.

Energieverbrauch und Zahl der Beschäftigten

In der Schweiz werden jährlich rund 50 Mio. Tonnen Material verbaut. Der Grossteil davon sind mineralische Werkstoffe, vor allem Beton und Backsteine. Die Produktion ist hier weitgehend automatisiert, was eo ipso zu einem hohen Energieverbrauch pro Beschäftigtem führt. Aus diesem Grunde ist hier der Verbrauch pro Beschäftigten wenig sinnvoll, da er zu falschen Schlüssen führen könnte. Würden die Branchen Papier sowie Steine und Erden ausgelagert, so müssten deren Produkte importiert werden, was mit ökologisch unerwünschten erhöhten Transportleistungen verbunden wäre.

Tabelle 5.1: Energieverbrauch und Anzahl Beschäftigte in den einzelnen Branchen des Sektors Industrie im Jahre 1990

Branche	Energieverbrauch in PJ	Anzahl Beschäftigte	Energieverbrauch	
			pro Beschäftigter in GJ	pro Einwohner in GJ
Energie und Wasser	4.3	31'956	134	0.63
Nahrungsmittel	14.7	63'586	231	2.17
Textilindustrie	10.8	25'665	420	1.6
Bekleidung	0.9	16'673	53	0.13
Papierindustrie	18.3	15'290	1'196	2.71
Druck	3.4	54'961	61	0.5
Kunststoffe	3.5	28'680	122	0.52
Chemische Industrie	24.6	68'486	359	3.64
Steine und Erden	33.9	30'890	1'097	5.02
Metall	19.1	95'277	200	2.83
Maschinen	10.5	147'966	70	1.55
Elektrotechnik	6	118'101	51	0.89
Uhren und Bijouterie	1.8	34'092	53	0.27
Sonstige Gewerbe	7.5	78'121	96	1.11
Bau	13.3	356'934	37	1.97
	Summe 172.6	Total 1'166'678	Durchschnitt 148	Summe 25.56

Quelle: Basics AG, Zürich, Perspektiven des industriellen Energieverbrauchs, Februar 1997, Literatur [16]

Energie für Heizung und Produktion

In der Tabelle 5.2 sind die im Jahre 1990 eingesetzten Energieträger aufgeführt, wobei zwischen dem Verbrauch für die Heizung und jenem für die Produktion unterschieden wird. Die vier wichtigsten Energieträger sind Elektrizität, Gas, Heizöl EL und Heizöl MS. Von den rund 173 PJ wurden ca. 80% für die Produktion und die restlichen 20% zu Heizzwecken verwendet.

Tabelle 5.2: Energieverbrauch im Jahre 1990 nach Energieträgern für Raumheizung und Produktion

Energieträger	Heizung in PJ	Produktion in PJ	Total		Erneuerbar
			in PJ	in TWh	
Heizöl EL	15.2	9.9	25.1	7.0	0
Gas	9.4	21.1	30.5	8.5	0
Elektrizität	1.6	59.1	60.7	16.8	60%
Fernwärme	0.7	1.5	2.2	0.6	0
Holz	1.9	0.6	2.5	0.7	100%
Kohle	0.3	14.2	14.5	4.0	0
Diesel	0	10.0	10.0	2.8	0
Heizöl MS	2.7	17.8	20.5	5.7	0
Abfall*	0.4	6.2	6.6	1.8	50%
Total	32.2	140.4	172.6	47.9	24%

* Statistisch werden die Abfälle zu der erneuerbaren Energie gezählt

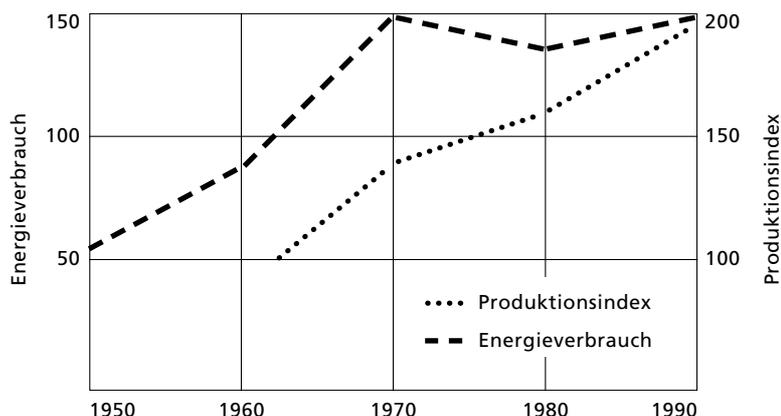
Quelle: Basics AG, Zürich, Perspektiven des industriellen Energieverbrauchs, Februar 1997, Literatur [16]

Ab 1970 geringer Mehrverbrauch bei stark gewachsener Produktion

Der Energieverbrauch im Sektor Industrie hat sich von 1950 bis 1990 von 52.7 auf 172.6 PJ erhöht. Ohne neue Zuordnung der Branchen Bau und verarbeitendes Gewerbe hätte der industrielle Energieverbrauch im Jahre 1990 nur 147 PJ betragen.

In der Abbildung 5.1 ist ersichtlich, dass der industrielle Energieverbrauch vor allem von 1950 bis 1970 stark zugenommen hat. Ab 1970 war er dann bei weiterhin zunehmender Produktion bzw. Wertschöpfung mehr oder weniger konstant. Es ist zu beachten, dass die in dieser Graphik dargestellten Werte ohne die Branchen Bau und verarbeitendes Gewerbe zu verstehen sind.

Graphik 1.1: Energieverbrauch und Produktionsindex von 1950–1990



5.2. Verbesserungspotential

Erfolgreiches Sparen seit dem Erdölshock von 1973

Wenn man im Sektor Industrie den Energieverbrauch weiter reduzieren will, muss man berücksichtigen, dass in den vergangenen zwei Jahrzehnten als Folge des ersten Erdölshocks von 1973 schon viel Energie gespart wurde. Dies ist auf folgende Faktoren zurückzuführen:

- Die Massnahmen zum effizienten Energieeinsatz waren erfolgreich.
- Es werden heute in der Schweiz weniger Basisprodukte und mehr veredelte Produkte mit höherer Wertschöpfung hergestellt.

- Das Recycling von Metallen (vor allem Aluminium) hat an Bedeutung zugenommen. Energieintensive Produktionen wurden stillgelegt (z.B. Aluminium und Stahl) oder ins Ausland verlagert.

Annahmen für die Zukunft

Für die zukünftige Entwicklung wurden folgende Annahmen getroffen:

- Die reale Wertschöpfung nimmt im Zeitraum zwischen 1990 und 2020 um rund 60% zu. (Quelle: St. Galler Zentrum für Zukunftsforschung)
- Die Schweiz bleibt auch weiterhin ein Produktionsstandort, allerdings mit weiter fortschreitenden Strukturveränderungen
- Der Anteil der in der Industrie tertiär Beschäftigten nimmt von 30 auf 34% zu: Während die Zahl der Produktionsarbeiter mit zunehmender Automation abnimmt, wächst die Zahl der Beschäftigten in Forschung und Entwicklung, Unterhalt und Service.
- Die energetischen Effizienzgewinne liegen im Bereich von 10 bis 20% gegenüber dem Wert von 1990, wobei je nach Prozess und Branche grössere Unterschiede bestehen.
- Die industrielle Abwärme wird konsequent genutzt.
- Erneuerbare Energien (Wasserkraft ausgenommen) haben in der Industrie zurzeit keine grosse Bedeutung, können aber in Zukunft durchaus eine grössere Rolle spielen. Die Substitution von Heizöl EL und Heizöl MS durch Gas wird anhalten. In der Zementindustrie wird die Kohle zu einem grossen Teil durch Abfälle ersetzt.

Sparmöglichkeiten

Einsparmöglichkeiten können in folgende drei Gruppen unterteilt werden:

- Technologische Verbesserungen
- Verbesserte Wärmedämmung und Haustechnik
- Strukturelle Änderungen

Technologische Verbesserungen

Die Tabelle 5.3 zeigt realistische Reduktionsmöglichkeiten bei einigen typischen Technologien, bezogen auf den heutigen Durchschnitt. Die Werte setzen keine zusätzlichen Technologiesprünge voraus, wohl aber intensive Bemühungen um die rationelle Nutzung und den konsequenten Einsatz der neuesten Technologien.

Tabelle 5.3: Realistische Reduktionsmöglichkeiten bei einigen Technologien

Anwendungsbereich	Technologiebeispiel	Reduktion gegenüber heutigem Durchschnitt in Prozent bis 2020
Mechanik / Elektronik	Elektrischer Antrieb	bis 20
	Kompressionsvorgänge	bis 15
	Pumpen	bis 25
	Reibungsverminderung	bis 20
Thermik	Wirbelschicht	bis 10
	Wärmerückgewinnung	bis 30
	Trocknen	bis 15
	Erwärmen	bis 25
	Öfen	bis 15
	Wärmedämmung	bis 20
Ablauf	Roboter	20
	Messen, Regeln, Steuern	
Rohstoffe	Recycling	80

Quelle: Basics AG, Zürich, Perspektiven des industriellen Energieverbrauchs, Februar 1997

Verbesserte Wärmedämmung und Haustechnik

Neben der rationellen Nutzung bei den verschiedenen Technologien liegt im industriellen Sektor ein grosses Potential bei der Raumwärme und der Haustechnik. Hier beträgt die Einsparmöglichkeit bis zu 50%.

Es ist eine bekannte Tatsache, dass viele Industriebauten schlecht isoliert sind. Hier kann viel Energie gespart werden. Ausserdem besteht die Möglichkeit, vermehrt erneuerbare Energien und Abwärme einzusetzen.

Strukturelle Änderungen

Die Strukturbereinigung in der schweizerischen Industrie wird weitergehen. Die einzelnen Branchen werden sich unterschiedlich entwickeln, mehrere werden wachsen, einige jedoch schrumpfen oder ins Ausland abwandern. Vor allem in den Branchen Steine und Erden, Metalle und wahrscheinlich auch Papier werden Optimierungen und Konzentration der Produktionsstandorte dazu führen, dass der Energieverbrauch in absoluten Zahlen abnimmt. Ausserdem werden in der Zementindustrie vermehrt Industrieabfälle als Heizmaterial eingesetzt werden.

Quantitative Reduktionsmöglichkeiten

Ausgehend vom Jahre 1990 sind im Sektor Industrie bis zum Jahre 2010 bzw. 2020 folgende Veränderungen möglich

Tabelle 5.4: Möglichkeiten der Reduktion des Energieverbrauchs bis zum Jahre 2010 bzw. 2020

Jahr	2010	2020
Basisverbrauch 1990	173 PJ	173 PJ
Zunahme infolge Mehrproduktion	+ 20 PJ	+ 30 PJ
Heizung und Haustechnik	- 10 PJ	- 15 PJ
Strukturbereinigung	- 10 PJ	- 10 PJ
Technologische Verbesserungen	- 15 PJ	- 30 PJ
Bereits 1995 realisiert	- 8 PJ	- 8 PJ
Total Reduktion	- 23 PJ	- 33 PJ
Absoluter Verbrauch	150 PJ	140 PJ

Bezüglich der Energieträger wird für die nächsten 20–30 Jahre erwartet, dass die Abfallverwertung und der Einsatz von Erdgas zunehmen werden. Der Elektrizitätsbedarf wird sich in absoluten Zahlen nur wenig ändern. Hingegen wird der Verbrauch von Heizöl leicht, mittel und schwer sowie von Kohle stark abnehmen.

5.3. Hindernisse und Probleme

Die Preise für Prozessenergien spielen für viele Industriebranchen eine wichtige Rolle und sind für die Konkurrenzfähigkeit von grosser Bedeutung. Trotzdem besteht kein Anlass, höhere Energiepreise a priori abzulehnen, vorausgesetzt, dass diese international harmonisiert sind. Wenn eine internationale Harmonisierung fehlt, käme es zu weiteren Verlagerungen ins Ausland, was weder ökologisch noch ökonomisch erwünscht ist.

5.4. Massnahmen zur Zielerreichung

Die zentrale Frage lautet, was zu tun ist, damit die aufgezeigten Einsparpotentiale auch wirklich genutzt werden. Dabei können folgende Möglichkeiten in Betracht gezogen werden:

- Durch Branchenvereinbarungen mit klaren Zielsetzungen kann die Energieeffizienz rasch und wirksam verbessert werden.
- Es können Anreize zur Verwendung der Best Available Technologies geschaffen werden.
- Die Prozessenergie kann verteuert werden, jedoch nur unter der Voraussetzung, dass transnational eine grossräumige Harmonisierung stattfindet.

- Investitionen für energiesparende Massnahmen werden durch Anreize gefördert, wie z.B. höhere Ausnutzungsziffern, raschere Baubewilligungen usw.
- Zur rationellen Nutzung der Heizenergie in Produktions- und Verwaltungsgebäuden kann man eine Verteuerung der Energie bewirken, dass Wärmedämmungen und Heiztechnik verbessert werden.
- Die Energie für den Industrieverkehr wird gleich belastet, wie für den übrigen Güterverkehr.

5.5. Fazit: Fast 20 Prozent weniger Energie bis 2020

Trotz Zunahme der Wertschöpfung um rund 60% bis zum Jahre 2020 kann der Energieverbrauch im Industriesektor bis zu diesem Jahr um fast 20%, d.h. von 173 PJ (im Jahre 1990) auf ca. 140 PJ (im Jahre 2020) reduziert werden – vorausgesetzt, dass die in diesem Kapitel aufgeführten Rahmenbedingungen wirksam werden. Vom Reduktionspotential von 33 PJ entfallen 31 PJ auf die fossilen Energien.

Höhere Energiepreise, die grossräumig beziehungsweise international harmonisiert sind, wären für die Schweiz durchaus vorteilhaft, weil unsere Industrie bezüglich Energieeffizienz schon heute gut vorbereitet ist.

6. Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistungen

6.1. Ausgangslage 1990

**1990 15.5% des
Gesamtenergieverbrauchs**

Im Jahre 1990 betrug der Endenergieverbrauch im Sektor Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistungen 126 PJ, was rund 15.5% des gesamten Energieverbrauchs in der Schweiz entsprach. Dabei muss berücksichtigt werden, dass 1990 die Zuordnungsbasis geändert wurde, indem die Branchen Bau und verarbeitendes Gewerbe nicht mehr im Sektor Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistungen enthalten sind. Dadurch reduzierte sich in der Statistik der Energieverbrauch um ca. 27 PJ. Die gleiche Energiemenge wurde dem Sektor Industrie zugeordnet. (Siehe auch Sektor Industrie).

Ohne diese Änderung hätte der Sektor Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistungen im Jahre 1990 rund 19% der gesamten Energie verbraucht.

Von den 126 PJ werden rund 60% bzw. 77 PJ für Wärme eingesetzt.

Tabelle 6.1: Geschätzter Energieverbrauch im Jahre 1990 der einzelnen Branchen des Sektors Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistungen

Branche	Fossil/Holz/ Fernwärme in PJ	Strom in PJ	Total in PJ	Anzahl Beschäftigte in 1000	Energieverbrauch pro Einwohner in GJ
Handel	11.3	10.9	22.2	526	3.29
Banken/Versicherungen	3.2	3.2	6.4	201	0.95
Gastgewerbe	10.3	6.2	16.5	214	2.24
Schulen	9.2	2.1	11.3	199	1.68
Heime/Spitäler	10.6	2.4	13.0	241	1.93
Übrige Dienstleistungen*	28.6	10.8	39.4	1048	5.84
Landwirtschaft	8.6	3.3	11.9	162	1.76
Sonstige	–	4.8	4.8	–	0.71
Summe	81.8	43.7	125.5	2591	18.60

* Öffentliche Verwaltungen, Kultur, Sport, Beratung, Planung usw.

Quelle: Synthesebericht Energieperspektiven 1990–2030, Prognos AG, Basel, November 1996, Literatur [3]

**Sport und
Erlebnisweltaktivitäten
sind energieintensiv**

Wie sich der Energieverbrauch der einzelnen Branchen 1990 zusammensetzte, ist aus der Tabelle 6.1 ersichtlich. Es fällt auf, dass die Branche «Übrige Dienstleistungen» mit 39.4 PJ prozentual den grössten Energieverbrauch im Sektor Dienstleistungen aufweist. Hinzu kommt, dass der Sport, der auch zu dieser Branche gezählt wird, zusätzlich ein grosses Verkehrsaufkommen verursacht. Dieser verkehrsbedingte Energieverbrauch ist im Sektor Verkehr erfasst. Es sei hier lediglich festgehalten, dass Sport und Erlebniswelt – Aktivitäten, die im Trend liegen – sehr energieintensiv sind.

Unter der Rubrik «Sonstige» sind diverse Energieverbräuche zusammengefasst, vor allem Energien für öffentliche Beleuchtung und Kläranlagen.

Im Sektor Landwirtschaft beträgt der Energieverbrauch nur 11.9 PJ, wovon der grösste Teil (7.5 PJ Diesel) für den Antrieb von landwirtschaftlichen Maschinen und Fahrzeugen verwendet wird. Da diese Menge nicht sehr bedeutend ist, wird sie in den weiteren Betrachtungen nicht mehr berücksichtigt.

Verbrauch nach Energieträgern

In der Tabelle 6.2 ist der Energieverbrauch nach Energieträgern zusammengestellt. Dabei ist ersichtlich, dass im Dienstleistungssektor praktisch nur Heizöl EL, Gas und Strom verbraucht wurden.

Tabelle 6.2: Energieverbrauch im Sektor Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistungen nach Energieträgern im Jahre 1990

Energieträger	Verbrauch in PJ	Verbrauch in TWh	Erneuerbar
Heizöl EL	55.6	15.5	0
Diesel	7.5	2.1	0
Erdgas	14.2	3.95	0
Elektrizität	43.7	12.1	60%
Fernwärme	1.9	0.5	50%
Holz	2.4	0.7	100%
Sonstige	0.2	0.05	100%
Total	125.5	34.9	23%

Quelle: Synthesebericht Energieperspektiven 1990-2030, Prognos AG, Basel, November 1996
Literatur [3]

Die Entwicklung 1983–1995

In der Tabelle 6.3 ist der Energieverbrauch seit 1983 zusammengestellt. Verlässliche Zahlen vor 1983 sind nicht erhältlich. Die Zunahme seit 1983 ist vor allem auf einen höheren Strom- und Erdgaseinsatz zurückzuführen. Der Verbrauch von Erdölbrennstoffen hat hingegen von 1983 bis 1995 von 77.3 PJ auf 66.5 PJ abgenommen.

Tabelle 6.3: Entwicklung des Energieverbrauchs im Sektor Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistungen von 1983 bis 1995

Jahr	Verbrauch in PJ inkl. Bau und verarbeitendes Gewerbe	Verbrauch in PJ ohne Bau und verarbeitendes Gewerbe
1983	142.5	
1987	153.4	
1990	148.4	125.6
1993	157.5	
1995	157.2	

Quelle: Schweizerische Gesamtenergiestatistik 1996
Synthesebericht Energieperspektiven 1990-2030, Prognos AG, Basel, November 1996, Literatur [3]

6.2. Verbesserungspotential

Wachstum der Energiebezugsflächen nicht zwingend

Die Entwicklung des Energieverbrauches ist eng mit der Entwicklung der Energiebezugsflächen bzw. mit der Anzahl der Beschäftigten verknüpft. Im Gegensatz zur Forschungsgruppe Energieanalysen an der ETH Zürich geht die SATW davon aus, dass bei den Energiebezugsflächen kein Wachstum zwingend ist, da diese schon heute grosszügig ausgelegt sind. Dies ist selbst bei zunehmender Beschäftigung möglich, da in den letzten Jahren der Hochkonjunktur ein beträchtliches Neubauvolumen realisiert wurde, das zu einem grossen Bestand an Leerflächen (ca. 10 Mio m² freie Bürofläche) führte, und zwar nicht nur bei Gewerbezentren sondern auch bei Spitälern, Verwaltungen, Banken usw. Ausserdem dürfte in Zukunft eine vermehrte Umnutzung von leerstehenden Industriebauten zu Dienstleistungsgebäuden erfolgen.

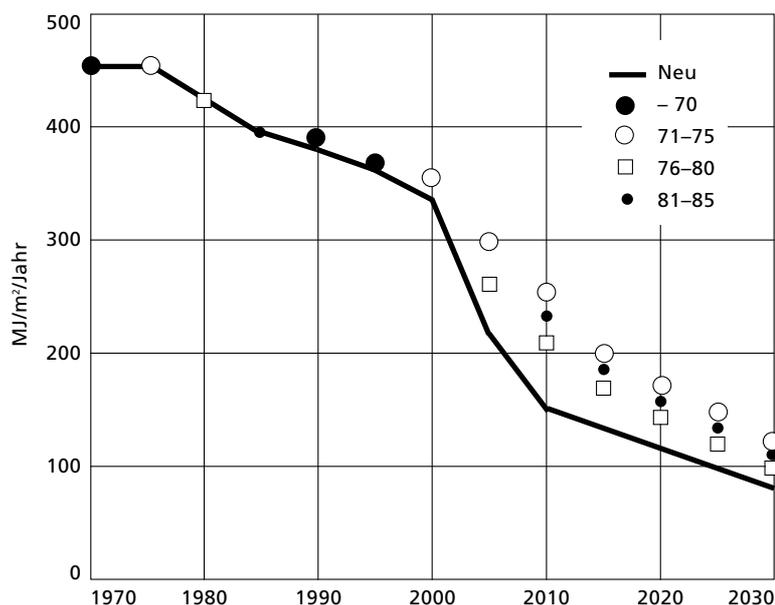
Sollten in der Branche «Übrige Dienstleistungen» (Kultur, Sport, Freizeit usw.) wegen der energieintensiven «Erlebniswelt» die Energiebezugsflächen bzw. der Energieverbrauch weiter steigen, können diese in anderen Branchen reduziert werden.

Reduktion Wärme

Durch Verbesserung der Wärmedämmung und durch Einsatz energieeffizienter Heizungs-systeme kann bei den Dienstleistungsgebäuden der Energiebedarf für Raumwärme wesentlich reduziert werden. Dies kann auch innert nützlicher Frist realisiert werden, da die Sanierung hier mit Sicherheit rascher erfolgt als bei den Privathaushalten.

Unter der optimistischen Annahme, dass das wirtschaftliche Einsparpotential auch tatsächlich ausgeschöpft wird, sinkt der Wärmebedarf in Neubauten und in sanierten Bürogebäuden ganz beträchtlich. Die technisch mögliche Entwicklung ist in Abbildung 6.1 dargestellt.

Abbildung 6.1: Wärmebedarf der Neubauten und der sanierten Gebäude charakterisiert durch die Bauperiode.



Quelle: Perspektiven der Energienachfrage des primären und tertiären Sektors, B. Aebischer, ETH Zentrum, Zürich, April 1997, Literatur [20]

Reduktionspotential Elektrizität

In den siebziger und achtziger Jahren bleiben die durchschnittlichen Energiekennzahlen Elektrizität mehr oder weniger konstant, d.h. Mehrverbrauch und Einsparungen hielten sich in etwa die Waage. Heute gibt es klare Indizien, dass die durchschnittliche Energiekennzahl auch im Elektrizitätssektor nicht mehr konstant bleibt, sondern dass sie sich reduzieren wird dank verbesserten Neubauten, neuen Geräten und Installationen, und dank korrekter Dimensionierung und Regulierung.

In der Tabelle 6.4 sind für einige Branchen bzw. Unterbranchen die durchschnittlichen Energiekennzahlen Elektrizität und die heutigen Bestwerte zusammengestellt, die durch eine sorgfältige Planung und Realisierung, ohne Komforteinbusse in der Praxis (nicht in der Forschung) erreicht werden. Bei den Bürogeräten wird einerseits der spezifische Strombedarf in Zukunft zwar noch stark abnehmen, andererseits wird jedoch die Anzahl der Geräte weiter steigen.

Tabelle 6.4: Durchschnittliche Energiekennzahlen Elektrizität und Bestwerte für einige ausgewählte Beispiele in MJ/m² a

Branche	Durchschnitt	Bestwert
Handel:		
Ladengebäude hoch techn.	1000	860
Bürogebäude mittel techn.	300	170
Banken/Versicherungen:		
Bürogebäude hoch techn. mit RZ	1200	360
Bürogebäude wenig techn.	150	110
Techn. Gastgewerbe		
Restaurant techn. intensive Küche	1500	1100
Hotel mit Freizeitbetrieb	550	450
Schulen:		
Höhere Schule techn. mit Labor	700	400
Volksschule	50	40
Gesundheitswesen:		
Spital hoch techn.	350	190
Krankenheim	190	130
Übrige Dienstleistungen:		
Verkehrsgebäude	270	180
Kultur, Sport, Kirchen	180	120

Quelle: Forschungsgruppe Energieanalysen ETH Zürich (Literatur [19])

Unter der Annahme, dass die heute bekannten technischen Möglichkeiten genutzt werden, ist im Sektor Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistungen die in Tabelle 6.5 zahlenmässig aufgezeigte zukünftige Entwicklung des Energieverbrauchs möglich.

Tabelle 6.5: Jährlicher Energieverbrauch in PJ bei gleichbleibender Energiebezugsfläche

Jahr	Nicht fossil PJ	Fossil PJ	Total PJ
1990	47	78	125
2000	52	62	114
2010	52	46	98
2020	48	32	80
2030	43	22	65

Quelle: Forschungsgruppe Energieanalysen, ETH Zürich

Weitere ausführliche und detaillierte Angaben über die Potentiale zur Reduktion des Energieaufwandes im Sektor Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistungen sind in der Studie «Perspektiven der Energienachfrage des tertiären Sektors 1990–2030» vom Oktober 1996 zu finden. (Literatur [19])

6.3. Hindernisse und Probleme

Eine wesentliche Reduktion des Energieverbrauchs ist aus heutiger Sicht ohne weiteres möglich, wenn man bereit ist, energiebewusst zu leben, und Investitionen zu tätigen, deren Rendite erst längerfristig gegeben ist. Es gibt aber einige Hemmnisse, die überwunden werden müssen wie z.B.:

- Als Folge tiefer Energiepreise ist der Energieverbrauch heute kein Kostenfaktor
- Die Investitionspräferenz geht in den meisten Fällen zugunsten des Kerngeschäftes. Die Reduktion des Energieverbrauchs hat kaum Priorität
- Es herrscht Unsicherheit über die künftigen Energiepreise

- Die Ansprüche an Komfort sind sehr hoch und man ist nicht bereit, eine Einbusse in Kauf zu nehmen. Ausserdem besteht eine gewisse Angst, dass bei reduziertem Energieeinsatz die Zuverlässigkeit gewisser Systeme nachlassen könnte
- Der Wunsch nach einer energieintensiven «Erlebniswelt» wird immer ausgeprägter
- Um die möglichen Bestwerte zu erreichen, sind Investitionen notwendig, deren Renditen aus heutiger Sicht unbefriedigend sind
- Die fortschreitende Informatisierung braucht mehr Strom, obwohl die einzelnen Geräte in Zukunft weniger Energie brauchen werden
- Energiefragen sind kompliziert und es braucht einen Denkprozess, um die Zusammenhänge klar zu erkennen
- Die Architekten, Bauunternehmer und Bauherren müssen sich intensiver mit Fragen des Energiesparens befassen und die neuesten Erkenntnisse in der Praxis konsequent umsetzen
- Oft fehlt der Wille, energiebewusst zu leben

6.4. Massnahmen zur Zielerreichung

Grosses Verbesserungspotential bei der Wärmedämmung

Wie bei den Privathaushalten besteht auch bei den Dienstleistungsgebäuden ein grosses Potential zur Reduktion des Heizenergiebedarfs. Zwischen 1960 und 1980 wurden nämlich viele Gebäude in schlechter Qualität erstellt. Bei den Geräten und den Gebäudeeinrichtungen sind nicht nur die Hersteller gefordert, sondern die Konsumenten müssen festzulegende Zielwerte fordern.

Zur Zielerreichung können folgende Möglichkeiten in Betracht gezogen werden:

Ausbildung/Information

- Die Planer, Architekten, Bauunternehmer und Bauherren sind besser auszubilden, damit der Kenntnisstand so gut ist, dass sie konsequent Massnahmen zum Energiesparen ergreifen können
- Demonstrations- bzw. Pilotanlagen aufstellen
- Labels für Bürogeräte fordern
- Energiekennzahlen veröffentlichen

Vorschriften / Anreize

- Unverbindliche Zielwerte in verbindliche Vorschriften umwandeln
- Vorteile bei Bewilligungsverfahren oder bei der Ausnutzungsziffer gewähren

Energiepreisanpassungen

- Erhöhen der Energiepreise mit einem exponentiellen Anstieg, damit alle Energiekonsumenten wissen, was auf sie zukommen wird.
- Finanzielle Anreize für das Ergreifen von Energiesparmassnahmen
- Ausschöpfen des Einsparpotentials mittels Einspar-Contracting

6.5. Fazit: Halbierung des Verbrauchs bis 2020 möglich

Wenn die vorgeschlagenen bzw. die heute bekannten Möglichkeiten realisiert werden, kann im Sektor Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistungen der Energieverbrauch von 126 PJ im Jahre 1990 um ca. 35% auf rund 80 PJ im Jahre 2020 reduziert werden.

Bei den fossilen Energieträgern ist im gleichen Zeitraum sogar eine Reduktion um fast 60% d.h. von 78 PJ auf 32 PJ möglich.

Trotz zunehmender Technisierung und Informatisierung ist der nicht fossile Anteil (vorwiegend Elektrizität) im Jahre 2020 gleich hoch wie 1990.

7. Verkehr

7.1. Ausgangslage

36% der fossilen Energieträger

Im Jahre 1990 betrug der Endenergieverbrauch des Verkehrs auf schweizerischem Territorium 210 PJ. Das sind rund 27% der gesamten in der Schweiz verbrauchten Energie oder 36% bezogen auf die fossilen Energiequellen. Die Energiestatistik bezifferte die 1990 in der Schweiz im Sektor Verkehr abgesetzte resp. verkaufte Energie auf 251 PJ.

Der Verkehr gehört somit zu den bedeutendsten Energieverbrauchern in der Schweiz, insbesondere von nicht erneuerbaren Energiequellen. Rund 20% der in der Schweiz getankten Energie wird ausserhalb der Schweiz verbraucht, wie die Differenz zwischen der Territorialbetrachtung und der Energiestatistik zeigt. Die Verbrauchergruppe Verkehr hat in den letzten 50 Jahren anteilmässig am meisten zugenommen. Seit 1950 hat sich der Energieverbrauch im Verkehr dreizehnfach, seit 1960 immerhin mehr als vervierfacht.

Tabelle 7.1: Entwicklung der Verkehrsnachfrage und die Veränderung des Schienenanteils im Landverkehr zwischen 1960 und 1990.

		1960	1990	Index 1960 = 100
Nachfrage Personen-Landverkehr	Mio. Pkm/a	28'986	98'263	339
Anteil Schiene	% Pkm	27.5%	12.9%	47
Nachfrage Güter-Landverkehr	Mio. tkm/a	6'548	21'690	331
Anteil Schiene	% tkm	65.8%	41.1%	62
Nachfrage Personen-Luftverkehr	Mio. Pkm/a	1'513	26'279	1737

Quelle: Schweizerische Verkehrsstatistik, Literatur [24]

Gemäss Tabelle 7.1 hat sich somit die Verkehrsnachfrage seit 1960 im Landverkehr mehr als verdreifacht, im Luftverkehr gar versiebzehnfacht, während sich der Anteil des vergleichsweise energiesparenden Schienenverkehrs (vgl. Tabelle 7.3) im Personenverkehr halbiert und im Güterverkehr um über ein Drittel reduziert hat. Die Vervielfachung des Energieverbrauchs im Verkehr zwischen 1960 und 1990 ergibt sich somit nicht alleine aus der Zunahme der Nachfrage im Landverkehr, sondern auch durch markante Marktanteilsverluste des energiespar-samen Schienenverkehrs sowie aus der enormen Zunahme des internationalen Luftverkehrs.

Starke Unterschiede zwischen den Verbrauchergruppen

Dominant ist der private Strassenverkehr

Der Energieverbrauch im Verkehr verteilte sich 1990 gemäss Tabelle 7.2 auf verschiedene Verbrauchergruppen. Beim Landverkehr entfallen ca. 95% des Energieverbrauches auf den Strassenverkehr. Der private Strassenverkehr ist somit die mit Abstand grösste Verbrauchergruppe. An zweiter Stelle folgt der Luftverkehr.

Tabelle 7.2 Energieverbrauch 1990 nach verschiedenen Verbrauchsgruppen

Verbrauchergruppe	Energieverbrauch 1990 in PJ
Personen-Landverkehr	159.2
Güternahverkehr (Land)	18
Güterfernverkehr (Land)	18
Luftverkehr	47.7
Übriger Verkehr	8.3
Total	251.2
Total ohne Luftverkehr	203.5

Quelle: Schweizerische Verkehrsstatistik

Schwierige Einordnung des Luftverkehrs

Betrachtet man nur den Energieverbrauch auf schweizerischem Territorium, so werden laut EVED bei 210 PJ/a Gesamtverbrauch 18.9 PJ/a im Flugverkehr, 46.2 PJ/a im Güterverkehr und 144.9 PJ/a im Personenverkehr verbraucht. Die Bedeutung des Flugverkehrs und Güterverkehrs wird damit je nach Betrachtungsweise über- resp. unterschätzt. Der Personenverkehr auf der Strasse bleibt jedoch dominant.

Nachfolgend wird der primär internationale Flugverkehr jeweils gesondert betrachtet, weil hier eine auf den Raum Schweiz bezogene, nationale Betrachtung nicht sinnvoll ist. Dass heute bereits jeder vierte in der Schweiz getankte Liter Treibstoff in der Luft verbraucht wird, zeigt aber klar die Bedeutung des Flugverkehrs.

Spezifischer Primärenergieverbrauch einzelner Verkehrsmittel

Graue Energie und Betriebsenergie

Das im Auftrag des Schweizerischen Nationalfonds erstellte Ökoinventar Transporte hat für den mittleren spezifischen Primärenergieverbrauch pro Personenkilometer der einzelnen Verkehrsmittel die in Tabelle 7.3 aufgeführten Werte ermittelt. Der Primärenergieverbrauch ist jeweils aufgeteilt in den direkten und den indirekten Verbrauch. Die sog. «Graue Energie» beinhaltet den Energieverbrauch für die Herstellung der Infrastruktur und der Fahrzeuge sowie des Treibstoffes resp. Stromes.

Tabelle 7.3 zeigt, dass der spezifische Primärenergieverbrauch je nach Verkehrsmittel zum Teil deutliche Unterschiede aufweist. Schnellzug, Car und Regionalbus weisen den günstigsten spezifischen Gesamtenergieverbrauch auf. Zwischen Schnellzug und Kurzstreckenflugzeug liegt ein Faktor 5.

Bei Auto, Bus und Flugzeug ist der Anteil des direkten Energieverbrauches (Treibstoffverbrauch) bei 60 bis 80%, beim Zug und Tram nur zwischen 10 und 20%. Sehr hoch ist beim Zug der Primärenergieverbrauch für die Bereitstellung der Infrastruktur. Der Gesamtenergieverbrauch von Zügen könnte durch eine bessere Auslastung der Infrastrukturen erheblich gesenkt werden.

Tabelle 7.3 Primärenergieverbrauch der Personenverkehrsmittel in MJ pro Pkm

Personenverkehrsmittel	direkter Energieverbrauch, Betriebsenergie [MJ/Pkm]		indirekter Energieverbrauch, «Graue Energie» [MJ/Pkm]		Total (100%) [MJ/Pkm]
Personenwagen	1.8	60%	1.2	40%	3.0
Reisecar	0.6	60%	0.4	40%	1.0
Regionalbus	0.9	65%	0.5	35%	1.4
Tram	0.5	20%	1.9	80%	2.4
Schnellzug	0.1	10%	0.8	90%	0.9
Regionalzug	0.3	15%	1.7	85%	2.0
Kurzstreckenflugzeug	3.6	80%	1.0	20%	4.6
Langstreckenflugzeug	2.3	80%	0.5	20%	2.8

Technik beeinflusst Verkehrsnachfrage und Anteile der Verkehrsträger

Technologischer Rückstand der Eisenbahnen

Je geringer der Widerstand zur Überwindung von Distanzen, desto grösser das Verkehrsaufkommen zwischen zwei Orten. Das «Gravitationsgesetz» gilt auch für den Verkehr.

In den letzten Jahrzehnten wurden im Verkehr insbesondere bei den Verkehrsmitteln Auto, Lastwagen und Flugzeug sowie den zugehörigen Infrastrukturen enorme technische Verbesserungen realisiert. Bei den einst führenden Eisenbahnen hingegen sind technische Verbesse-

rungen nur in wesentlich bescheidenerem Ausmass entwickelt und eingeführt worden. Das gilt insbesondere für den Güterverkehr.

Die starke Zunahme der Verkehrsnachfrage auf der Strasse und in der Luft sowie die nur moderate Verkehrszunahme auf der Schiene (vgl. Tabelle 7.1) sind ein Spiegelbild der unterschiedlichen technischen Entwicklung in den vergangenen Jahrzehnten. Eine markante technische Verbesserung des Schienenverkehrssystems und dessen Anpassung an die Bedürfnisse der potentiellen Benutzer sind unerlässliche Voraussetzungen für eine Rückverlagerung von Verkehrsströmen auf die vergleichsweise energiesparende Schiene.

Die zukünftige Verkehrsnachfrage und der Modal Split (Anteil der einzelnen Verkehrsmittel/-träger) werden auch in Zukunft massgeblich durch die weitere technische Entwicklung der Verkehrssysteme beeinflusst. Nachdem in den vergangenen Jahrzehnten die Technik vor allem dazu diente, Distanzen auf der Strasse oder in der Luft schneller und billiger zu überwinden, wird die technische Herausforderung der kommenden Jahrzehnte darin bestehen, mit neuen energiesparenden Verkehrssystemen Distanzen ebenso rasch und günstig zu überwinden und reelle Alternativen zu Auto, Lastwagen und Flugzeug bereitzustellen.

7.2. Verminderungspotentiale beim Energieverbrauch

Drei Bereiche mit unterschiedlicher «Hebelwirkung»

Potentiale zur Senkung des Energieverbrauches im Verkehr bestehen grundsätzlich in folgenden drei Bereichen:

- Reduktion des spezifischen Energieverbrauchs pro Verkehrsmittel/-träger (Technologie, Betrieb)
- Verlagerung auf energiesparendere Verkehrsmittel/-träger (Modal Split-Änderungen)
- Reduktion der Nachfrage nach Verkehrsleistungen (Vermeidung und Verzicht)

Massnahmen bei Technologie und Betrieb am wirksamsten

Unter der Bedingung, dass sich die Attraktivität für den Benutzer nicht wesentlich verschlechtert, vor allem in Bezug auf Preis und Komfort, sind Massnahmen im Bereich Technologie und Betrieb am wirksamsten, weil ein erhebliches technisches Reduktionspotential besteht, die Akzeptanz hoch ist und die Massnahme direkt bei der grössten Verbrauchergruppe – dem Autoverkehr – ansetzen kann. Die Akzeptanz ist hoch, weil abgesehen vom Kaufentscheid für ein verbrauchsarmes Auto keine Veränderungen des Verkehrsverhaltens vorausgesetzt werden. Massnahmen im Bereich «Modal Split-Anwendungen» würden theoretisch zu einer erheblichen Senkung des Treibstoffverbrauches führen (vgl. Tabelle 7.3). Die Bereitschaft, gegenüber heute vermehrt auf den öffentlichen Verkehr umzusteigen oder Gütertransporte auf die Schiene zu verlagern muss aus heutiger Sicht jedoch als gering eingestuft werden. Ohne grundlegende strukturelle Veränderungen – beispielsweise durch neuartige Verkehrssysteme oder rigorose verkehrspolitische Eingriffe – sind kaum wesentliche Energieeinsparungen infolge von Modal Split-Veränderungen zu erwarten.

Massnahmen im Bereich «Vermeidung und Verzicht» schliesslich setzen im Personenverkehr Verhaltensveränderungen voraus. Freiwillige Veränderungen sind erfahrungsgemäss nur über längere Zeiträume, d.h. über Generationen realistisch. Massnahmen in diesem Bereich leisten deshalb allenfalls langfristig einen Beitrag zur Senkung des Energieverbrauches im Verkehr.

Konkrete Ansätze in den drei Bereichen

In den drei Bereichen tragen folgende Ansätze zu Energieeinsparungen bei:

Senkung des spezifischen Energieverbrauchs pro Verkehrsmittel/-träger

Der spezifische Verbrauch der Fahrzeuge kann durch den Einsatz moderner Technologien weiter verbessert werden. Das «3 Liter-Auto» wird heute von der Industrie als realistisch bezeichnet. Leichtbaukonstruktionen sowie Verbrauchs- und schadstoffarme Dieselmotoren für den Antrieb finden zunehmend Verwendung.

Die breite Markteinführung von «3 Liter-Autos» könnte einen sehr grossen Betrag zur Senkung des Energieverbrauches im Verkehr leisten.

Die Verbesserung der Auslastung der Verkehrsmittel trägt ebenfalls zur Reduktion des spezifischen Energieverbrauches bei; insbesondere beim Schienenverkehr, wie Tabelle 7.3 zeigt. Beim öffentlichen und paraöffentlichen Verkehr kann durch nachfragesteuernde Massnahmen wie z.B. Preisdifferenzierungen (Beispiel TGV in Frankreich) eine gleichmässige und bessere Auslastung der Kapazitäten erreicht werden. Beim Strassengüterverkehr führt eine Erhöhung der zulässigen Nutzlast zur Senkung des spezifischen Energieverbrauchs. Die Erhöhung der Auslastung im Individualverkehr hingegen hat sich in der Schweiz zumindest in der Vergangenheit als eher schwierig erwiesen.

Verlagerung auf energiesparende Verkehrsmittel/-träger

Zwischen den einzelnen Verkehrsträgern liegen zum Teil erhebliche Unterschiede beim spezifischen Energieverbrauch (vgl. Tabelle 7.3). Aus einer Verlagerung auf energiesparendere Verkehrsträger (z.B. von der Strasse auf die Schiene) resultieren damit grössere Energiesparpotentiale. Im Kurzstreckenverkehr führt die Verlagerung vom Auto zu Velo, Bus oder Fusswegen zu Energieeinsparungen. Immerhin erfolgen fast ein Drittel aller Fahrten mit dem Personenwagen über Distanzen von weniger als 3 km (vgl. Verkehrsverhalten in der Schweiz 1994, Bundesamt für Statistik). Die Förderung von sicheren Veloverbindungen leistet hier einen wichtigen Beitrag.

Reduktion der Nachfrage nach Verkehrsleistungen

Eine Reduktion der Nachfrage nach Verkehrsleistungen führt zu proportionalen Energieeinsparungen. Verkehrsleistung kann durch betriebliche Optimierungen, persönlichen Verzicht oder durch den Einsatz moderner Telekommunikationsmittel reduziert werden. Die Durchführung von Videokonferenzen könnte zum Beispiel zu einer Substitution von geschäftlich bedingten Fahrten und Reisen führen. Die Manto-Studie der ETH Zürich beziffert das Einsparpotential im betroffenen Segment auf 10 bis 15%. Eine spürbare Reduktion durch freiwilligen Verzicht ist aus heutiger Sicht eher unrealistisch.

Realisierbare Verminderungspotentiale

Quantifizierung unter geeigneten Rahmenbedingungen

In Tabelle 4 werden für die drei Bereiche die unter geeigneten Rahmenbedingungen realisierbaren Verminderungspotentiale quantifiziert. Die angegebenen Verminderungspotentiale in Prozent bedeuten für:

- **Spezifischer Verbrauch:** Reduktion des mittleren Treibstoffverbrauches durch konsequente Verwendung der serienmässig verfügbaren technisch-betrieblichen Lösungen
Quellen: Verschiedene Fahrzeughersteller

- **Modal Split:** Geschätzter Anteil der Umsteiger im entsprechenden Segment; die Energieeinsparung beträgt pro Umsteiger ca. 50 bis 90%, je nach Segment (vgl. Tabelle 3)
Quellen: Expertenschätzung Ernst Basler & Partner AG
- **Verkehrsnachfrage:** Geschätzte Zunahme/Abnahme der Verkehrsnachfrage in Pkm oder tkm im entsprechenden Segment; proportionale Energieeinsparung pro Segment
Quellen: Trendprognosen, Expertenschätzung Ernst Basler & Partner AG

Schätzungen auf Grund verschiedener Quellen

Die Zahlenangaben beruhen auf einer Auswertung diverser Quellen und kritischen Beurteilung durch die Verfasser. Die nachfolgende Tabelle 7.4 soll vor allem einen strukturierten Überblick über das technisch als möglich und realistisch erachtete Veränderungspotential verschiedener Massnahmen und der erwarteten Verkehrszunahme erlauben. Die Veränderungen der Verkehrsnachfrage wurden eher konservativ geschätzt.

Tabelle 7.4: Quantifizierung von realisierbaren Verminderungspotentialen bis zum Jahr 2020

Massnahmenbereich	Massnahme	Personenlandverkehr	Güterlandverkehr	Luftverkehr
Spezifischer Verbrauch	Antrieb (Motoren, Getriebe)	bis 30%	bis 10%	bis 20%
	Leichtbauweise	bis 20%	bis 10%	
	Luft- und Rollwiderstand	bis 10%	bis 20%	
	Auslastung	bis 20%	bis 40%	bis 20%
	Geschwindigkeitsbegrenzung	bis 20%	bis 10%	
	Kumulierte Wirkung	bis 60%	bis 30%	bis 30%
Modal Split	Auto zu Velo (kurze Distanzen)	bis 10%		
	Auto zu Bahn (Arbeit)	bis 15%		
	Auto zu Bahn (Freizeit)	bis 20%		
	Flugzeug zu Bahn		bis 40%	bis 20%
Lkw zu Güterzug				
Personen	Arbeit	+20%		+30%
	Freizeit	+30%		+20%
Güter	Nahverkehr		-	
	Fernverkehr		+ 20%	

Bis 60% Reduktion mit dem «Dreiliter-Auto»

Die kumulierten Wirkungen im Bereich «spezifischer Verbrauch» erreichen beim Personenverkehr bis zu 60% – realisiert im «Dreiliter-Auto». Aus den angenommenen Veränderungen des Modal Splits resultieren ebenfalls Senkungen des Energieverbrauches. Das Verkehrsaufkommen des Jahres 1990 könnte somit im Jahr 2020 mit 50% weniger Energie abgedeckt werden. Wegen der prognostizierten Zunahme der Verkehrsnachfrage beträgt die Reduktion aber weniger als 50%.

7.3. Zeitbedarf für die Umsetzung

Rahmenbedingungen Lebensdauer und Einsparungen

Der Zeitbedarf für die Ausschöpfung der in Tabelle 7.4 aufgezeigten Potentiale hängt ab von der Schaffung der Rahmenbedingungen (Transmission), der Lebensdauer der Verkehrsmittel und den möglichen Einsparungen pro Fahrzeuggeneration. Bei einer durchschnittlichen Lebensdauer von 10 Jahren für ein Auto und 5 bis 10 Jahren Entwicklungszeit bis zum serienreifen Dreiliter-Auto und zur Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen kann das Potential bis ca. im Jahr 2020 ausgeschöpft werden.

Der Zeitbedarf für Modal Split-Änderungen zugunsten der Schiene ist schwieriger abschätzbar. Die hohe Lebensdauer vorhandener Schienenverkehrssysteme, lange Bauzeiten für neue Schieneninfrastrukturen und Widerstände bei der Veränderung liebgewonnener Gewohnheiten wir-

ken verzögernd. Bei geeigneter Markteinführung können allenfalls neue innovative Schienenangebote zu raschen und bedeutenden Veränderungen der Verkehrsmittelwahl führen.

Bis 2010/2020 realisierbare Reduktionen

Senkung des Energieverbrauchs um 50% unter Ausklammerung der Verkehrszunahme

Basierend auf den realisierbaren Verminderungspotentialen (Tabelle 7.4), den Anteilen der verschiedenen Verbrauchergruppen und dem Zeitbedarf für die Umsetzung sind unter geeigneten Rahmenbedingungen je Bereich die in Tabelle 7.5 enthaltenen Reduktionen des Energieverbrauches realisierbar. Diese zeigt, dass der Energieverbrauch im Verkehr unter Ausklammerung der Zunahme der Verkehrsnachfrage gegenüber 1990 um 50% gesenkt werden kann.

Bei einer weiter starken Zunahme der Verkehrsnachfrage entsprechend den Trendprognosen ist eine Halbierung des Energieverbrauches im Verkehr unter den getroffenen Annahmen nicht möglich.

Tabelle 7.5: Realisierbare Reduktion in den Jahren 2010/2020 unter Ausklammerung der Zunahme der Verkehrsnachfrage

Massnahmen nach Bereichen	Potential	Basisverbrauch 1990	Realisierbare Reduktionen	
			im Jahr 2010	im Jahr 2020
Spezifischer Verbrauch:				
Personen-Landverkehr Senkung gegenüber 1990		159.2 PJ	- 31.8 PJ - 20%	- 79.6 PJ - 50%
Güterverkehr Senkung gegenüber 1990		36 PJ	- 10.8 PJ - 30%	- 12.6 PJ - 35%
Luftverkehr Senkung gegenüber 1990		47.7 PJ	- 4.8 PJ - 10%	- 9.5 PJ - 20%
Modal Split:				
Auto auf Bahn/Bus Anteil Umsteiger gegenüber 1990	- 80%	159.2 PJ	- 6.4 PJ 5%	- 12.7 PJ 10%
Lkw auf Bahn Anteil Umsteiger gegenüber 1990	- 50%	36 PJ	- 3.6 PJ 20%	- 5.4 PJ 30%
Flugzeug auf Bahn Anteil Umsteiger gegenüber 1990	- 70%	47.7 PJ	- 3.3 PJ 10%	- 5 PJ 15%
Total Reduktion			- 60.7 PJ	- 124.8 PJ
Absoluter Verbrauch Index: 1990 = 100		251.2 PJ 100	190.5 PJ 75.8	126.4 PJ 50.3

Die Potentiale in der ersten Kolonne beziehen sich auf die spezifische Verbrauchssenkung pro Umsteiger. Die realisierbaren Reduktionen (3. und 4. Kolonne) werden wie folgt berechnet: Basisverbrauch der jeweiligen Gruppe x Anteil der Umsteiger x spezifische Verbrauchssenkung pro Umsteiger. (Der absolute Verbrauch von 1990 251.2 PJ schliesst 8.3 PJ für den übrigen Verkehr gemäss Tabelle 7.2 ein.)

Der Anteil der fossilen Energien am Gesamtenergieverbrauch ist im Verkehr sehr hoch: 85% beim Güterverkehr, 95% beim Personen-Landverkehr und 100% beim Flugverkehr. Der Ermittlung des fossilen Anteils am Gesamtenergieverbrauch (Tabelle 7.6) liegt die Annahme zugrunde, dass dieser 1990 bei 96% lag («Ökoinventar Transporte», Bundesamt für Strassenverkehr, Bern 1993) und bis 2020 auf 93% sinken wird.

Tabelle 7.6: Verbrauch fossiler Treibstoffe im Verkehr 1990/2020 unter Ausklammerung der Zunahme der Verkehrsnachfrage

Jahr	Gesamtenergieverbrauch	Anteil fossile Energien
1990	251.2 PJ	96% = 241.2 PJ
2020	126.4 PJ	93% = 117.6 PJ

7.4. Hemmnisse

Die Erzielung von Energieeinsparungen im Verkehr im angestrebten Umfang stösst auf verschiedene Hindernisse und Probleme. Unterteilt nach den oben definierten drei Bereichen lassen sich die Hemmnisse wie folgt beschreiben.

Hohe Akzeptanz für finanziell vorteilhafte Massnahmen

Senkung des spezifischen Energieverbrauchs pro Verkehrsmittel/-träger

Verbrauchssenkende technische Massnahmen weisen eine hohe Akzeptanz aus. Hiermit sind in der Regel keine Änderungen der Gewohnheiten verbunden und je nach Energiepreis zahlen sich entsprechende Massnahmen sogar finanziell aus. Das Haupthindernis ist hier primär ein ökonomisches, d.h. die Anschaffung eines verbrauchsärmeren Fahrzeuges «muss sich rechnen». Verbrauchersarme Fahrzeuge müssen zudem ein positives Image vermitteln und nicht etwa jenes von «lahmen Enten».

Entscheidungskriterien, Komfort, Gewohnheit und Prestige

Verlagerung auf energiesparendere Verkehrsmittel/-träger

Schwieriger sieht es bei Massnahmen zur Verlagerung auf energiesparendere Verkehrsträger und -mittel aus. Die Mehrheit der Autofahrerinnen und Autofahrer steigt nur dann auf energiesparendere Alternativen um, wenn daraus klare Vorteile resultieren. Weil die verbrauchsabhängigen Treibstoffkosten im Verhältnis zu den fixen Kosten eines Autos relativ bescheiden sind (eher tiefer als Versicherungsprämien oder Garagenmiete) und weitere Faktoren wie Komfort, Gewohnheiten und Prestige eine ungebrochene Bedeutung haben, darf die Verlagerungswirkung von moderaten Energiepreiserhöhungen nicht überschätzt werden. Als wichtiger Nebeneffekt ist zu berücksichtigen, dass z.B. die recht erfolgreiche Verlagerung des Berufspendlerverkehrs auf öffentliche Verkehrsmittel am Autobesitz und der durchschnittlichen Fahrleistung der Autos nur wenig geändert hat. Für den Berufsweg eingesparte Fahrzeugkilometer werden durch mehr Freizeitkilometer oder längere Pendlerstrecken der verbliebenen Autopendler kompensiert.

Flexibilitätsvorsprung der Strassentransporte

Beim Güterverkehr scheitert die Verlagerung vom Lastwagen zur Eisenbahn oft am nicht adäquaten Leistungsangebot der Bahnen. Der Flexibilität des Lastwagens und der Leistungsfähigkeit des Strassentransportgewerbes können die Bahnen immer schwieriger Alternativen gegenüberstellen. Für eine vermehrte Verlagerung auf die Schiene werden umfassende technologische Verbesserungen des Bahnangebotes unerlässlich sein. Die Verteuerung des Strassengüterverkehrs durch die leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (LSVA) wird teilweise kompensiert durch die schrittweise Erhöhung des zulässigen Gesamtgewichts auf schweizerischen Strassen.

Es braucht wettbewerbsfähige Alternativen

Das Haupthindernis ist hier also das Fehlen wettbewerbsfähiger Alternativen. Spürbare Modal Split-Änderungen bedingen technisch-organisatorische Innovationen. Ein Beispiel ist der Hochgeschwindigkeitszug TGV, der den Modal Split auf der Strecke Lyon-Paris massiv veränderte.

Geringe Erfolgsaussichten

Senkung der Verkehrsleistung resp. der Verkehrsnachfrage

Am meisten Umsetzungsschwierigkeiten verursachen Massnahmen, welche auf eine Senkung der Verkehrsnachfrage abzielen. Die nachfolgende Aufzählung zeigt, dass angenommen werden muss, dass die Verkehrsnachfrage weiter steigen wird:

- Der weltweite Abbau der Grenzhindernisse erleichtert den internationalen Warenaustausch.

- Die zunehmende weltweite wirtschaftliche Verflechtung und Konzentration von Teilfertigungsprozessen an den jeweils günstigsten Standorten führt zu weltumspannenden Warenverschiebungen.
- Reduktionen der Arbeitszeit, mehr reisefreudige, kaufkräftige Rentner und günstige Flugarrangements lassen eine weitere Zunahme des Freizeit- und Ferienreiseverkehrs erwarten.
- Eine Abnahme oder zumindest Stabilisierung der Verkehrsnachfrage ist erst längerfristig zu erwarten.

7.5. Massnahmen zur Zielerreichung

Stossrichtung der Veränderungen

Um die aufgezeigten Hemmnisse zu überwinden, müssen geeignete Rahmenbedingungen geschaffen werden. Diese müssen folgende Veränderungen ermöglichen und fördern:

- Technologisch-organisatorische Verbesserungen und Innovationen, wie z.B. 3-Liter-Auto, neue Gütertransportsysteme auf der Schiene, Videokonferenzen, Hochgeschwindigkeitszüge, Tür-zu-Tür-Rufbussysteme, u.ä.
- Beseitigung von Wettbewerbsverzerrungen, wie z.B. freier Marktzugang auch auf der Schiene, Besteuerung des Kerosins, Anlastung der effektiven Wegekosten, Umwelt- und Sozialkosten für alle Verkehrsträger
- Veränderungen des Verhaltens, z.B. bei Kauf und Betrieb des Autos, alternatives Reisen, Wohnen in der Nähe des Arbeitsplatzes, Freizeit vermehrt zuhause verbringen

Es sind also Veränderungen in den Bereichen Technik/Organisation, Marktordnung und Gesellschaft notwendig. Dem Staat kommt dabei eine wichtige Rolle als Initiator und Gesetzgeber zu. Entwickelt und umgesetzt werden müssen die Massnahmen aber primär durch die Marktakteure

Anforderungen an die Rahmenbedingungen

In der Rolle als Initiator und Gesetzgeber trägt der Staat zur Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen bei. Nachfolgend sind, geordnet nach verschiedenen Instrumenten, mögliche konkrete Massnahmen im Bereich der Rahmenbedingungen aufgelistet. Welche Instrumente zur Anwendung gelangen sollen, muss durch die Politik bestimmt werden. In seiner Wirkung am effektivsten und von der Umsetzbarkeit her am ehesten realistisch ist in jedem Fall eine kombinierte Anwendung verschiedener Instrumente.

Selbstregulierung anstreben

Die SATW bevorzugt im nachfolgend aufgelisteten Katalog jene Massnahmen, die eine Selbstregulierung innerhalb realistischer Leitplanken anstreben. Gebote und Verbote sollen erst in zweiter Linie erlassen werden.

Grosser Katalog möglicher Massnahmen

Anreize

- Imagekampagnen für ein energiesparendes Verkehrsverhalten
- Impulsprogramme (z.B. Energie 2000)
- Imageverbesserungen zugunsten verbrauchsarmer Fahrzeuge
- Verbesserte öffentliche Verkehrsangebote
- Vorzugsbehandlung energieeffizienter Autos, z.B. reservierte Parkplätze oder Fahrspuren

Dreifacher Ansatz in den Bereichen Technik / Organisation, Marktorientierung und Gesellschaft

Kombinierte Anwendung verschiedener Instrumente

- Vorgaben**
 - Festsetzen von Verbrauchszielen
 - Festsetzen des Anteils verbrauchsarmer Fahrzeuge
 - Minimalvorschriften für den Besetzungs- resp. Beladegrad von Fahrzeugen
- Vereinbarungen**
 - Vereinbarung von spezifischen Verbrauchszielen mit der Fahrzeugindustrie
 - Vereinbarungen über das individuelle Verkehrsverhalten, z.B. kombiniert mit der Reduktion von Versicherungsprämien oder Steuern
 - Vereinbarung von Modal Split-Zielen für die Verkehrserschliessung von Grossanlagen (vgl. z.B. Ausbau Flughafen Zürich)
 - Vereinbarungen über den Einsatz bestimmter Fahrzeuge (z.B. Taxis mit Flüssiggas)
- Verbote**
 - Limitierung/Kontingentierung von Fahrbewilligungen (z.B. im Strassengüterverkehr)
 - Verbot bestimmter Transportarten
- Marktordnung**
 - Harmonisierung der Marktzugangsbedingungen für alle Verkehrsträger, insb. für Gütertransporte auf Schiene oder Strasse
- Lenkungsabgaben**
 - Langfristig stark steigende Abgaben auf fossilen Treibstoffen
- Steuern**
 - Höhere Verbrauchssteuern, Energieabgabe
 - Progressive Besteuerung von Fahrzeugen mit hohem Energieverbrauch
 - verbrauchsabhängige Motorfahrzeugsteuern
- Luftverkehr**
 - Besteuerung des Kerosins im Rahmen internationaler Vereinbarungen
- Vorschriften**
 - Publikation der Life-Cycle-Kosten in den Fahrzeugprospekten (analog Verbrauchswerte)

7.6. Fazit: 50% Reduktion bis 2020 erreichbar

Verbrauchsarme Fahrzeuge besonders wichtig

Unter Ausschöpfung der sich heute abzeichnenden technisch-betrieblichen Verbesserungspotentiale kann die im Jahr 1990 im Verkehr verbrauchte Energiemenge bis zum Jahr 2020 um 50% gesenkt werden. Die für die fossilen Energien ermittelte Reduktion von 241 PJ/a auf 118 PJ/a ist mit 51% praktisch gleich gross. Den Hauptbeitrag zu diesem technisch-betrieblich realisierbaren Potential liefert die Senkung des spezifischen Treibstoffverbrauches beim Auto um 50%. Der Schaffung von Anreizen für die Produktion und den Kauf resp. Gebrauch verbrauchsarmer Fahrzeuge kommt deshalb hohe Bedeutung zu.

Neue Technologien

Nicht berücksichtigt sind bei diesen Langfristannahmen für das Jahr 2020 «revolutionäre» neue Technologien. Der Einsatz von Brennstoffzellen für den Antrieb von Fahrzeugen zum Beispiel würde es erlauben, in Wüstengebieten solar erzeugten Wasserstoff zu verwenden. Die teilweise Umstellung auf solare Treibstoffe könnte den Verbrauch von fossilen zusätzlich erheblich verringern.

Dämpfung der Verkehrszunahme unerlässlich

Die prognostizierte Verkehrszunahme bis zum Jahr 2020 kompensiert einen Teil der potentiellen Energieeinsparungen und führt vermehrt zu Kapazitätsproblemen auf den Verkehrsinfrastrukturen, verbunden mit Staus und Unfällen. Damit der Energieverbrauch trotzdem auf 50% gesenkt werden kann, sind zusätzlich Massnahmen zur Eindämmung des Verkehrswachstums und für den innovativen Gebrauch energiesparender neuer Transportsysteme notwendig.

**Freie Wahl alternativer
Transportmittel**

Die Rahmenbedingungen müssen sowohl der Forderung nach Eindämmung des Verkehrswachstums als auch der Möglichkeit zur freien Wahl alternativer Transportmittel gerecht werden. Einerseits sind somit gesellschaftliche Anstrengungen für einen bewussteren Umgang mit den Mobilitätsbedürfnissen erforderlich. Andererseits müssen Voraussetzungen für die Entwicklung und Markteinführung energiesparender Transportsysteme als Alternative zum heutigen Einsatz von Auto und Flugzeug geschaffen werden.

8. Erneuerbare Energiequellen

Der Verbrauch der nicht erneuerbaren fossilen Brennstoffe kann nicht nur durch effizientere und sparsamere Nutzung verringert werden, sondern auch durch Substitution mit Energie aus erneuerbaren Energiequellen. Im folgenden wird untersucht, welche Beiträge künftig aus der Nutzung von Wasserkraft, Holz und den «neuen» erneuerbaren Energien erwartet werden können. (In Übereinstimmung mit den in diesem Kapitel hauptsächlich verwendeten Quellen wird als Masseinheit die Gigawattstunde (GWh) verwendet. Die Tabelle zur Umrechnung in Petajoule (PJ) findet sich auf Seite 65)

8.1. Die Ausgangslage im Jahre 1990

Die Schweiz nutzte bis zur Ölkrise von 1973 praktisch nur die Wasserkraft und Holz als inländische und zugleich erneuerbare Energiequellen. Erst seit den achtziger Jahren werden auch die sogenannten neuen erneuerbaren Energiequellen in Statistiken aufgeführt, wobei es sich für die ersten Jahre nur um Schätzungen von Fachverbänden handelt. Verlässliche quantitative Daten wurden mit der Lancierung des Programms «Energie 2000» im Jahre 1990 verfügbar.

Bei der Stromproduktion dominierte im Jahre 1990 die Wasserkraft (≈99%), bei der Wärmeerzeugung das Holz (62%). Von den Systemen zur Nutzung der neuen erneuerbaren Energiequellen lieferte die Kehrichtverbrennung den grössten Beitrag (≈80%). Bei den Kehrichtverbrennungsanlagen wie auch bei den Wärmepumpen wurden nur die regenerativen Anteile ausgewiesen. Im Jahre 1990 waren rund 33'800 Wärmepumpen, 10'830 Wärmepumpenboiler, 150 Biogasanlagen, 420'000 m² Sonnenenergieanlagen (wovon 260'000 m² zur Heutrocknung) und 2'210 kW_p Photovoltaikleistung (wovon 800 kW_p Netz-gekoppelt) installiert.

Die Tabellen 8.1 und 8.2 zeigen die Strom- und Wärmeproduktionen aus der Nutzung erneuerbarer Energiequellen.

Es ist zu beachten, dass sich in diesem Kapitel alle Angaben über die Elektrizitätserzeugung auf die Stufe Endenergie beziehen, jene über die Wärmegewinnung auf die Stufe Nutzenergie.

Tabelle 8.1: Stromproduktion aus erneuerbaren Energien im Jahre 1990

Technologie	GWh	%
Photovoltaik (Netz)	0.40	0.1
Photovoltaik (Insel)	0.72	0.2
Windenergie	0.05	–
Spezialfeuerungen	4.00	1
Biogas Landwirtschaft	1.50	0.4
Biogas Industrie & Gewerbe	0.60	0.2
Klärgas-Wärmeerkraftkopplung (WKK)	58.00	14.4
Deponiegas WKK	20.40	5.0
Deponiegas Verstromungsanlagen	0.00	
<i>Kehrichtverbrennungsanlagen</i>	<i>318.00</i>	<i>78.8</i>
Total neue erneuerbare Energien	403.67	100
Wasserkraft	30'675	
Total erneuerbare Energien	31'079	

Quelle: Energie 2000

kursiv: nur erneuerbare Anteile

Tabelle 8.2 Wärmeproduktion aus erneuerbaren Energien im Jahre 1990

Technologie	GWh	%
Röhren- und Flachkollektoren	15.0	0.3
Unverglaste Kollektoren	14.4	0.3
Kollektoren für Heutrocknung	58.4	1.3
<i>Elektromotorwärmepumpen</i>	<i>564.3</i>	<i>12.1</i>
<i>Gas- & Dieselmotorwärmepumpen</i>	<i>18.1</i>	<i>0.4</i>
Stückholzfeuerung <30 kW	560.0	12.0
Stückholzfeuerung >30 kW	1'080.0	23.2
Autom. Holzfeuerung <70 kW	49.5	1.1
Autom. Holzfeuerung >70 kW	963.3	20.7
Spezialfeuerungen	238.8	5.1
Biogas Landwirtschaft	9.7	0.2
Biogas Industrie & Gewerbe	8.1	0.2
Klärgas-Feuerungen	104.0	2.2
Klärgas WKK	93.5	2.0
Deponiegas-Feuerungen	3.4	0.1
Deponiegas WKK	5.2	0.1
<i>Kehrichtverbrennungsanlagen</i>	<i>872.0</i>	<i>18.7</i>
Total	4'657.7	100.0

Quelle: Energie 2000

kursiv: nur erneuerbare Anteile, Literatur [28]

8.2. Potentialabschätzungen bis 2020

Ausgehend vom Jahr 1990 wird versucht, anhand der gegenwärtigen Entwicklung und beschlossener sowie zukünftiger energiepolitischer Massnahmen ein optimistisch-realistisches Potential der erneuerbaren Energieträger für die Jahre 2000, 2010 und 2020 abzuschätzen. Den Prognosen liegen Studien verschiedener Kreise zugrunde: Prognos 1994, EGES 1988, VSE 1995, Elektrowatt 1987 und 1992, Konfliktlösungsgruppe Wasserkraft 1993, CAN 1995, Kriesi 1995, Energieforum '95, Windenergie 1996, BEW 1995 und Eicher 1997, Basler & Hofmann 1998, ENCO 1997, Häring 1998 (Literatur [31]).

Wasserkraft

Mit den bestehenden hydroelektrischen Anlagen ist heute eine mittlere Nettoproduktion von rund 34 Mia. kWh/Jahr zu erwarten. Wegen der unterschiedlichen Wasserführung der Flüsse bestehen jedoch bei der effektiven Wasserkrafterzeugung von Jahr zu Jahr erhebliche Schwankungen. Deshalb werden zu Vergleichszwecken jeweils die Zehnjahresmittelwerte herangezogen. 1997 betrug dieser Mittelwert, bezogen auf die Jahre 1988–1997, 34 030 Mia. kWh, verglichen mit 1990 33 928 Mia. kWh, bezogen auf die Jahre 1981–1990. Diese Zahlen belegen, dass sich die hydroelektrische Produktion in den letzten Jahren kaum verändert hat.

Im Sommerhalbjahr 1997 (April–September) betrug der Zehnjahresmittelwert 19 356 Mia. kWh, gegenüber 19 850 Mia. kWh im Sommerhalbjahr 1990. Der leichte Rückgang der Sommerproduktion ist auf eine kleine Verlagerung zur Winterproduktion zurückzuführen. 1997 wurden im Sommerhalbjahr 57% und folglich im Winterhalbjahr nur 43% erzeugt.

Die weitgehende Nutzung der verfügbaren Wasserkraft hat zur Folge, dass die Möglichkeiten zur weiteren Produktionssteigerung begrenzt sind. Wegen der verschärften Restwasserbestimmungen im revidierten Gewässerschutzgesetz ist im Gegenteil mit Produktionseinbussen zu rechnen. Diese werden vor allem bei Konzessionserneuerungen für grosse Anlagen ins Gewicht fallen, weshalb nach 2020 ein Rückgang der heutigen mittleren Produktion um 8–15% zu erwarten ist.

Im Rahmen von «Energie 2000» hat die Konfliktlösungsgruppe Wasserkraft das Modernisierungspotential untersucht. Dabei zeigt sich, dass aus Erneuerung, Erweiterung und Ersatz bestehender Anlagen im Zeitraum 2001–2025 eine Mehrproduktion von rund 600 Mio. kWh resultieren kann. Das sind weniger als 2% der heutigen durchschnittlichen Jahresproduktion.

Es kann also für die nähere Zukunft bestenfalls mit einer gleich bleibenden Stromerzeugung aus Wasserkraft gerechnet werden, und von 2020 an ist sogar ein Rückgang zu erwarten, sofern nicht die Marktkräfte eine Lockerung der Restwasserbestimmungen bewirken. Allenfalls kann eine Produktionsverlagerung in das Winterhalbjahr stattfinden. Mit dem Bau von Grimsel-West zum Beispiel könnten rund 400 Mio. kWh statt im Sommer im Winter erzeugt werden.

Holz

Jährlich bis 7000 GWh Wärme aus Holz

62% der heutigen Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen stammt in der Schweiz aus Holz. Im Jahre 1996 war mit knapp 4000 GWh etwas mehr als die Hälfte des nutzbaren Potentials ausgeschöpft. Bei einem weiterhin zu erwartenden jährlichen Zuwachs von rund 140 GWh/a wird der Rest des Potentials noch vor 2020 ausgeschöpft sein, so dass mit jährlich 7000 GWh zu rechnen wäre. Der Energieträger Holz wird in Zukunft vermehrt zur gekoppelten Produktion von Wärme und Strom eingesetzt. Bei den Gebäudeheizungen wird vor allem der Anteil automatischer Holzfeuerungen zunehmen.

Ebenfalls unter Holz sind die Spezialfeuerungen (Feuerungen mit Holzanteilen) aufgeführt. Solche insbesondere in Zementwerken und Papierfabriken vorkommende Anlagen verwenden vor allem betriebsintern anfallendes Material. Das Ausbaupotential ist daher beschränkt.

Strom aus Wärmekraft- koppelungsanlagen

Strom aus Holzenergie kann entweder mit Dampfturbinen oder, falls das Holz vergast wird, mit Gasmotoren resp. Gasturbinen erzeugt werden. In beiden Fällen ist die gekoppelte Produktion von Wärme und Strom möglich (Fernheizkraftwerke und Blockheizkraftwerke) und wegen der höheren Ausnutzung des Brennstoffs sinnvoll. In waldreichen Regionen der Schweiz bieten Wärmekraftkopplungsanlagen in Kombination mit Nah- bzw. Fernwärmenetzen ein erhebliches Nutzungspotential, vor allem auf kommunaler Ebene bei geeigneter Struktur (grosse Wärmebezüger wie Industrie, Spitäler, Schulhäuser oder bestehende Heizzentralen). Als Beispiel sei das 1995 in Betrieb genommene Fernheizwerk Meiringen mit Wärmekraftkopplung mittels Gegendruckdampfturbine (700 kW_e) erwähnt. Die Anlage liefert künftig jährlich ca. 1.7 GWh Strom ans Netz und versorgt ein Viertel der 4'300 Einwohner mit Wärme (ca. 11.68 GWh). Angeschlossen sind zurzeit 54 Wärmebezüger, darunter das Spital, eine Privatklinik, die Schulhäuser, das SBB-Depot, verschiedene Hotels, Geschäfte und Wohnhäuser.

Für die Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen entscheidend ist die Dichte der Wärmebezüger. Als Faustregel gilt eine minimale Wärmebezugsdichte von 1.2 bis 1.5 kW pro Meter Fernleitung. Die Stromgestehungskosten eines mit Holz befeuerten Dampfkessels belaufen sich auf rund 18 Rp. pro kWh. Sind gewisse Rahmenbedingungen erfüllt, kann ein mit Holz gefeuertes Fernheizkraftwerk bereits heute wirtschaftlich sein.

Um den für 2020 postulierten Wert von 1'000 GWh Strom aus holzbetriebenen Wärmekraftkopplungsanlagen zu erreichen (vgl. Tab. 5), müssten, bei durchschnittlich 4'000 Betriebsstunden pro Jahr, insgesamt rund 250 MW elektrische Leistung installiert werden.

Neue erneuerbare Energien

Die Tabellen 8.3 und 8.4 zeigen den prognostizierten Verlauf der Entwicklung der Strom- und Wärmeproduktion aus Holz und aus neuen erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2020. (Zum Vergleich: Die Nettostromerzeugung betrug im Jahre 1990 52'400 GWh; die Nutzwärme-Produktion belief sich im gleichen Jahr auf 87'000 GWh.)

Tabelle 8.3: Entwicklung der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien in GWh

	1990	2000	2010	2020
Sonne	1.12	10	200	500
Hot-Dry-Rock	0.00	0	100	600
Wind	0.05	10	50	200
Holz (inkl. Spezialfeuerungen*)	4.00	70	330	1'030
Bio-, Klär- & Deponiegase	80.50	150	200	200
<i>Kehrichtverbrennungsanlagen</i>	318.00	550	550	550
Total erneuerbare Energien	403.60	790	1'430	3'100
Fiktiver Anteil an Produktion 1990	0.77%	1.5%	2.7%	5.9%

kursiv: nur erneuerbare Anteile

* vorwiegend in Zementwerken und in der Papierindustrie

Tabelle 8.4: Entwicklung der Wärmeproduktion aus erneuerbaren Energien

	1990	2000	2010	2020
Sonne	87.8	350	1'000	2'000
Hot-Dry-Rock	0.0	0	400	2'000
Holz (inkl. Spezialfeuerungen)	2'891.6	4'800	6'500	7'000
Bio-, Klär- & Deponiegase	223.9	350	400	400
<i>Kehrichtverbrennungsanlagen</i>	872.0	1'100	1'100	1'100
<i>Umweltwärme</i>	582.4	1'300	3'000	4'500
Total erneuerbare Energien	4'657.7	7'900*	12'400	17'000
Fiktiver Anteil an Produktion 1990	5.4%	9.1%	14.3%	19.5%

kursiv: nur erneuerbare Anteile

* erwarteter Wert gemäss H.-P. Eicher, Vortrag Energieforum September 1995

Robuste Datenlage bis 2000

Im folgenden werden die Überlegungen erläutert, die in bezug auf die neuen erneuerbaren Energien zu diesen Prognosen führen. Für das Jahr 2000 ist die Datenlage recht robust. Einerseits liegt das an der Vorausssehbarkeit der momentanen Entwicklung und andererseits an den Bestrebungen des Aktionsprogramms «Energie 2000». Dieses enthält unter anderem das Ziel, den Beitrag neuer erneuerbarer Energiequellen bis zum Jahr 2000 gegenüber 1990 substantiell zu erhöhen, beim Strom um 300 GWh, bei der Wärme um 3000 GWh. Während sich diese Zahlen auf bereits beschlossene oder geplante Massnahmen abstützen lassen, unterliegen die Werte für die Jahre 2010 und 2020 grossen Unsicherheiten, da die Fortsetzung des mit «Energie 2000» eingeschlagenen Kurses keineswegs sichergestellt ist.

Für die Zeit nach 2000 ist davon auszugehen, dass die Energieproduktion aus der Abfallverwertung weitgehend ausgeschöpft sein wird und dass die Bio-, Klär- und Deponiegase nur noch bis zum Jahr 2010 einen wesentlichen Beitrag zur Erhöhung des Anteils neuer erneuerbarer Energien leisten können. Somit beschränkt sich das Ausbaupotential bei der Elektrizität auf die Energieträger Sonne, Wind und Geothermie, bei der Wärme auf die Energieträger Sonne, Wärmepumpentechnologie und Geothermie.

Langfristig beträchtliches Potential der Geothermie

Die Geothermie kann je nach den geologischen Gegebenheiten auf vier verschiedene Arten genutzt werden, wovon für die Schweiz zwei Beachtung verdienen:

- Die oberflächennahe Geothermie bis 400 Meter Tiefe, die mittels Erdwärmesonden und Wärmepumpen hauptsächlich zur Erzeugung von Niedertemperaturwärme genutzt wird, ist in der Schweiz am stärksten verbreitet. Ihr möglicher Beitrag wird nachfolgend in der Kategorie «Umweltwärme» berücksichtigt.
- Die Hot-Dry-Rock-Geothermie, bei der über Injektionsbohrungen Wasser in das Gebirge gepresst und über Produktionsbohrungen an die Erdoberfläche zurückgeführt wird, setzt geeignete geologische Verhältnisse voraus. Für die Schweiz wurden rund 80 Standorte mit einem Potential von 16'000 GWh identifiziert (Häring 1998). Im Jahr 2005 soll eine Pilotanlage mit einer Leistung von 20 MW_{th} und 3 MW_{el} in Betrieb genommen und später bis 15 MW_{el} ausgebaut werden.

Entwicklung bei der Elektrizität

Unsichere Zukunft der Photovoltaik

Die in Tabelle 3 dargestellten Prognosen zeigen gegenüber dem Jahr 2000 eine enorme Steigerung photovoltaisch erzeugten Stromes. Um bis 2020 den Wert von 500 GWh zu erreichen, muss die durchschnittliche Wachstumsrate bei 25 GWh/a liegen. Dies entspricht jährlichen Installationen von 10'000 3kWp-Dachanlagen oder 225 Anlagen von der Grösse der Schallschutzwandanlage entlang der Autobahn A13 bei Felsberg GR. Dieser Vergleich verdeutlicht, dass zur Erreichung dieser Strommengen (1% der Nettostromerzeugung des Jahres 1990) sehr grosse Anstrengungen unternommen werden müssen, um insbesondere die immer noch sehr hohen Stromgestehungskosten zu senken. Diese betragen 1990 für eine 3 kWp-Anlage je nach Standort zwischen Fr. 1.00 und Fr. 1.50 pro kWh. Neue Techniken wie Dünnschichtzellen und amorphe Siliziumzellen können in Zukunft zu einer Reduktion der Kapitalkosten beitragen. Solche Zellen sind jedoch noch nicht marktreif, weshalb eine quantitative Abschätzung sehr schwierig ist. Wegen der relativ geringen Sonneneinstrahlung in der Schweiz werden die Kosten im betrachteten Zeitraum jedoch kaum unter 50 Rp. pro kWh sinken. Ausserdem fällt 60% des Solarstroms im Sommer an, wenn die Schweiz ohnehin Strom exportiert.

Eine kostengünstige Variante zur Nutzung von in der Schweiz solar erzeugtem Strom könnte die Kombination von Herstellung in Mittelmeerländern mit Transport in die Schweiz darstellen. Insbesondere könnten dort auch solarthermische Kraftwerke in Frage kommen. Damit kann bereits heute Strom zu weniger als 20 Rp./kWh erzeugt werden.

Strom aus Geothermie

Es wird angenommen, dass bis 2010 die Pilotanlage voll ausgebaut wird und in den folgenden zehn Jahren drei weitere Anlagen mit Leistungen zwischen 20 und 40 MW hinzukommen, so dass um 2020 mit einer Elektrizitätsproduktion von 600 GWh gerechnet werden kann.

Jedes Jahr 16 neue Windenergiekonverter?

1990 trug Elektrizität aus Windkraft mit 0.05 GWh marginal zur Nettostromerzeugung von rund 52'400 GWh bei. Das Potential wird indessen sehr viel höher eingeschätzt. In einer 1997 vom Bundesamt für Energiewirtschaft herausgegebenen Studie kommt die Arbeitsgemeinschaft ENCO auf 1'600 GWh. Die Zahl der effektiv nutzbaren Standorte hängt von den Windverhältnissen, der Erschliessbarkeit und den Erfordernissen des Landschaftsschutzes ab. Buser bezifferte 1996 die Anzahl Standorte mit «sehr guten» Windverhältnissen mit 336. Davon liegen indessen nur 185 ausserhalb der sogenannten Tabugebiete. Ihr Beitrag wird mit ca. 75 GWh beziffert. Berücksichtigt man ausserdem noch die 1272 Standorte mit «guten» Windverhältnissen, die nicht in Tabugebieten liegen, erhöht sich das Potential um ca. 500 GWh pro Jahr. Da indessen die Zufahrtstrassen gut ausgebaut sein müssen und keine grossen Steigungen aufweisen dürfen, reduziert sich das geschätzte theoretische Potential von rund 600 GWh

wesentlich. Eine realistische Beurteilung hat zu berücksichtigen, dass für den postulierten Zuwachs von insgesamt gut 200 GWh bis zum Jahr 2020 von der Jahrtausendwende an im Durchschnitt jedes Jahr 16 Windenergiekonverter in Betrieb genommen werden müssten.

Die grösste existierende Windanlage steht seit Herbst 1996 auf dem Mont Voisin JU. Dort liefern drei 600 kW-Turbinen rund 1.8 GWh Elektrizität pro Jahr, bei Gestehungskosten, die nur noch 15 bis 20 Rp./kWh über den ordentlichen Tarifsätzen liegen und somit im Vergleich zur Photovoltaik wesentlich günstiger sind. Bei der 150 kW-Anlage auf dem Grenchenberg betragen die Gestehungskosten zwischen 50 und 60 Rp./kWh, und bei kleineren Anlagen steigen sie bis gegen 90 Rp. Berücksichtigt man neben den Anlagekosten auch die Baukosten, u.a. für die Zufahrten, ist in der Schweiz nur mit einigen wenigen Standorten zu rechnen, an denen Strom für weniger als 30 Rp./kWh produziert werden kann. Politische Widerstände sind aus Gründen nicht nur der optischen Landschaftsschutzes, sondern auch wegen der Lärmimmissionen zu erwarten.

Die Entwicklung bei der Wärme

Sonnenenergie: Vervierfachung der jährlichen Zuwachsraten zur Zielerreichung um 2020

Um die postulierten Werte gemäss Tabelle 4 zu erreichen, muss die jährliche Zuwachsrate bis zum Jahr 2010 65 GWh, danach 100 GWh betragen – mehr als das Fünffache der durchschnittlichen jährlichen Zunahme um 18 GWh zwischen 1990 und 1995.

Bei der Wärmeproduktion mittels Sonnenkollektoren muss in den meisten Fällen ein Backup-System (Elektroheizung oder konventioneller Kessel) installiert werden. Um das bivalente System wirtschaftlich betreiben zu können, muss die Strom- bzw. Brennstoffeinsparung die Gesamtkosten der Sonnenkollektoranlage decken. In «Energieforum '95» wird indessen die Wirtschaftlichkeit von Sonnenkollektoranlagen als gegeben bezeichnet. Inwieweit Subventionen dazu beitragen, wird hier nicht untersucht.

Neben der Nutzung von Sonnenenergie in Kollektoren zur Erzeugung von Warmwasser und Raumwärme oder zur Vorwärmung kann die Sonneneinstrahlung auch passiv genutzt werden. Durch geschickte räumliche Ausrichtung von Bauten und zweckmässige Konstruktion kann – bei richtigem Benutzerverhalten – der Heizenergiebedarf deutlich gesenkt werden (Ragonesi).

Maximal 2000 GWh Erdwärme bis 2020

Unter der erwähnten Annahme, dass bis 2020 vier grössere Anlagen in Betrieb stehen werden, könnten theoretisch rund 3'400 GWh Nutzwärme bereitgestellt werden (inkl. 15% Verluste im Fernwärmenetz). Da indessen bei der angenommenen relativ hohen Auslastung von 6500 Stunden pro Jahr die anfallende Niedertemperaturwärme kaum vollständig abgesetzt werden könnte, wird für das Jahr 2020 mit maximal 2'000 GWh gerechnet.

Grosses Potential Wärmepumpen

Die postulierte Verdreifachung der Wärmebereitstellung mittels Wärmepumpen (Tabelle 8.4) erfordert ausserordentliche Anstrengungen. Da zur Nutzung von 1 GWh Wärme durchschnittlich 55 Wärmepumpen zu installieren sind, müssen zwischen 2000 und 2020 rund 176'000 Anlagen in Betrieb genommen werden (durchschnittlich 8'800 pro Jahr – im Vergleich zu 4'000 Anlagen im Rekordjahr 1994). Vor allem bei der Sanierung muss der Anteil der Wärmepumpen gesteigert werden, wofür einige Kantone finanzielle Unterstützung gewähren.

Laut dem Ravel-Bericht von 1996 fällt die Wirtschaftlichkeitsrechnung bei den heutigen Energiepreisen zu Gunsten der konventionellen Systeme aus. Sowohl die Investitions- als auch die jährlichen Energiekosten sind bei der Elektro-Wärmepumpenanlage mit ca. 15 Rp. pro kWh um ca. 2 Rp. höher. Die Kosten der Umweltwärmenutzung können bei künftigen Anlagen durch

Steigerung der Jahresarbeitszahl und Vereinfachung resp. Standardisierung vermindert werden.

Die Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS) hat sich zum Ziel gesetzt, im Jahr 2050 40% des Wärmebedarfs von Gebäuden mit Wärmepumpen zu decken. Kriesi ging 1995 von einem Szenario für das Jahr 2050 mit einem Wärmeverbrauch für Gebäudeheizung und Warmwasserbereitstellung von rund 55'000 GWh aus. Um die Ziele zu erreichen, müssen somit in 50 Jahren jährlich rund 20'000 GWh Wärme mittels Wärmepumpen bereitgestellt werden, resp. rund 15'000 bis 16'000 GWh Umweltwärme würden pro Jahr genutzt.

8.3. Wirtschaftlichkeit, Akzeptanz und Förderungsmassnahmen

Die Wirtschaftlichkeit von Systemen zur Nutzung von Holz und neuen erneuerbaren Energien wird durch eine Vielfalt von Parametern beeinflusst. Neben den spezifischen Investitionskosten, der Annuität, fixen und variablen Betriebs- bzw. Unterhaltskosten und Brennstoffkosten, müssen vor allem bei Gebäudesanierungen die zusätzlichen Baukosten für neue Anlagen (Wärmebereitstellung) berücksichtigt werden. Ausserdem beeinflusst die Grösse der Anlage die Kosten sehr stark.

«Contracting» fördern

Um die zum Teil sehr hohen prognostizierten Werte für die künftige Nutzung zu erreichen, muss die angebotene Technik für Anlagebetreiber nicht nur finanziell attraktiv sein. Wesentlich für die Erhöhung der Akzeptanz sind auch die Versorgungs- und Betriebssicherheit sowie die Qualität der Serviceleistungen. Einen wesentlichen Beitrag könnte die Förderung des «Contracting» leisten. (Beim Contracting bleibt die Heizanlage im Eigentum eines aussenstehenden Betreibers, der sich zur Wärmelieferung zu vertraglich festgelegten Bedingungen verpflichtet. Dank seinen Kenntnissen und einer grösseren Zahl von Anlagen kann er Investitionen, Betrieb und Unterhalt optimieren.)

Rechtsgleichheit unter Berücksichtigung der Kostenwahrheit

Wie sich die vielgestaltigen Förderungsmassnahmen im Rahmen von «Energie 2000» auswirken werden, bleibt abzuwarten, da sie erst seit kurzem in Kraft sind. Zusätzliche finanzielle Mittel können zu einer Verstärkung der Aktivitäten führen, sollten aber gezielt für Technologien eingesetzt werden, die kurz vor dem Marktdurchbruch stehen. Wichtiger als die fortlaufende Subventionierung von ausgewählten Technologien ist die Erhöhung des Innovationsdrucks zur Entwicklung energiesparender Technologien (Econcept).

Unabhängig davon, bis wann mit griffigen regulativen Massnahmen oder wirkungsvollen Lenkungsabgaben gerechnet werden kann, müssen weiterhin freiwillige Massnahmen gefördert werden. Für eine zukünftige positive Entwicklung der erneuerbaren Energiequellen wird es hilfreich sein, alle Energiesysteme unter Berücksichtigung der Kostenwahrheit und rechtsgleich zu behandeln. Erreichen die erneuerbaren Systeme die Wirtschaftlichkeitsschwelle und kann das Vertrauen in die neuen Systeme gewonnen werden, so steht einem Wachstum nichts mehr im Wege.

8.4. Fazit

Tabelle 8.5 enthält «realistisch-optimistische» Abschätzungen über die mögliche Zusatzproduktion aus erneuerbaren Energiequellen bis 2020, bezogen auf 1990. Die Zahlen beruhen auf den in den einzelnen Abschnitten dargestellten Annahmen.

Tabelle 8.5: Mögliche jährliche Mehrproduktion in GWh um 2020 gegenüber 1990 aus erneuerbaren Energiequellen

	Elektrizität	Wärme
Wasserkraft	0	
Holz	1000	4000
Sonne	500	1900
Geothermie (Hot-Dry Rock)	600	2000
Kehrichtverbrennung	230	225
Windenergie	200	
Bio-, Klär-, Deponiegase	120	175
Umweltwärme (inkl. oberflächennahe Geothermie)		3900
Total	2650	12210

In PJ ausgedrückt, beträgt die errechnete Mehrproduktion bei der Elektrizität rund 9.5 PJ, bei der Wärme 44 PJ.

9. Quellen und weiterführende Literatur

Allgemein

[1] Schweizerische Gesamtenergiestatistik, Bundesamt für Energie, Bern

Die Gesamtenergiestatistik erscheint jährlich. Sie gibt einen Überblick über den Energieverbrauch in der Schweiz, aufgeteilt nach den Sektoren Privathaushalte, Industrie, Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistungen sowie Verkehr.

[2] Schweizerische Elektrizitätsstatistik, Bundesamt für Energie, Bern

Die Schweizerische Elektrizitätsstatistik erscheint jährlich. Sie dokumentiert die Erzeugung und den Verbrauch von elektrischer Energie, den Belastungsverlauf und die Bedarfsdeckung sowie den Energieverkehr mit dem Ausland.

[3] Energieperspektiven der Szenarien I bis III 1990–2030, November 1996, PROGNOSE AG, Basel

Der Synthesebericht enthält Perspektivrechnungen für den Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen für insgesamt 7 Szenarien.

[4] von Weizsäcker E.U.: Erdpolitik, Ökologische Realpolitik an der Schwelle zum Jahrhundert der Umwelt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft Darmstadt, Darmstadt 1990.

Grundlegende Überlegungen zur Internalisierung von Umweltkosten und zur Besteuerung von Energie.

[5] von Weizsäcker E. U.: Faktor Vier, Droemersch Verlag-Anstalt Th. Knaur Nachf., München 1995.

In der einfachen Formel «Faktor Vier» steckt ein Konzept für eine zukunftssichere, umweltschonende und dennoch profitversprechende Wirtschaftspolitik.

[6] Bund/Misereor, Zukunftsfähiges Deutschland, Birkhäuser Verlag, Basel 1996

Das Buch versucht aufzuzeigen, wie ein ressourcen-schonendes und zukunftsfähiges Deutschland aussehen könnte.

[7] Pfirter Chr.: Das 1950er Syndrom, Der Weg in die Konsumgesellschaft, Verlag Paul Haupt, Bern 1995

Fachleute aus verschiedenen Disziplinen – Physik, Ökonomie, Soziologie, Geographie, Geschichte, Politologie – fragen nach den Zusammenhängen und Steuerungsfaktoren der Entwicklung und präsentieren neue Argumente zugunsten eines Kurswechsels.

[8] Infrac/Syntropie/ISE, Szenario «Neuer Lebensstil» Teil D, Zürich/Liestal/Bern.

Mit Hilfe der Szenariotechnik werden verschiedene Entwicklungspfade vor allem auf der Stufe der gesellschaftlichen und politischen Wertvorstellungen über lange Zeiträume betrachtet.

Privathaushalte

[9] Energie im Hochbau, SIA-Empfehlung 380/1, SIA, Zürich 1988

Anleitung für das Vorgehen bei der Planung von energieeffizienten Neubauten und Sanierungen. Es werden die Anforderungen, die wichtigsten Entscheidungsbereiche und die Berechnungsmethoden dargestellt.

[10] Hofer, P. (Prognos AG, Intep AG): Perspektive der Energienachfrage der privaten Haushalte, BEW, Bern 1996

Es wird der Energieverbrauch von Ein- und Mehrfamilienhäusern für Neubauten und sanierte Altbauten ermittelt, aufgeschlüsselt nach Heiz-, Warmwasser- und Apparateverbrauch, ferner nach Energieträgern (Öl, Gas, Strom, Holz, Sonne, Fernwärme). Dargestellt werden ferner auf Grund statistischer Angaben aus ausgeführten Bauten Zusammenhänge zwischen höheren Investitionskosten und besserer energetischer Qualität. Die Entwicklung der Endenergienachfrage zwischen 1990 und 2020 wird mit Hilfe von Szenarien ermittelt.

[11] Fachkommission Energie des SIA: Absenkpfad für die Energiekennzahl, SIA, Zürich 1996

Dargestellt wird für Neubauten und gute Altbauten die mögliche Entwicklung der Energiekennzahlen (des Energiebedarfs pro Gebäudefläche) zwischen 1990 und 2020 auf energetischer Gebäudequalität wie Fenster, Aussenwände, Frischluftfrate oder Heizungswirkungsgrad.

[12] AWEL, Energiefachstelle des Kantons Zürich: Minenergie, Baudirektion des Kantons Zürich und Bau-, Verkehrs und Energiedirektion des Kantons Bern, Bern und Zürich 1997.

Für besonders gute Gebäude werden Standards bezüglich Wärme, Beleuchtung und Haushaltapparate definiert, die mit heutiger Technologie möglich sind. Hervorgehoben werden technisch besonders wirkungsvolle Massnahmen und Zusatznutzen bezüglich Komfort.

[13] Steiger, P. (Integ AG): Hochbaukonstruktionen nach ökologischen Gesichtspunkten, SIA: Dokumentation D 0123, Zürich 1995

Darstellung der in die Baukonstruktion investierten «grauen» Energien und der Umweltbelastung, aufgegliedert nach Konstruktionselementen aus verschiedenen Baustoffen.

[14] Zimmermann, K.: Energieforschung im Hochbau, 10. Statusseminar, EMPA-KWH, Dübendorf 1998

Alle zwei Jahre stattfindendes Seminar mit einer Fülle von Angaben über Methoden, über Mess- und Planungswerkzeuge, ferner über Beispiele ausgeführter Bauten, aufgegliedert nach Bauphysik und Gebäudehülle, Energiekonzepte, Haustechnik, Werkzeuge.

Industrie

[15] Perspektiven der Energienachfrage der Industrie für Szenarien I bis III 1990-2030, Oktober 1996, Basics AG, Zürich

Grundlage für diese Arbeit ist ein in 31 Branchen desaggregiertes Bottom-up-Modell. Der Bericht enthält Aussagen zur Ausgangslage 1990 sowie zu sieben Perspektiven bis 2030.

[16] Perspektiven des Industriellen Energieverbrauchs. Möglichkeiten für eine Reduktion auf 140 PJ im Jahre 2020, Februar 1997, Basics AG, Zürich

In der Studie sind vier Massnahmenbündel zusammengestellt und beschrieben, die gemäss Modellrechnungen eine Chance haben, den industriellen Energieverbrauch auf das Niveau von 140 PJ im Jahre 2020 zu reduzieren.

[17] Neue Technologien und nachhaltige Entwicklung der Industrie, Studie im Auftrag des Schweizerischen Wissenschaftsrates, Programm TA 1996, Bern.

Die Studie versucht folgende Fragen zu beantworten: Inwiefern beeinflussen neue Technologien in der industriellen Produktion den Energieverbrauch und die energiebedingten Emissionen, wie sind diese Entwicklungen vor dem Hintergrund des Nachhaltigkeitspostulates zu bewerten und welches sind die instrumentellen Handlungsoptionen für eine sinnvolle Steuerung.

[18] Jochem E. und Bracke H.: Energieeffizienz, Strukturwandel und Produktionsentwicklung der deutschen Industrie, Abschluss Teilprojekt 6 «Industrie», 1996, ISI, Karlsruhe

Der Bericht befasst sich mit neuen Produktionstechnologien, die angesichts der schnellen technischen Entwicklung im Industriebereich zu erwarten sind: Effizienzsteigerungen, Substitution von Energieträgern mit hohen spezifischen CO₂-Emissionen, bessere Ausnutzung verschiedener Energieformen, Substitution energieintensiver Materialien, Senkung der Emissionen.

Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistungen

[19] Perspektiven der Energienachfrage des tertiären Sektors für Szenarien I bis III, 1990–2030, Forschungsgruppe Energieanalysen ETH Zürich, Oktober 1996

Der Bericht enthält Zahlen, Analysen und Modellrechnungen über die Energienachfrage im tertiären Sektor.

[20] Perspektiven der Energienachfrage des primären und tertiären Sektors Szenario IV. Forschungsgruppe Energieanalysen ETH Zürich, April 1997

Fortsetzung der obenerwähnten Arbeit.

[21] Veränderung 1990–1996 des Energieverbrauchs in der Verbrauchergruppe Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistungen: Analyse ex post, Forschungsgruppe Energieanalysen ETH Zürich August 1997.

Die Studie analysiert und interpretiert die Entwicklung des Energieverbrauchs und gibt eine Einschätzung der zukünftigen Entwicklung.

[22] Entwicklung des Elektrizitätsverbrauchs im Dienstleistungssektor einer grösseren Stadt, Forschungsgruppe Energieanalysen, ETH Zürich, Januar 1994

In der Stadt Zürich hat sich der Anteil des Dienstleistungssektors am totalen Stromverbrauch von 42% im Jahre 1975 auf 56% im Jahre 1997 erhöht. Die Studie befasst sich mit der Darstellung, der Analyse und der Modellierung dieser Entwicklung.

[23] Verbrauchszielwerte von Haushalt-, Büro- und Unterhaltungselektronikgeräten, Datenerhebung 1995, ATAG Ernst & Young, Bern

Die Datenerhebung dient in erster Linie als Basis für die Bearbeitung der weiteren Entwicklung.

Verkehr

[24] Bundesamt für Statistik: Schweizerische Verkehrsstatistik 1994, Bern 1996

Diese Publikation liefert wertvolles Zahlenmaterial zu vielen Aspekten des Verkehrs in der Schweiz.

[25] Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement: Energieverbrauch Verkehr, Ex-Post-Analyse 1990–1995, Bern 1996

Wissenschaftliche Studie zur Ermittlung des effektiven Energieverbrauchs im Verkehr auf schweizerischem Territorium. Die nationalen Energiestatistiken basieren stets auf dem im Inland verkauften Treibstoff, was beim Luftverkehr und beim grenzüberschreitenden Strassenverkehr zu grösseren Verzerrungen führt. Die Studie zeigt u.a. diese Differenzen auf.

[26] Maibach, M., Peter D., Seiler B. (INFRAS): Ökoinventar Transporte, Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Transportsystemen in Ökobilanzen, Technischer Schlussbericht, Verlag INFRAS, Zürich 1995

Ein wertvolles Nachschlagewerk auch für den interessierten Laien. Auf rund 340 Seiten werden das Ökoinventar ausführlich erklärt und die Berechnungsweisen dargelegt. Zahlreiche Tabellen und Graphiken zeigen den unterschiedlichen Verbrauch der verschiedenen Verkehrssysteme.

[27] GS EVED, Dienst für Gesamtverkehrsfragen: Reduktionspotential beim motorisierten Strassenverkehr, Grundlagenbericht zur Verkehrshalbierungs-Initiative, Bern 1997

Erneuerbare Energieträger

[28] EVED: Jahresbericht des Aktionsprogrammes Energie 2000, Bundesamt für Energie, Bern

Die Jahresberichte bieten einen Überblick über die quantitative Entwicklung bei den erneuerbaren Energien.

[29] Kessler, F.M. (Basler & Hofmann): Schweizerische Holzenergiestatistik – Ersterhebungen 1990 bis 1997, Ausgangslage, Modellrechnung, Resultate und Interpretation, Bundesamt für Energiewirtschaft, Bern 1998

Da die Anzahl der Holzfeuerungen in der Schweiz statistisch bisher nur ungenügend erfasst wurde, bietet diese Studie die Grundlage zur Abschätzung der künftigen Entwicklung. Die Holzfeuerungsstatistik gibt Auskunft über den Anlagenbestand, die installierte Feuerleistung, den Brennstoffumsatz, die Endenergie und die Nutzenergie (thermisch und elektrisch) für die Jahre 1990 bis 1997.

[30] Buser H., Kunz S. und Horbaty R.: Windkraft und Landschaftsschutz, ausgearbeitet durch die Arbeitsgemeinschaft ENCO, Meteotest und OEKOSCOP, Bundesamt für Energiewirtschaft, Programm Wind, Bern 1997

Die Studie enthält eine Übersichtskarte für die ganze Schweiz. Darin wurden jene Gebiete ausgeschieden, die sich für die Nutzung eignen, unter Berücksichtigung sowohl der Windverhältnisse wie des Landschaftsschutzes.

[31] Häring U.O.: «Experten antworten» anlässlich des ersten Publiforums 1998, durchgeführt im Rahmen von Technology Assessment des Schweizerischen Wissenschaftsrates, Bern 1998

Am Publiforum stellte Häring «Geo-Project, Entwicklungsszenarien der Stromerzeugung aus der Hot-Dry-Rock-Geothermie» vor. Ausgehend von diesen Überlegungen und den geplanten Pilotanlagen lässt sich die Zukunft der Geothermie in der Schweiz abschätzen.

10. Tabelle der Einheiten und Abkürzungen

Leistungseinheiten

W:	Watt	= 1
kW:	Kilowatt	= 1000 W
MW:	Megawatt	= 1000 kW
GW:	Gigawatt	= 1000 MW
TW:	Terawatt	= 1000 GW

Arbeitseinheiten

Ws:	Wattsekunde	= 1
Wh:	Wattstunde	= 1000 Ws
kWh:	Kilowattstunde	= 1000 Wh
MWh:	Megawattstunde	= 1000 kWh
GWh:	Gigawattstunde	= 1000 MWh
TWh:	Terawattstunde	= 1000 GWh

J:	Joule	= 1
kJ:	Kilojoule	= 1000 J
MJ:	Megajoule	= 1000 kJ
GJ:	Gigajoule	= 1000 MJ
TJ:	Terajoule	= 1000 GJ
PJ:	Petajoule	= 1000 TJ

Umrechnung von Wattstunden in Joules

1 Ws	=	1 J
1 Wh	=	3600 J = 3.6 kJ
1 kWh	=	3600 kJ = 3.6 MJ
1 MWh	=	3600 MJ = 3.6 GJ
1 GWh	=	3600 GJ = 3.6 TJ
1 TWh	=	3600 TJ = 3.6 PJ

1 J	=	0.000278 Wh
1 kJ	=	0.278 Wh
1 MJ	=	0.278 kWh
1 GJ	=	0.278 MWh
1 TJ	=	0.278 GWh
1 PJ	=	0.278 TWh

Abkürzungen

BFE:	Bundesamt für Energie (frühere Abkürzung BEW)
BHKW:	Blockheizkraftwerk
CAN:	Coalition antinucléaire
EGES:	Expertengruppe Energieszenarien
EVED:	Eidgenössisches Verkehrs- und Energiedepartement
FWS:	Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz
KVA:	Kehrichtverbrennungsanlage
kWp:	Kilowatt-Peak
LSVA	Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe
MWel	Megawatt elektrisch
MWth:	Megawatt thermisch
Pkm/a:	Passagierkilometer pro Jahr
PJ/a:	Petajoule pro Jahr
SIA:	Schweizerischer Ingenieur und Architekten Verein
TGV:	Train Grande Vitesse
tkm:	Tonnenkilometer
VSE:	Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
WKK:	Wärmeerkraftkopplung

Verzeichnis der SATW-Schriften / Publications de la SATW

Die nachfolgend aufgeführten Schriften können beim Sekretariat der SATW, Postfach, 8023 Zürich, bezogen werden:

Les publications suivantes peuvent être obtenues au secrétariat de la SATW, case post., 8023 Zurich:

1. Japan-Studie, 1982 (Fr. 20.–)
2. Substitution du nucléaire au chauffage au mazout, 1983 (Fr. 5.–)
3. Zukunftspotential der Faser-Lichtleiter und der integrierten Optik, 1984 (Fr. 20.–)
4. Maturanden und Technik, März 1984 (Fr. 20.–)
5. Energiepolitik, Nov. 1985 (Fr. 5.–), Politique énergétique, nov. 1985 (Fr. 5.–)
6. Technikakzeptanz, eine vergleichende Analyse, 1986 (Fr. 10.–)
7. Früherkennung von Trends in der Haustechnik, 1986 (Fr. 10.–)
8. Interesse und Verstehen in Physik und Chemie, 1987 (Fr. 20.–)
9. Frauen im Ingenieurberuf, 1988 (Fr. 20.–)
10. Ausbau der Ingenieurschulen, 1989 (Fr. 20.–)
Développement des écoles d'ingénieurs, 1989 (Fr. 20.–)
11. Studienwahl: Technik- und Ökonomiewähler im Vergleich, 1990 (Fr. 20.–)
12. Studium: Einheit und Vielfalt bei Ingenieuren und Ökonomen, 1990 (Fr. 20.–)
13. China – Technologisches Potential, Möglichkeiten zur Zusammenarbeit mit der Schweiz, 1991 (Fr. 20.–)
14. Industriestandort Schweiz, 1991 (Fr. 20.–)
La compétitivité du secteur industriel suisse (Fr. 20.–)
Competitiveness of the swiss industrial sector (Fr. 20.–)
15. Technologie – Wissen und Gewissen Schüler organisieren für Schüler Technikwochen:
Band 1: Dokumentation einer Pilotstudie, 1991 (Fr. 10.–)
Band 2: Schülerwettbewerbsarbeiten, 1991 (Fr. 10.–)
Band 3: Schülerwettbewerb Kantonsschule Zürcher Unterland-Bülach, 1995 (Fr. 20.–)
16. Ethik für Ingenieure/technische Wissenschaftler, 1991 (Fr. 10.–)
Ethique pour l'ingénieur, 1991 (Fr. 10.–)
Etica dell'ingegnere, 1991 (Fr. 10.–)
Ethics for Engineers/Technical Scientists, 1991 (Fr. 10.–)
Kurzversion/Version abrégée d, f, e (gratis)
17. Früherkennung von Trends in der Haustechnik, 1991, Band 2 (Fr. 10.–)
18. Strukturwerkstoffe der Mikrotechnik, 1992 (Fr. 20.–)
19. Risikoakzeptanz aus technischer und soziologischer Sicht.
Ein Einstieg in den Risikodialog, 1994 (Fr. 45.–) (in Zusammenarbeit mit der SUVA)
Acceptation des risques du point de vue technique et sociologique.
Approche du dialogue sur les risques, 1994 (Fr. 45.–)
20. Hochtechnologie und soziales Umfeld – am Beispiel der bio- und gentechnologischen Herstellung von Arzneimitteln, 1994 (Fr. 20.–)
21. Berufsübergang: Erfahrungen und Perspektiven von Ingenieuren und Ökonomen, 1993 (Fr. 20.–)
22. Technologische Entwicklungsperspektiven im Hochbau, 1995 (Fr. 20.–)
Techniques du bâtiment: perspectives de développement, 1995 (Fr. 20.–)
23. Produktivität am Standort Schweiz, 1995 (Fr. 20.–)
La productivité du secteur industriel suisse, 1995 (Fr. 20.–)
24. Die Nutzung der Sonnenenergie, L'exploitation de l'énergie solaire, 1995 (zweispr. df, Fr. 20.–)
The Use of Solar Energy, 1995 (engl. Fr. 20.–)
25. Nachwuchs für die technische Ausbildung
Formations techniques: quelle relève?, 1995 (zweispr. df, Fr. 20.–)
26. Alternativ-Energie-Wettbewerb
Concours de l'énergie renouvelable, 1995, Beiträge in deutsch oder franz. (Fr. 20.–)
27. Der Einfluss der neuen Technologien auf das Weltbild – Les nouvelles technologies –
Bericht der Journée de réflexion, 1995 (Fr. 20.–)

- 28. Cyber Road Show: Internet-Einführung an Schweizer Gymnasien. Projekt-Dokumentation inkl. CD-ROM, 1998 (Fr. 20.–)
- 29. Innovationssysteme – Erfolgsmodell Niederlande!? Empfehlungen für die Schweiz, 1999 (Fr. 20.–)
- 30. CH50% – Eine Schweiz mit halbiertem Verbrauch an fossilen Energien, 1999 (dt., teilw. franz., Fr. 20.–)
- 31. Sieben Jahre Fund SATW - Branco Weiss 1992–1999, 1999 (dt., Fr. 20.–)
Sept Ans Fonds SATW - Branco Weiss 1992–1999, 1999 (fr., Fr. 20.–)

Video-Film

- 101. «time out» Ethik in der Technik – nachhaltige Entwicklung, 1995, (dt, Fr. 50.–)
«time out» Ethique de la technique – développement durable, 1995, (fr, Fr. 50.–)
«time out» Ethics in technology – sustainable development, 1995, (engl., Fr. 50.–)

Schriften der Jahrestagungen / Publications des Congrès annuels

- L’habitat du futur – Impact des nouvelles techniques, 1987
- Technik versorgen – Technik entsorgen, 1991
- CO₂ und der Treibhauseffekt: Situation und Perspektiven,
CO₂ et effet de serre: Situation et perspectives, 1992 (df, Fr. 20.–)
- Proceedings «Sustainable Engineering – The Challenge of Developing Transportation for Society» der 10th CAETS Convocation, Zürich, September 1993 (Fr. 50.–)
- «Sustainable Mobility – A Systems Perspective on Policy Issues» addressed by the 10th CAETS Convocation in Zürich, September 1993, authored by Professor Lars Sjöstedt (Fr. 25.–)
- Weltraum – Eine Reise durch Raum und Zeit
La conquête spatiale – Un voyage dans l’espace et le temps
10 Beiträge in deutsch, franz. oder englisch, 1994 (Fr. 30.–)
- Die neuen Technologien und ihre Auswirkungen auf die Arbeitsplätze der Zukunft
Les nouvelles technologies et leur incidence sur les places de travail de l’avenir.
7 Beiträge in deutsch, 1 Beitrag in franz., 1995 (Fr. 30.–)
- Schweizer Technik in der Welt der nächsten Generation
La place de la technologie suisse dans le monde de demain.
2 Beiträge in deutsch, 2 Beiträge in franz., 1996 (Fr. 20.–)
- Die Arbeitswelt in der Informationsgesellschaft
Monde du travail et société de l’information
Beiträge in deutsch, franz. oder englisch, 1997 (Fr. 30.–)
- Les sciences de la vie: un nouveau défi pour les ingénieurs
Life Sciences: eine neue Herausforderung für Ingenieure
Beiträge in deutsch, franz. oder englisch, 1998 (Fr. 30.–)

Schriften in Zusammenarbeit mit anderen Organisationen:

Publications en collaboration avec d’autres organismes:

- Produktionsintegrierter Umweltschutz in der chemischen Industrie, 1990, Dechema, GVC, SATW (Fr. 20.–)
- Qualitatives Wachstum – Ein Kolloquium der vier wissenschaftlichen Akademien der Schweiz/ Wissenschaftspolitik Beiheft Nr. 48, 1990
- Les enjeux de la recherche fondamentale – Grundlagenforschung in Gefahr
CASS – Conférence des académies scientifiques suisses – überarbeitete Fassungen der Referate des Symposiums vom 14. Mai 1993 in Lausanne
- Partikelmesstechnik, 1994, VDI–Ges. Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, GVC
- Mobility, Transport and Traffic in the perspective of Growth, Competitiveness, Employment, 1996, Euro-CASE (Fr. 30.–)
- Nachhaltige Entwicklung oder hoher Lebensstandard? – Développement durable ou niveau de vie élevé? CASS – Conférence des académies scientifiques suisses – überarbeitete Fassungen der Referate des Symposiums vom 5./6. Juni 1996 in Bern
- Engineering and Venture Capital in Europe – a Euro–CASE pragmatic approach, 1998, Euro-CASE (Fr. 30.–)