

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 78 (1987)

Heft: 22

Artikel: Energiestatistik der Schweiz 1910-1985 = Statistique suisse de l'énergie 1910-1985

Autor: [s.n.]

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-903939>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 30.01.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Energiestatistik der Schweiz 1910–1985

Wer politische oder wirtschaftliche Entscheidungen zu treffen hat, benötigt dafür eine umfassende Kenntnis der wesentlichen Fakten. Ein bedeutender Teil dieser Fakten liegt – als Abbild der Wirklichkeit – in aufgearbeiteter Form als Statistik vor. Energiepolitische Entscheide wären ohne umfassende Energiestatistiken (und demographische und wirtschaftliche Statistiken) heute nicht mehr denkbar. Ohne genügend Datenmaterial müsste sich die energiepolitische Diskussion weitgehend im luftleeren Raum abspielen. Die zur Erstellung von Perspektiven und Szenarien eingesetzten, weitentwickelten ökonomischen Modelle wären wertlos.

Auch bei der Energiestatistik gilt es, Aufwand und Nutzen abzuwägen. Die Gestaltung jeder Statistik steht im Spannungsfeld widersprüchlicher Anforderungen: Der Benutzer möchte möglichst viele Daten möglichst rasch zur Verfügung haben, ohne einem Zahlenberg gegenüberzustehen; der eine Anwender möchte gerne detaillierte, der andere aggregierte Zahlen; der Datenlieferant will möglichst wenig Aufwand zur Bereitstellung und den Datenschutz gewährleistet haben; schliesslich sind die personellen und sachlichen Mittel der Statistikdienste beschränkt. Man darf wohl davon ausgehen, dass bei der Gestaltung der Schweizerischen Gesamtenergiestatistik in ihrer heutigen Form ein zweckmässiger Ausgleich zwischen diesen widersprüchlichen Anforderungen gefunden wurde. Dies heisst nicht, dass sie auf diesem Stand verbleiben muss, im Gegenteil. Die Gesamtenergiestatistik, obwohl erst seit gut einem Jahrzehnt in der gegenwärtigen Weise erscheinend, hat sich im Laufe der Zeit wesentlich entwickelt und wird sich auch künftig dem steigenden Informationsbedürfnis anzupassen haben.

Erste partielle statistische Erhebungen einzelner Verbände und der schweizerischen Zollorgane liegen seit dem An-

fang unseres Jahrhunderts vor. Dieses Zahlenmaterial und wertvolle Vorarbeiten des schweizerischen Nationalkomitees der Weltenergiekonferenz erlaubten es dem Bundesamt für Energiewirtschaft, unter Mitwirkung des Nationalkomitees, eine offizielle Schweizerische Gesamtenergiestatistik herauszugeben. Sie beruht auf einer sinnvollen Zusammenarbeit zwischen der schweizerischen Energiewirtschaft, den wichtigsten Energiekonsumenten aus der Industrie und dem Bundesamt für Energiewirtschaft.

Die Elektrizitäts- und Fernwärmezahlen werden heute vom Bundesamt für Energiewirtschaft in enger Zusammenarbeit mit dem Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE) und dem Verband Schweizerischer Gasindustrie (VSG) erhoben. Angaben über die Kohle und das Erdöl ergeben sich aus der Tätigkeit der beiden Pflichtlagerorganisationen Schweizerische Zentralstelle für die Einfuhr flüssiger Treib- und Brennstoffe (Carbura) und Schweizerische Zentralstelle für Kohleinfuhr (ZK). Der Energieverbrauch wichtigster Industriebranchen wird mit Unterstützung durch dreissig Industrieverbände vom Schweizerischen Energie-Konsumenten-Verband von Industrie und Wirtschaft (EKV) erfasst. Wertvolle Beiträge leisten das Schweizerische Nationalkomitee der Weltenergiekonferenz, die Erdöl-Vereinigung (EV) und verschiedene Bundesämter.

Diese Zusammenarbeit basiert auf der Überzeugung von der Notwendigkeit einer qualitativ guten und umfassenden Schweizerischen Gesamtenergiestatistik und geschieht im Geiste gegenseitigen Vertrauens. Ich möchte mich dafür an dieser Stelle herzlich bedanken.

*Dr. Eduard Kiener,
Direktor des Bundesamtes für Energiewirtschaft*

Eine umfassende und auf einheitlichen Grundlagen aufgebaute Energiestatistik wird heute als unerlässliches Instrument für die Beurteilung der immer wichtiger werdenden Energiefragen erachtet. Rückblickend erstaunt es, dass dieses Bedürfnis erst in den 50er Jahren zur Schaffung einer ersten Gesamtenergiestatistik in der Schweiz geführt hat. Die Initiative wurde damals vom Schweizerischen Nationalkomitee der Weltenergiekonferenz ergriffen. Die Statistik wurde in enger Zusammenarbeit mit den im Nationalkomitee zusammengefassten Energieträger-Organisationen ausgearbeitet und vom Nationalkomitee veröffentlicht. Um den nötigen Überblick zu gewinnen, wurde die Statistik bis auf das Jahr 1910 zurückgerechnet. Ein wichtiger Baustein dieser Statistik war der Begriff der Nutzenergie als dritte Stufe der Energiebilanz. Sie gibt über die eigentlichen Bedürfnisse der Verbraucher an mechanischer Arbeit, Wärme, chemisch gebundene Energie und Licht Auskunft, die zumeist von verschiedenen Energieträgern gedeckt werden können. Diese originelle Betrachtung – meines Wissens ist die Schweiz das einzige Land der Welt, das solche Untersuchungen durchführt – gibt einen wertvollen Einblick in die Mechanismen der Substitution und des Sparens und lädt zum Nachdenken über Sinn und Zweck der Energienutzung ein.

Seit etwa zehn Jahren wird die Schweizerische Energiestatistik in erfreulicher Zusammenarbeit vom Bundesamt

für Energiewirtschaft und von den im Rahmen des Schweizerischen Nationalkomitees der Weltenergiekonferenz zusammengefassten Energieträger-Organisationen mitgetragen. Der Bund bearbeitet die Brutto- und die Endenergiestufe, das Nationalkomitee weiterhin die Stufe der Nutzenergie. Auf diese Weise wird mit beschränktem Aufwand eine Energiestatistik erarbeitet, die dem internationalen Vergleich standhält und die spezifisch schweizerischen Bedürfnisse berücksichtigt.

Die Kommission für Energiestatistik des Schweizerischen Nationalkomitees, in welcher alle Beteiligten vertreten sind, ist beauftragt, die Statistik weiter zu entwickeln und auszubauen. Sie hat bereits vieles erreicht. Trotzdem bleibt nach wie vor manches zu tun, damit unsere Statistik den steigenden Bedürfnissen moderner Prognose-Modelle weiterhin genügt.

Ich möchte der Kommission für Energiestatistik und der Motor-Columbus AG, welche die praktische Durchführung im Rahmen des Schweizerischen Nationalkomitees übernommen hat, für die bisher geleistete eindruckliche Arbeit bestens danken und für die Zukunft weiterhin viel Erfolg wünschen.

*P. Krafft
Präsident des Schweizerischen Nationalkomitees
der Weltenergiekonferenz*

Statistique suisse de l'énergie 1910-1985

Celui qui a la charge de prendre des décisions politiques ou économiques a besoin pour ce faire d'une connaissance globale des faits essentiels. Ces derniers se présentent, pour une part importante, sous forme de statistiques dont la mise en valeur permet d'illustrer la réalité. En l'absence d'un nombre suffisant d'informations, les discussions de politique énergétique resteraient largement abstraites. Les modèles économétriques très élaborés servant à l'établissement de perspectives et de scénarios seraient sans valeur.

Comme toute statistique, celle de l'énergie présuppose une comparaison des coûts et de l'utilité qui en résulte. La collecte des données bute sur des intérêts contradictoires: l'utilisateur désire disposer le plus rapidement possible d'un nombre aussi élevé que possible d'informations, sans pour autant crouler sous une montagne de chiffres; d'autres désirent des données détaillées, d'autres agrégées; celui qui fournit les renseignements veut que l'anonymat lui soit garanti et ses frais limités au minimum; en fin de compte, les moyens mis à disposition des services de statistiques apparaissent très restreints.

Lors de l'élaboration de la Statistique globale suisse de l'énergie sous sa forme actuelle, une solution que l'on peut qualifier d'appropriée a été trouvée, qui tient compte de manière équilibrée de l'ensemble de ces exigences contradictoires. Bien entendu, cela ne signifie pas qu'aucun changement ne doive plus jamais être apporté à cette statistique, au contraire. Depuis sa parution sous l'aspect que nous lui connaissons aujourd'hui, c'est-à-dire depuis plus de dix ans, elle a été constamment améliorée et continuera de l'être à l'avenir afin de répondre au besoin croissant d'informations.

Depuis le début du siècle, diverses associations ainsi que les services douaniers de notre pays procèdent à des relevés

statistiques partiels. Ces données ainsi que les précieux travaux préparatoires du Comité national suisse de la Conférence mondiale de l'énergie ont permis à l'Office fédéral de l'énergie, avec le concours du Comité national, de faire paraître à titre officiel la Statistique globale suisse de l'énergie. Cette statistique repose sur une judicieuse collaboration entre les fournisseurs suisses d'énergie, les principaux consommateurs d'énergie de l'industrie ainsi que l'Office fédéral de l'énergie.

Ce dernier collecte les chiffres relatifs à l'électricité et le chauffage à distance, en étroite collaboration avec l'Union des centrales suisses d'électricité (UCS) et l'Association suisse de l'industrie du gaz (ASIG). Les données concernant le charbon et le pétrole sont réunies par les deux centrales pour la formation des stocks obligatoires, la Centrale suisse pour l'importation du charbon (ZK) et la Centrale suisse pour l'importation de combustibles et carburants liquides (Carbura). La consommation d'énergie des principales branches de l'industrie est calculée grâce à l'aide des trente associations industrielles faisant partie de l'Union suisse des consommateurs d'énergie de l'industrie et autres branches économiques (UCE). Le Comité national suisse de la Conférence mondiale de l'énergie, l'Union pétrolière (UP) et plusieurs offices fédéraux apportent leurs précieuses contributions.

Cette collaboration n'a été rendue possible que grâce à un esprit de confiance mutuelle et à la conviction de chacun de la nécessité d'une statistique globale suisse de l'énergie qualitativement irréprochable. Permettez que j'exprime ici mes remerciements à chacun pour le travail accompli.

*Dr. Edouard Kiener,
Directeur de l'Office fédéral de l'énergie*

Une statistique énergétique détaillée, s'appuyant sur des bases consistantes, est considérée aujourd'hui comme un instrument indispensable pour juger des questions énergétiques dont l'importance va croissant. Rétrospectivement, il est surprenant que ce ne soit que dans les années cinquante que ce besoin ait conduit à l'établissement d'une première statistique globale suisse de l'énergie. A l'époque, l'initiative fut prise par le Comité national suisse de la Conférence mondiale de l'énergie. Les données furent rassemblées en étroite collaboration avec les organismes de l'économie énergétique représentés au sein du Comité national suisse et ce dernier se chargea de la publication. Pour obtenir le recul nécessaire, la statistique a été recalculée jusqu'en 1910. Un élément essentiel de cette statistique fut l'introduction de la notion de l'énergie utile, la troisième étape du bilan énergétique. Elle renseigne sur les besoins effectifs des consommateurs en travail mécanique, en chaleur, en énergie de réaction chimique et en lumière, qui peuvent fréquemment être couverts par divers agents énergétiques. Cette approche originale - la Suisse est à ma connaissance le seul pays du monde qui procède à de telles études - illustre bien les mécanismes de la substitution et des économies et invite à réfléchir sur la raison d'être et la finalité des consommations d'énergie.

Depuis une dizaine d'années, une réjouissante collaboration entre l'Office fédéral de l'énergie et les organismes de l'économie énergétique représentés au sein du Comité national suisse de la Conférence mondiale de l'énergie permet de poursuivre la statistique suisse de l'énergie. L'Office fédéral s'occupe des étapes de l'énergie brute et de l'énergie finale et le Comité national, comme précédemment, de l'étape de l'énergie utile. Cette manière de faire permet d'établir avec des moyens modestes une statistique énergétique qui soutient la comparaison sur le plan international et qui répond aux besoins spécifiques de la Suisse.

La Commission de statistique énergétique du Comité national suisse, dans laquelle tous les intéressés sont représentés, est chargée de développer et de compléter cette statistique. Elle a déjà beaucoup réalisé. Il reste cependant à faire pour que la statistique continue à répondre aux exigences croissantes des modèles modernes de prévision.

Je désire remercier sincèrement la Commission de statistique énergétique et Motor-Columbus SA, qui assume l'exécution pratique au nom du Comité national suisse, pour l'impressionnant travail fait jusqu'ici et leur souhaite plein succès pour l'avenir.

*P. Krafft
Président du Comité national suisse
de la Conférence mondiale de l'énergie*

Energiestatistik der Schweiz 1910-1985

1. Einleitung

Seit der industriellen Revolution im letzten Jahrhundert spielt die Energie eine immer wichtigere Rolle in der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Entwicklung. Beschaffung, Verteilung und Nutzung wurden zunehmend nicht mehr kleinräumig geregelt, sondern wuchsen zu einem komplexen System. Um die Entwicklung in eine sinnvolle Richtung zu lenken und in Notsituationen richtig reagieren zu können, ergab sich mit der Zeit der Bedarf nach gut aufgestellten Energiestatistiken.

In der Schweiz haben solche Arbeiten relativ früh begonnen. Bereits 1928 wurde eine Statistik der Elektrizitätsproduktion über die vorhergehenden 40 Jahre aufgestellt. Ab Oktober 1930 übernahm das seinerzeitige Eidgenössische Amt für Elektrizitätswirtschaft, heute das Bundesamt für Energiewirtschaft (BEW), die Aufgabe, in Zusammenarbeit mit dem Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE) die Elektrizitätsstatistik auszudehnen und weiterzuführen. Über die anderen Energieträger führten Fachverbände sowie die Oberzolldirektion mehr oder weniger ausführliche Zusammenstellungen. Diese wurden aber nach sehr unterschiedlichen Gesichtspunkten aufgestellt, so dass die erhobenen Daten sich nicht einfach zu einer Gesamtenergiestatistik zusammenfügen liessen.

Anfangs der 50er Jahre fand 1924 als einziges privates Bindeglied zwischen Verwaltung, Hochschulen, Berufs- und Fachverbänden und Wirtschaft gegründete Schweizerische Nationalkomitee der Weltenergiekonferenz (SNK-WEK) an, eine umfassende schweizerische Energiestatistik aufzubauen, wobei die Bearbeitung der Motor-Columbus AG (MC) übergeben wurde. Die erste Veröffentlichung erfolgte 1953 und erstreckte sich über den Zeitraum 1910 bis 1951.

Mit der ersten Ölkrise in den Jahren 1973/74 zeigte sich das Bedürfnis, über die Energieversorgungsverhältnisse regelmässiger und ausführlicher orientiert zu werden. Das BEW wurde daher beauftragt, periodisch eine Energiestatistik aufzustellen und zu veröffentlichen. Im Jahr 1976 wurde als erstes ein Rückblick 1970-1975 herausgegeben, dem seither jährliche Veröffentlichungen folgten. Zur Erledigung dieser Aufgabe liess sich das BEW durch Vorarbeiten der OECD und der IEA sowie durch diejenigen des SNK-WEK leiten, wobei die Weiterführung des Nutzenergieanteils der Statistik dem SNK-WEK mit MC als Sachbearbeiter überlassen wurde.

Dank hervorragender Zusammenarbeit zwischen den Vertretern der Behörden, der einzelnen Energieträger und der Konsumenten konnte die Schweizerische Gesamtenergiestatistik im Laufe der Zeit ständig verbessert und vervollständigt werden. Heute bestehen Angaben über eine 75jährige Periode, was Anlass zur vorliegenden Zusammenstellung gegeben hat.

Statistique suisse de l'énergie 1910-1985

1. Introduction

Depuis la révolution industrielle du siècle dernier, l'énergie joue un rôle toujours plus important dans le développement de l'économie et de la société. L'approvisionnement, la distribution et l'utilisation sont de moins en moins réglés sur le plan local et se sont transformés en systèmes complexes. Pour orienter raisonnablement cette évolution et réagir de façon adéquate en cas de crises, l'homme a senti la nécessité de disposer avec le temps de statistiques énergétiques solidement établies.

En Suisse, ces travaux ont commencé relativement tôt. En 1928 déjà, on a publié une statistique de la production d'électricité des 40 années précédentes. Depuis octobre 1930, l'Office fédéral de l'économie électrique, aujourd'hui l'Office fédéral de l'énergie (OFEN), s'est chargé de la développer, en collaboration avec l'Union des Centrales Suisses d'Electricité (UCS), et de la poursuivre. Pour les autres agents énergétiques, les associations professionnelles et la Direction générale des douanes ont procédé à des récapitulations plus ou moins détaillées. Elles ont cependant été établies à partir de points de vue très divers si bien que les chiffres récoltés ne peuvent pas toujours être facilement intégrés dans une statistique globale.

Au début des années 50, le Comité national suisse de la Conférence mondiale de l'énergie (CNS-CME), fondé en 1924 en tant que seul lien privé entre l'administration, les hautes écoles, les associations professionnelles et l'économie, a commencé à élaborer une statistique énergétique détaillée de la Suisse et a confié à Motor-Columbus SA (MC) le soin de la faire. La première publication eut lieu en 1953 et a couvert la période allant de 1910 à 1951.

La première crise pétrolière de 1973/74 a montré la nécessité d'être informé plus régulièrement et plus en détail sur les fondements de l'approvisionnement énergétique. L'OFEN a donc été chargé d'établir une statistique énergétique périodique et de la publier. Il a ainsi sorti en 1976 une première rétrospective 1970-75, suivie depuis lors de statistiques annuelles. Dans la maîtrise de cette tâche, l'OFEN s'est appuyé sur les travaux préliminaires de l'OCDE et de l'AIE, ainsi que sur ceux du CNS-CME, tout en lui laissant le soin de poursuivre, sous la responsabilité de MC, l'établissement des chapitres relatifs à l'énergie utile.

Grâce à une collaboration particulièrement étroite entre les représentants des autorités, des divers agents énergétiques et des consommateurs, la statistique globale suisse de l'énergie a pu être constamment améliorée au cours du temps et complétée. On dispose aujourd'hui de données sur une période de 75 ans, objet de la présente récapitulation.

Veränderungen im Energiesektor laufen immer sehr langsam ab. Ein Grund für eine Darstellung über einen so langen Zeitraum ergab sich damit durch die Tatsache, dass die heute übliche Systematik erst seit 10 Jahren benutzt wird und langfristige Vergleiche auf der heute wohl gebräuchlichsten Stufe, jener der Endenergie, nicht lückenlos möglich waren. Dazu mussten die Daten der früheren Jahre zum Teil von den Quellen her neu erfasst und umgearbeitet werden, was manchmal zu einigen kleineren Differenzen zu den veröffentlichten Zahlen geführt hat.

2. Definitionen und Grundlagen

2.1 Begriffe

Die in dieser Zusammenstellung verwendeten Begriffe entsprechen generell den Empfehlungen der Weltenergiekonferenz, die kürzlich in überarbeiteter Form publiziert wurden [1]. In einigen Fällen wurde allerdings auf die in der Schweiz – insbesondere in der Gesamtenergiestatistik – bis anhin üblichen Bezeichnungen zurückgegriffen, um die Vergleichbarkeit zu erleichtern.

Energie – die Fähigkeit eines Systems, äussere Wirkung herbeizuführen – kann in verschiedensten Erscheinungsformen vorliegen, wobei im folgenden nicht zwischen Energie und Energieträger unterschieden werden soll. Auch die statistische Erfassung des Energieflusses lässt sich auf viele Arten vornehmen. Eine erste Möglichkeit bietet die Kette der Umwandlungen vom natürlichen Vorkommen bis zur für den Konsumenten letztlich notwendigen Form. Hier unterscheidet man zwischen Primärenergie, Sekundärenergie und Nutzenergie. Eine zweite Möglichkeit der Systematisierung ergibt sich durch die Kontrollpunkte des Handels, welche Energiebilanzen mit über Schätzungen und Extrapolationen hinausgehender Genauigkeit überhaupt möglich machen. Hier trifft man die Begriffe Brutto- und Endenergie. In der Praxis werden die beiden Begriffsketten gemischt, und es hat sich auch eine Verschiebung der Gewichte hin zu den direkt messbaren Grössen ergeben.

Unter *Primärenergie* versteht man Energie, die noch keiner Umwandlung unterworfen wurde, wie z. B. Wasserkraft, Kohle, Rohöl, Erdgas und Holz, aber auch Müll und Industrieabfälle. Die mit Hilfe der Kernenergie erzeugte Reaktorwärme wird ebenfalls als Primärenergie behandelt. Der Ausdruck Rohenergie wird im gleichen Sinn verwendet.

Sekundärenergie erhält man durch Umwandlung aus Primärenergie (oder aus einer anderen Form von Sekundärenergie), wobei Umwandlungsverluste in Kauf genommen werden müssen. Beispiele sind Elektrizität, Stadtgas aus Kohle oder Erdölprodukten usw.

Nutzenergie steht dem Verbraucher in einer der von ihm letztlich benötigten vier Formen Licht, Wärme, mechanische Arbeit und chemisch gebundene Energie zur Verfügung. Sie kann sowohl aus Primär- wie auch aus Sekundärenergieträgern hergestellt werden. Je nach Anwendungsgebiet und technischer Gestaltung der dafür verwendeten Apparate treten unterschiedliche Verluste auf. Als Beispiel für

Le secteur énergétique n'évolue que très lentement. Une raison pour une publication sur une si longue période réside pourtant dans le fait que la systématique actuelle a été introduite il y a 10 ans seulement et que les considérations à long terme au niveau le plus usuel aujourd'hui, celui de l'énergie finale, ne sont pas possibles sans lacunes. Il a donc fallu reprendre partiellement les données des années précédentes à leurs sources et les retravailler ce qui a parfois conduit à quelques différences mineures par rapport aux chiffres publiés.

2. Définitions et bases

2.1 Concepts

Les concepts utilisés dans cette brochure correspondent généralement aux recommandations de la Conférence mondiale de l'énergie qui ont été récemment publiées dans une version améliorée [1]. Dans certains cas, il a cependant fallu conserver dans la statistique de l'énergie des concepts jusqu'alors usuels en Suisse de façon à faciliter les comparaisons.

L'énergie est l'aptitude d'un système à engendrer des effets externes. Elle peut se présenter sous des formes diverses sans pour autant vouloir faire ici la différence entre énergie et agents énergétiques. De même, la prise en compte statistique du flux énergétique peut avoir lieu de plusieurs manières. Une première façon réside dans la chaîne des transformations depuis les ressources naturelles jusqu'à la forme demandée finalement par le consommateur. On distingue alors entre énergie primaire, énergie secondaire et énergie utile. Une seconde façon de systématiser consiste à prendre en compte les points de contrôle du marché qui rendent possibles les bilans énergétiques avec une précision dépassant les estimations et les extrapolations. On rencontre ici les concepts d'énergie brute et d'énergie finale. En pratique, les deux chaînes sont mêlées et l'on va vers un déplacement en direction des grandeurs mesurables.

On désigne par *énergie primaire*, l'énergie qui n'a pas encore subi de conversion, comme par exemple les forces hydrauliques, le charbon, le pétrole brut, le gaz naturel et le bois, de même que les ordures et les déchets industriels. La chaleur produite dans les réacteurs à l'aide de l'énergie nucléaire est également considérée comme énergie primaire.

On obtient de l'*énergie secondaire* par conversion de l'énergie primaire (ou d'autres formes d'énergie secondaire). Il faut alors prendre en compte des pertes de conversion. L'électricité, le gaz de ville tiré du charbon ou des produits pétroliers, etc. en sont des exemples.

L'énergie utile est celle dont le consommateur a finalement besoin sous l'une des quatre formes: lumière, chaleur, travail mécanique et énergie de réaction chimique. Elle peut tout aussi bien provenir d'agents énergétiques primaires ou secondaires. Suivant le domaine d'application et la conception des appareils consommateurs, les pertes sont très différentes. A titre d'exemples d'énergie utile, signalons la cha-

die Nutzenergie seien etwa das Warmwasser (nach Abzug der Verteilverluste bei einer zentralen Erwärmung), die für die Zubereitung einer Speise benötigte Wärme (inklusive Wärmeaufnahme des Kochgeschirrs), das Licht zur Beleuchtung eines Raumes oder die für die Überwindung von Roll- und Luftwiderstand usw. eines Fahrzeuges benötigte mechanische Energie genannt. Der gelegentlich gebrauchte Ausdruck der Energiedienstleistung schränkt die Benutzung der vier Energieformen in gewissen Fällen noch mehr ein, z. B. auf das Licht direkt auf der Arbeitsfläche.

Bei einer nationalen Energiestatistik interessiert in erster Linie der gesamte Energieverbrauch innerhalb der Landesgrenze, inklusive der innerhalb des Landes entstehenden Umwandlungsverluste. Dieser sogenannte *Bruttoverbrauch* setzt sich zusammen aus der inländisch gewonnenen Primärenergie, den Saldi des Aussenhandels der verschiedenen Energieträger (Primär- und Sekundärenergieträger) und der Lagerveränderungen.

Unter *Endenergie* versteht man die Energie, die dem Verbraucher unmittelbar zur Erzeugung von Nutzenergie zur Verfügung gestellt wird. Meistens handelt es sich um Sekundärenergie, doch gibt es auch einige Anwendungen von Primärenergie, beispielsweise Holz. Der von der Weltenergiekonferenz parallel verwendete Begriff der Gebrauchsenergie ist möglicherweise treffender, doch hat er sich bis jetzt noch nicht durchsetzen können. Mit der Endenergie wird die letzte Stufe des Handels erfasst, und damit ergeben sich relativ genaue Werte. Schwierigkeiten bei der Festlegung des Endverbrauches ergeben sich nur bei Energieträgern, die beim Konsumenten nochmals gelagert werden können. Zur Erfassung dieser Lager behilft man sich beim wichtigsten Fall, dem Heizöl, mit Umfragen.

Energiestatistiken befassen sich nicht mit der *Leistung* – dem Energieverbrauch pro Zeiteinheit – obwohl diese, vor allem bei netzgebundenen, aber auch bei andern Energieträgern, einen wesentlichen Aspekt der Versorgung darstellt.

In der nationalen Energiestatistik wird immer nur der primäre Energie-Einsatzzweck betrachtet. Damit wird z. B. die bei der Lichterzeugung, beim Kochen oder beim Betrieb von Motoren innerhalb eines Gebäudes entstehende Wärme vernachlässigt, obwohl sie – als sogenannte *freie Wärme* – im Winter zur Raumheizung beiträgt und dabei mit steigender Qualität der Wärmedämmung immer wichtiger wird.

In nationalen Energiestatistiken finden auch die sogenannten *nicht handelbaren Energien* keine Berücksichtigung. Vor allem zu nennen ist hier die Sonnenenergie, insbesondere dann, wenn sie nicht durch spezielle Vorrichtungen (etwa Kollektoren oder photovoltaische Zellen) genutzt wird. Hier besteht ein klarer Unterschied zur möglichen Energiebilanz eines einzelnen Gebäudes, wo sich die entsprechenden Grundlagen noch mit annehmbarer Genauigkeit ermitteln lassen.

Einen weiteren in der Energiebilanz vernachlässigten Faktor bildet der Austausch von sogenannter *grauer Energie* mit dem Ausland, d. h. die für die Herstellung von eingeführten oder exportierten Gütern benötigte und in diesen damit enthaltene Energiemenge.

leur nécessaire à la préparation de l'eau chaude (après déduction des pertes de distribution en cas de chauffage centralisé) ou d'un mets (y compris la chaleur absorbée par la poêle), la lumière pour l'éclairage d'une pièce, le travail mécanique pour vaincre la résistance d'un véhicule au roulement et à l'air, etc. L'expression de service énergétique, parfois utilisée, limite dans certains cas encore plus la part utile de ces quatre formes énergétiques, par exemple à la lumière tombant directement sur la place de travail.

Dans une statistique énergétique nationale, on s'intéresse tout d'abord à la consommation globale d'énergie à l'intérieur des frontières nationales, y compris les pertes de conversion intervenant dans le pays. Cette *consommation brute* se compose de l'énergie primaire tirée du pays, des soldes de commerce extérieur des divers agents énergétiques (primaires et secondaires) et des variations de stocks.

Par *énergie finale*, on entend l'énergie mise à disposition du consommateur pour la production d'énergie utile. Il s'agit généralement d'énergie secondaire, mais on rencontre aussi quelques applications d'énergie primaire comme dans le cas du bois. Le concept d'énergie livrée ou consommée que la Conférence mondiale de l'énergie donne comme synonyme est peut-être mieux adapté, mais n'a pour l'instant pas encore pu s'imposer. L'énergie finale constitue le dernier échelon du marché et donne des valeurs relativement exactes. Les difficultés quant à la détermination de la consommation finale n'apparaissent que pour les agents énergétiques que le consommateur peut encore stocker. Pour déterminer ces stocks, on recourt pour le mazout, le cas le plus important, à des enquêtes.

Les statistiques énergétiques ne prennent pas en compte la *puissance* – la consommation d'énergie par unité de temps – bien que celle-ci soit un aspect essentiel de l'approvisionnement non seulement pour les énergies de réseau mais aussi pour les autres agents énergétiques.

Dans la statistique énergétique nationale, on ne considère que le but premier de l'utilisation énergétique. On néglige donc, par exemple la chaleur produite dans un bâtiment par l'éclairage, la cuisson ou un moteur, bien qu'en hiver elle contribue au chauffage des locaux en tant que *chaleur libre* et devienne de plus en plus importante avec le renforcement de l'isolation.

Dans les statistiques énergétiques nationales, on n'introduit pas non plus les *énergies non marchandes* au nombre desquelles il faut signaler l'énergie solaire, principalement lorsqu'elle n'est pas mise en œuvre par des installations particulières (collecteurs ou cellules photovoltaïques). Il existe ainsi une différence fondamentale par rapport au bilan énergétique d'un bâtiment particulier dont les bases peuvent encore être déterminées avec une précision acceptable.

Un autre facteur négligé dans les bilans énergétiques est l'échange d'*énergie grise* avec l'étranger, c'est-à-dire l'énergie nécessaire à la fabrication de biens importés ou exportés et contenue dans ceux-ci.

2.2 Messprinzip, Einheiten und Zeitschritt

Die Verwendung eines bestimmten Messprinzips für alle Energieträger ist eine Hilfskonstruktion, die in keinem Falle völlig zu befriedigen vermag, weil dabei immer bestimmte Aspekte vernachlässigt werden müssen.

Nach der in der Schweiz üblichen Praxis gehen alle Energieträger mit ihrem *Wärmeinhalt* in die Bilanz ein (Wärmeäquivalenzmethode). Dabei wird der sogenannte Heizwert (früher als unterer Heizwert bezeichnet) verwendet, der angibt, welche Wärmemenge bei vollständiger Verbrennung, aber ohne die Zurückgewinnung der Kondensationswärme des Wasserdampfes, gewonnen werden kann. Die in einigen Ländern und auch von gewissen internationalen Organisationen verwendete Substitutionsmethode, bei der insbesondere die Elektrizität mit dem für ihre Erzeugung in konventionell-thermischen Anlagen notwendigen Wärmeinhalt eingesetzt wird, ist in der Schweiz mit ihrem sehr kleinen Anteil an solchen Anlagen nicht sinnvoll und würde der Wasserkraft ein übermässiges Gewicht geben.

Die Heizwerte der Energieträger schwanken in unterschiedlichen Bandbreiten, so dass man für die Mittelwerte zu einem bestimmten Zeitpunkt auf Annahmen angewiesen ist. Diese werden jeweils bei den einzelnen Energieträgern angegeben und kommentiert.

Als Masseinheit für die Energie wird das *Joule* verwendet. Für bestimmte Energieträger werden zusätzlich Angaben in den bis anhin gebräuchlichen Masseinheiten (wie kWh und kcal) gemacht. Heizwerte und Umrechnungsfaktoren sind in Tabelle 1 gegeben.

Als Zeiteinheit wird für alle Energieträger das Kalenderjahr benutzt, weil wesentliche Unterlagen nur so vorhanden sind. Im Falle der Elektrizität und des Gases existieren, allerdings nicht von Anfang an, auch Verbrauchsstatistiken in Monatsschritten, so dass z.B. Vergleiche zwischen dem Sommer- und Winterhalbjahr vorgenommen werden können.

2.3 Herkunft der Daten

Die Zahlenangaben dieser Arbeit wurden zu einem Teil aus der bereits im Kapitel 1 erwähnten Publikation des SNK-WEK von 1953 [2] [3] und für die Jahre nach 1973 der Schweizerischen Gesamtenergiestatistik [4] [5] entnommen. Als weitere umfassende Arbeiten müssen jene von Lienhard und Allemann 1967 [6], des Bundesamtes für Energiewirtschaft [7] [8] [9] und des SNK-WEK [10] [11] erwähnt werden. Vor allem in früheren Jahren spielte die Zollstatistik eine wesentliche Rolle, auch wenn berücksichtigt werden muss, dass sie nicht nach energiestatistischen Gesichtspunkten gegliedert ist.

Daneben wurde in grösserem Umfang auf vorhandene interne Unterlagen, die durch jahrzehntelanges Sammeln von Einzelinformationen durch die MC zuhanden des SNK-WEK entstanden waren, zurückgegriffen. Wo immer dies möglich war, wurde eine Nachprüfung bei den Erstkennern vorgenommen.

Zusätzliche Informationen über die Datenherkunft und Genauigkeit finden sich bei den einzelnen Energieträgern. Organisationen werden dabei mit dem heute gültigen Na-

2.2 Principe de mesure, unités et périodes

L'adoption d'un même principe de mesure pour tous les agents énergétiques est une construction qui ne peut en aucun cas être parfaitement satisfaisante car elle oblige toujours à négliger certains aspects.

Conformément à la pratique adoptée en Suisse, tous les agents énergétiques entrent dans le bilan suivant leur *pouvoir calorifique* (méthode du pouvoir calorifique). On tient compte du pouvoir calorifique inférieur, soit de la quantité de chaleur dégagée par une combustion complète sans récupération de la chaleur de condensation de la vapeur d'eau. La méthode de substitution, qui est utilisée dans quelques pays, de même que par certaines organisations internationales et dans laquelle principalement l'électricité est comptée en raison de l'énergie calorifique nécessaire à sa production dans une centrale thermique conventionnelle, n'a raisonnablement pas cours en Suisse du fait de la faible part de telles installations. De plus, elle valoriserait les forces hydrauliques de façon trop importante.

Les pouvoirs calorifiques des agents énergétiques varient entre diverses limites. Il faut donc recourir à certaines hypothèses pour déterminer des valeurs moyennes dans une période donnée. Elles sont commentées dans les chapitres particuliers aux divers agents énergétiques.

Le *joule* est l'unité énergétique, sauf pour certains agents énergétiques pour lesquels on donne des indications complémentaires en anciennes unités usuelles, telles que le kWh ou la kcal. Les pouvoirs calorifiques et les facteurs de conversion figurent au tableau 1.

Quant à la période, toutes les productions et consommations d'agents énergétiques sont rapportées à l'année civile, seule échéance fournissant certaines données importantes. Dans le cas de l'électricité et du gaz il existe aussi, mais pas depuis le début, des statistiques mensuelles permettant des comparaisons entre les semestres d'hiver et d'été.

2.3 Sources des données

Les données nécessaires à ce travail ont été puisées dans la publication du CNS-CME de 1953 déjà mentionnée au chapitre 1 [2] [3] et pour les années après 1973 dans la statistique globale suisse de l'énergie [4] [5]. Il faut également relever les importants travaux de Lienhard et Allemann de 1967 [6], de l'Office fédéral de l'énergie [7] [8] [9] et du CNS-CME [10] [11]. Principalement pour les premières années, la statistique douanière joue un rôle essentiel même si elle n'est pas ventilée d'un point de vue de pure statistique énergétique.

En outre, on a recouru, dans une large mesure, à des données internes patiemment rassemblées au cours des ans par MC, à l'intention du CNS-CME.

Dans toute la mesure du possible, les données ont été comparées aux sources premières.

Les chapitres consacrés aux divers agents énergétiques contiennent encore des informations complémentaires sur les sources de données et leur précision. Les organisations

Heizwerte
 Pouvoirs calorifiques

Energieträger	Agent énergétique	Zeitspanne	kcal/kg	TJ/1000 t
		Période	kcal/kg	TJ/1000 t
Steinkohle	Charbon	1910–1951	7 500	31,40
		1951–1969	7 300	30,56
		1970–1983	7 000	29,31
		1984–	6 700	28,05
Koks	Coke	1910–	7 000	29,31
Steinkohle-Briketts	Briquettes (charbon)	1910–	7 000	29,31
Braunkohle-Briketts	Briquettes (lignite)	1910–	4 800	20,10
Stein- u. Braunkohle-Briketts ¹	Briquettes (charbon-lignite) ¹	1910–1923	5 900	24,70
Braunkohle	Lignite	1910–	4 800	20,10
Inl. Anthrazit	Charbon indigène	1910–	4 600	19,26
Inl. Braunkohle	Lignite indigène	1910–	4 500	18,84
Inl. Schieferkohle	Charbon indigène pauvre	1910–	1 200	5,02
Torf	Tourbe	1910–	3 000	12,56
Flüssige Brenn- u. Treibstoffe	Combustibles liquides, carburants	1910–	10 000	41,87
Propan u. Butan	Propane et butane	1910–	12 000	50,24
Leichtbenzin (Gasproduktion)	Essence légère (production gaz)	1910–	10 700	44,80
Petrolkoks	Coke de pétrole	1910–	7 000	29,31
Holz	Bois	1910–	3 500	14,65
Holzkohle	Charbon de bois	1910–	6 750	28,26
Stadtgas	Gaz de ville	1910–1940	4 500	18,84
		1941–1968	3 500	14,65
		1969–	4 200	17,58

¹ Während dieser Zeit keine separaten Statistiken
 Durant cette période, pas de statistiques séparées

Masseinheiten
 Unités

Bezeichnung	Désignation	Abkürzung	Einheit / Unité en	
			Kilojoule	Erdölprodukte
		Abréviation	Kilojoule	Equivalent pétrole
Kilojoule	kilojoule	kJ	1	0,02 g
Kilokalorie	kilocalorie	kcal	4,19	0,1 g
Kilowattstunde	kilowattheure	kWh	3600	86,0 g
Terajoule	térajoule	TJ	1 × 10 ⁹	23,9 t
Gigawattstunde	gigawattheure	GWh	3,6 × 10 ⁹	86,0 t

men aufgeführt. In Tabelle 2 werden die mehr oder weniger direkten Vorgängerorganisationen angegeben.

sont désignées sous leurs noms et sigles actuels. Leurs pré-décesseurs plus ou moins directs figurent au tableau 2.

2.4 Andere energierelevante Angaben

Statistiken über den Energieverbrauch für sich allein sind bestenfalls ein Zwischenziel, sie müssen der jeweiligen Fragestellung entsprechend weiterbearbeitet und in Relation zu anderen Grössen gesetzt werden. Nicht zuletzt gehört dazu auch die Eliminierung resp. Neutralisierung möglichst vieler nicht interessierender Einflussfaktoren. Als Parameter bieten sich etwa die Wohnbevölkerung, Wohnfläche und Motorisierung, volkswirtschaftliche Messgrössen und Indizes (Brutto-Inlandprodukt, Index der industriellen Produktion usw.) oder Klimagrössen (Heizgradtage) an. Im folgen-

2.4 Autres données énergétiques

A elles seules, les statistiques sur la consommation énergétique ne sont pas un but en soi; elles doivent pouvoir être interprétées pour répondre aux questions qui se posent et être mises en relation avec d'autres grandeurs. Il faut aussi pouvoir éliminer ou neutraliser le plus possible les facteurs non intéressants. Pour les corrélations, on considère comme paramètres la population, la surface habitée, le taux de motorisation, les grandeurs et indices socio-économiques (produit intérieur brut, indice de la production industrielle, etc.) ou les grandeurs climatiques (degrés jours). On n'étudiera

Heutige Bezeichnung	Abkürzung	Frühere Bezeichnung
Désignation actuelle	Sigle	Désignation passée
Bundesamt für Energiewirtschaft Office fédéral de l'énergie	BEW OFEN	Bundesamt für Elektrizitätswirtschaft Service fédéral de l'économie électrique Office fédéral de l'économie énergétique
Bundesamt für Forstwesen und Landschaftsschutz Office fédéral des forêts et de la protection du paysage	BFL OFPP	Bundesamt für Forstwesen; Eidg. Inspektion für Forstwesen, Jagd und Fischerei Inspection fédérale des forêts (puis forêts, chasse et pêche); Office fédéral des forêts
Eidg. Oberzolldirektion Direction générale des douanes		
Eidg. Institut für Reaktorforschung Institut fédéral de recherches en matière de réacteurs	EIR IFR	
Schweiz. Nationalkomitee der Weltenergiekonferenz Comité national suisse de la Conférence mondiale de l'énergie	SNK-WEK CNS-CME	Schweiz. Nationalkomitee der Weltkraftkonferenz
Erdöl-Vereinigung Union pétrolière	EV UP	
Schweiz. Zentralstelle für die Einfuhr flüssiger Treib- und Brennstoffe Office central suisse pour l'importation des carburants et combustibles liquides	Carbura Carbura	
Schweiz. Zentralstelle für Kohleimportation Centrale suisse pour l'importation du charbon	ZK ZK	
Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke Union des centrales suisses d'électricité	VSE UCS	
Verband der Schweizerischen Gasindustrie Association suisse de l'industrie gazière	VSG ASIG	Verband Schweizerischer Gaswerke Association des Usines à Gaz Suisses
Schweiz. Energie-Konsumenten-Verband von Industrie und Wirtschaft Union suisse des consommateurs d'énergie de l'industrie et des autres branches économiques	EKV UCE	
Internationale Energie-Agentur Agence internationale de l'énergie	IEA AIE	
Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung Organisation de coopération et de développement économiques	OECD OCDE	
Schweiz. Wasserwirtschaftsverband Association suisse pour l'aménagement des eaux	SWV SWV	

den soll lediglich ein Faktor, nämlich der Preis der Energieträger, etwas näher betrachtet werden.

Bei gegebener technischer Einsatzfähigkeit spielt für die Wahl eines bestimmten Energieträgers und die Sparsamkeit beim Einsatz zweifellos der Preis und die Erwartung über dessen zukünftige Entwicklung eine erhebliche Rolle. Als erste Möglichkeit bietet sich ein Vergleich der Entwicklung der Bedarfsgruppe «Heizung und Beleuchtung» des Landesindex der Konsumentenpreise mit dem Gesamtindex an. Auch wenn der Warenkorb von früheren Jahrzehnten mit dem heutigen nur noch wenig zu tun hat (1939 hatte das Heizöl einen Anteil von 0,35%, die Kohle einen solchen von 1,75% und der Strom von 2,7% am gesamten Index, 1985 betragen die jeweiligen Anteile 3,3%, 0,05% und 1,5%), so las-

ici plus en détail qu'un seul facteur, le prix des agents énergétiques.

Dans une application technique donnée, le prix d'un agent énergétique et son évolution probable au cours du temps jouent sans aucun doute un rôle essentiel dans le choix de cet agent et les économies d'exploitation qu'on en attend. L'évolution du groupe consommateur «chauffage et éclairage» de l'indice des prix à la consommation offre une première possibilité de comparaison avec l'indice général. Même si la corbeille actuelle n'est plus comparable avec celle des décennies passées (en 1939, le mazout n'entraînait que pour 0,35%, le charbon pour 1,75% et l'électricité pour 2,7% dans l'indice général alors qu'en 1985 les parts correspondantes s'élevaient à 3,3%, 0,05% et 1,5%), on peut néan-

sen sich doch einige interessante Schlussfolgerungen ziehen. Aus Figur 1 ist ersichtlich, dass mit der Ausnahme des Ersten Weltkrieges bis 1973 eine dauernde Verbilligung der Energieträger erfolgte, so dass über die reale Kaufkraftsteigerung hinaus Energie immer günstiger wurde. Erst ab 1973

moins en tirer quelques considérations intéressantes. La figure 1 montre que, sauf pendant la Première Guerre mondiale, on a enregistré une baisse continue des prix des agents énergétiques et ceci jusqu'en 1973, si bien qu'en plus de l'augmentation réelle du pouvoir d'achat, l'énergie est deve-

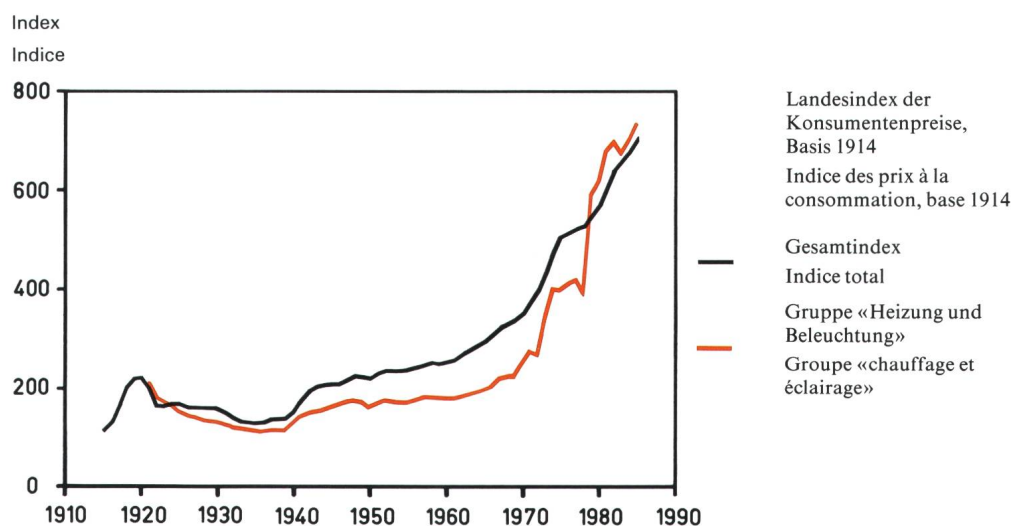


Fig. 1 Energieträger und Landesindex
Agents énergétiques et indice des prix

Preise relativ zu 1985

Prix relatifs par rapport à 1985

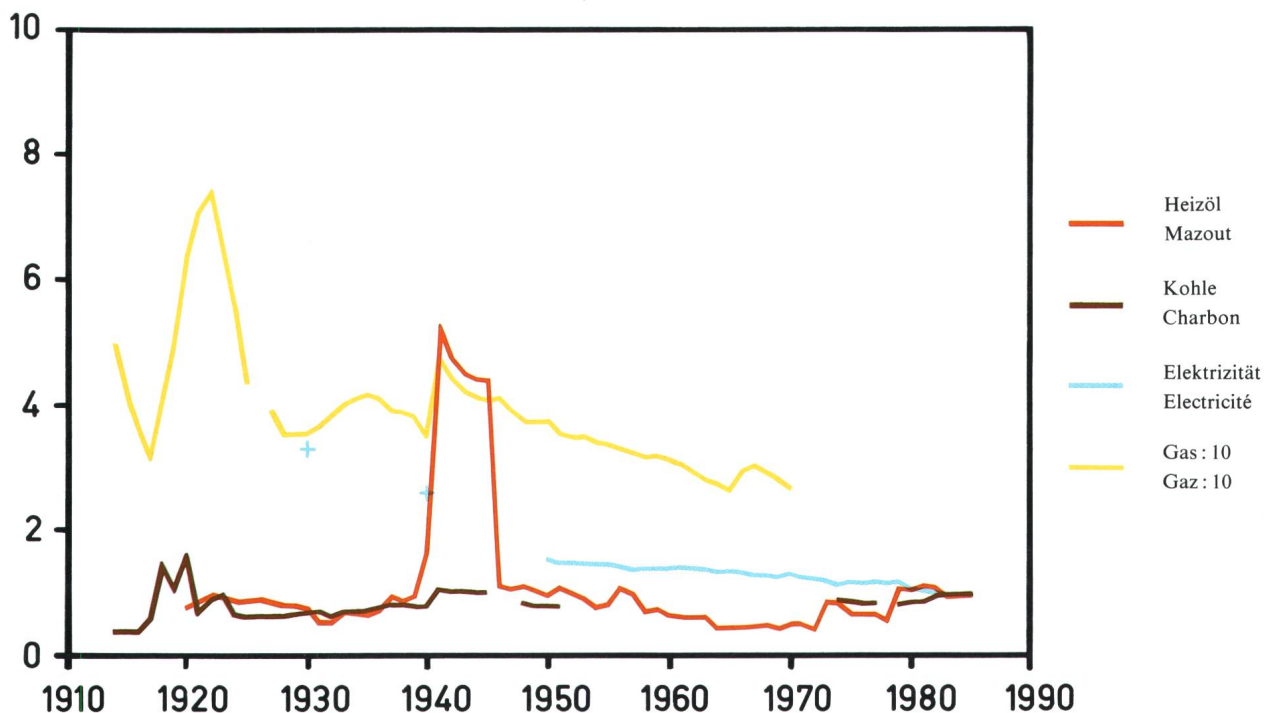


Fig. 2 Relative reale Preise einiger Energieträger, Basis 1985
Prix relatifs réels de quelques agents énergétiques, base 1985

ergab sich eine überproportionale Preissteigerung, hervorgerufen durch die Erdölprodukte.

Bei den Preisen einzelner Energieträger sind langfristig gültige Vergleichsgrößen schwer zu finden, änderten sich doch die Wichtigkeit einzelner Handelssorten oder die Tarifgestaltung bei leitungsgebundenen Trägern wie Gas oder Strom erheblich. Die nominellen Preise für einige Energieträger auf verschiedenen Stufen der Verteilung wurden mit dem Index der Konsumentenpreise und relativ zum Preis von 1985 umgerechnet. Das Resultat ist in Figur 2 dargestellt. Beim Gas musste dabei eine Reduktion um einen Faktor 10 vorgenommen werden, weil die reale Verbilligung vor allem bei der Umstellung von Stadt- auf Erdgas ausserordentlich gross war. Aus der Darstellung lässt sich ersehen, dass mit Ausnahme der Kriegsjahre die hauptsächlich für Komfortwärme (d. h. Heizung und Warmwasser) verwendeten Energieträger Kohle und Erdöl praktisch gleich teuer geblieben oder sogar günstiger geworden sind. Das Gas und die Elektrizität waren vorerst noch so teuer, dass sie nur als Prozessenergie und zu Beleuchtungszwecken eingesetzt wurden.

3. Energieträger und Versorgung mit Endenergie

3.1 Holz

Anfang des 20. Jahrhunderts hatte das Holz seine einst führende Rolle in der Energieversorgung schon längst an die Kohle abgegeben, lag aber immer noch klar an zweiter Stelle und wurde erst um die Mitte der 20er Jahre durch die Wasserkraft überholt. Nachdem es während des Zweiten Weltkriegs nochmals einen grösseren Anteil des Energiebedarfs abdeckte, nahm der absolute Wert und insbesondere die relative Bedeutung stark ab.

Das Holz gelangt fast ausschliesslich als Primärenergie für die Wärmeerzeugung zum Einsatz. Die Holzkohle ist der einzige über die ganze Zeit eingesetzte auf ihm basierende Sekundärenergieträger. Ihre Bedeutung war aber immer sehr klein; deshalb wird sie hier dem Holz gleichgesetzt. Bei extremen Mangellagen wurden Holz und Holzkohle zur Gasproduktion eingesetzt.

Als Grundlage für die Bestimmung der zu einem energetischen Einsatz gelangenden Holzmenge steht nebst den Zollstatistiken mit ihrer Tarifgruppe Brennholz die Forststatistik [12] zur Verfügung. Bei beiden steht aber nicht die Nutzung des Holzes als Energieträger im Vordergrund. Die Forststatistik gibt Auskunft über die Holzabgabe von öffentlichen und privaten Forstbetrieben, wobei die Angaben der letzteren, die rund $\frac{1}{3}$ des Waldes umfassen, vor allem in früheren Jahren auf Schätzungen beruhen. Bis 1939 unterschied man nur zwischen Brenn- und Nutzholz, wobei das Brennholz auch die direkt für die Papierherstellung gelieferten Mengen umfasste. Ab 1940 wird der Verbrauch der Industrie in der Statistik separat ausgewiesen.

nue en réalité constamment meilleur marché. Le renchérissement plus que proportionnel n'est intervenu qu'après 1973 et a été provoqué par la hausse des produits pétroliers.

En ce qui concerne les prix de certains agents énergétiques, il est difficile de trouver des corrélations valables à long terme car l'importance de certaines qualités offertes sur le marché et les structures tarifaires des énergies de réseaux, telles que le gaz et l'électricité, se sont profondément modifiées au cours des ans. Les prix absolus de quelques agents énergétiques à divers stades de la distribution ont été comparés à l'indice des prix à la consommation et rapportés aux prix de 1985. Ils sont reportés dans la figure 2. Pour le gaz, il a fallu introduire un facteur de réduction de 10 car la baisse a été particulièrement forte par suite du passage du gaz de ville au gaz naturel. Cette représentation montre que, mises à part les années de guerre, les agents énergétiques utilisés essentiellement pour le confort (chauffage et eau chaude), le charbon et le mazout, ont eu des prix pratiquement constants, sinon en baisse. Par contre, le gaz et l'électricité étaient tout d'abord si chers, qu'ils n'ont été utilisés que pour des processus de production et pour l'éclairage.

3. Agents énergétiques et approvisionnement en énergie finale

3.1 Bois

Au début du vingtième siècle, le bois avait déjà cédé depuis longtemps au charbon son rôle prédominant d'autrefois dans l'approvisionnement énergétique, mais restait encore à la seconde place et ne fut dépassé par les forces hydrauliques que vers le milieu des années 20. Durant la Seconde Guerre mondiale, il a à nouveau couvert une part importante des besoins en énergie; ensuite, il a fortement reculé en valeur absolue et principalement en valeur relative.

Le bois est utilisé presque exclusivement comme énergie primaire pour la production de chaleur. Le charbon de bois est le seul agent énergétique secondaire qui en soit tiré et auquel on recourt depuis très longtemps. Son importance est cependant très faible; il est donc considéré ici comme bois. Dans les situations de crises extrêmes, le bois et le charbon de bois ont servi à produire du gaz.

Pour déterminer les quantités de bois utilisées à des fins énergétiques, on dispose de la statistique douanière avec son groupe tarifaire, bois de chauffage, et de la statistique forestière [12]. Toutes deux ne mettent pourtant pas l'accent sur l'utilisation du bois comme agent énergétique. La statistique forestière renseigne sur le bois livré par les exploitations forestières publiques et privées. Ces dernières, qui couvrent environ un tiers des forêts, reposent cependant sur des estimations principalement dans les premières années. Jusqu'en 1939, on a seulement fait la différence entre bois de feu et bois d'œuvre et le bois de feu comprenait aussi les quantités livrées directement aux fabriques de papier. La catégorie bois d'industrie n'a été introduite que plus tard.

Das wesentlichste Problem bei der Bestimmung der Holzenergie ist aber die Schätzung von zwei Holz mengen, die in den Import- und Forststatistiken nicht enthalten sind. Die erste wird zwar als Nutzholz geschlagen, fällt dann aber auf irgend einer Stufe der Verarbeitung als Abfall an und wird energetisch genutzt (als «Abfälle bei der Holzverarbeitung» bezeichnet). Die zweite besteht aus dem Holz, das nicht kommerziell als Brennholz in den Handel gelangt, sondern von privaten Waldbesitzern direkt genutzt wird (nur vor 1975), oder beim Fällen von Feldbäumen und durch Sammeln von Fallholz entsteht («Holzanfall ausser Wald»).

Die Grösse dieser beiden Quellen von energetisch verwendetem Holz hängt viel stärker als bei der formell als Brennholz genutzten Menge von der Wirtschafts- und Versorgungslage sowie von alternativen Verwendungsmöglichkeiten (z. B. durch das Aufkommen der Spanplattenindustrie) ab. Erst in jüngster Zeit wurden darüber vertiefte Untersuchungen angestellt (ihre Resultate darzustellen würde den Rahmen dieser Zusammenstellung sprengen), vorher existierten lediglich grobe und deshalb auch recht unterschiedliche Schätzungen. Während Mangellagen spielte der Holzanfall ausser Wald zweifellos eine wichtige Rolle, doch fehlen konkrete Angaben (siehe [13] über den Zweiten Weltkrieg). Die Abfälle bei der Holzverarbeitung wurden im Bericht des SNK-WEK [2] auf 25% der Nutzholzmenge (importiert und einheimisch) geschätzt, der Holzanfall ausser Wald wurde nicht berücksichtigt. Bei Lienhard und Allemann [6] wurden die beiden zusammen als 50% des Nutzholzes angenommen. In den Veröffentlichungen des Amtes für Energiewirtschaft im Jahr 1967 [7] sind erstmals Schätzungen über die beiden Holz mengen ab 1950 enthalten, sie schwanken dort um 30% des Nutzholzes. Diese Schätzungen, die vom Bundesamt für Forstwesen und Landschaftsschutz (BFL) stammen, werden auch für die Gesamtenergiestatistik fortgeführt.

Forstwirtschaftliche Statistiken messen in m^3 , und es werden je nach Holzsorte unterschiedliche spezifische Gewichte verwendet. Wo keine Umrechnung oder keine weiteren Detailangaben vorlagen, wurde mit einem spezifischen Gewicht von $0,6 t/m^3$ gerechnet. Als Energieinhalt wurde über die ganze Periode ein Wert von $3500 kcal/kg$ angenommen, für Holzkohle ein solcher von $6750 kcal/kg$.

Für die Zusammenstellung wurden bis 1949 die Zahlen des SNK-WEK, ab 1950 die Daten des BFL übernommen, sie sind in Tabelle 3 in Fünf-Jahres-Schritten gezeigt. Damit werden möglicherweise die während des Ersten und des Zweiten Weltkriegs verwendeten Mengen des Holzanfalls ausser Wald unterschätzt, doch existieren, wie bereits erwähnt, keinerlei Anhaltspunkte über deren Grössenordnung.

Um 1910 deckte das Holz rund 15% des Energiebedarfes der Schweiz. Nach einem Tiefpunkt der genutzten Menge in den ersten Jahren des Krieges (der allerdings auch durch statistische Probleme verursacht sein könnte) stieg der Anteil mit der Kohleverknappung um das Ende des Ersten Weltkriegs zeitweise auf über 20%. Die Nutzung erreichte in der ersten Hälfte der 20er Jahre ein Maximum und sank darauf ganz langsam bis 1939. Bis zu diesem Zeitpunkt wurde rund die Hälfte des in den Wäldern geschlagenen Holzes als Brennholz genutzt.

Le problème essentiel pour la détermination de l'énergie tirée du bois réside dans l'estimation de deux quantités qui ne sont pas données dans les statistiques d'importation et forestières. La première est abattue comme bois d'œuvre et revient par la suite sous forme de déchets utilisés à des fins énergétiques (désignés par «déchets de la transformation du bois»). La seconde est constituée par le bois non commercialisé qui ne vient pas sur le marché comme bois de feu et qui est utilisé directement par les propriétaires de forêts privées (seulement avant 1975) ou qui provient de l'abattage d'arbres dans les campagnes et du ramassage de bois mort et de déchets («Bois non forestier»).

L'importance de ces deux sources de bois utilisées à des fins énergétiques dépend, bien plus que pour le bois formellement de feu, de la situation économique et de l'approvisionnement, ainsi que des alternatives dans les possibilités d'utilisation (le développement de l'industrie des panneaux en agglomérés par exemple). Les études approfondies sur ce sujet ne datent que de ces derniers temps; la présentation de leurs résultats sortirait pourtant du cadre de la présente récapitulation. Dans le passé, il n'existait que de grossières estimations, par conséquent très aléatoires. Durant les périodes de crise, le bois non forestier a sans aucun doute joué un rôle important, mais les données font défaut (voir [13] sur la Seconde Guerre mondiale). Dans le rapport CNS-CME [2], les déchets provenant de la transformation du bois ont été estimés à 25% de volume du bois d'œuvre (indigène et importé) alors que le bois non forestier n'a pas été pris en considération. Lienhard et Allemann [6] ont retenu les deux ensemble à raison de 50% du volume du bois d'œuvre. Les publications de l'Office fédéral de l'énergie de 1967 [7] donnent de premières estimations sur ces deux quantités de bois à partir de 1950. Elles varient aux environs de 30% du volume du bois d'œuvre. L'Office fédéral des forêts et de la protection du paysage (OFPP) qui les a faites les continue pour la statistique globale de l'énergie.

Les statistiques forestières mesurent en m^3 et donnent différentes densités suivant l'essence du bois. Lorsque les conversions ou les détails manquaient, on a calculé avec une densité de $0,6 t/m^3$. Pour toute la période, on a admis un pouvoir calorifique du bois de $3500 kcal/kg$ et du charbon de bois de $6750 kcal/kg$.

Jusqu'en 1949, on a utilisé pour cette récapitulation les chiffres du CNS-CME et, à partir de 1950, ceux de l'OFPP. Le tableau 3 les récapitule de cinq ans en cinq ans. Durant la Première et la Seconde Guerre mondiale, le bois non forestier a peut-être été sous-estimé; il n'existe pourtant, comme relevé, aucune indication sur ces ordres de grandeur.

Vers 1910, le bois couvrait environ 15% des besoins en énergie de la Suisse. Après un recul marqué de la consommation dans les premières années de la guerre (qui pourrait aussi résulter de problèmes de statistiques), le manque de charbon a porté l'utilisation à plus de 20% vers la fin de la guerre et dans les années qui ont suivi. Cette utilisation a atteint un maximum dans la première moitié des années 20 pour diminuer ensuite lentement jusqu'en 1939. Jusqu'à cette époque, la moitié environ du bois abattu dans les forêts était utilisée comme bois de feu.

Jahr	Brennholz laut Forststatistik (ohne Papierholz)	Holzabfall ausser Wald, Abfälle bei Verarbeitung	Total Inland	Import-Überschuss	Inland und Import		Holzkohle Import-Überschuss	Brennholz total ¹
Année	Bois de feu selon stat. forestière (sans bois papier)	Bois non forestier, Déchets transformation du bois	Total bois indigène	Excédent d'importation	Indigène et importation		Charbon de bois Excédent d'importation	Total ¹ bois de feu
	1000 m ³	1000 m ³	1000 m ³	1000 m ³	1000 m ³	TJ	TJ	TJ
1910	1380	410	1790	170	1960	17 190	400	17 190
1915	1380	240	1620	75	1700	14 930	470	14 930
1920	1580	250	1820	170	1990	17 490	1360	17 490
1925	1580	390	1970	300	2270	19 930	220	19 930
1930	1500	450	1950	250	2200	19 310	30	19 310
1935	1670	420	2090	160	2260	19 830	100	19 830
1940	2030	420	2450	180	2630	23 120	420	23 120
1945	3280	460	3740	7	3740	32 920	10	32 920
1950	1600	680	2280	190	2470	21 720	170	21 720
1955	1400	560	1960	100	2060	18 120	180	18 120
1960	1180	450	1620	27	1650	14 520	210	14 520
1965	1120	780	1900	14	1910	16 830	120	16 830
1970	600	550	1150		1150	10 110	120	10 110
1975	580	380	950		950	8 350	180	8 350
1980	700	380	1080	25	1100	9 670	190	9 670
1985	720	540	1250	15	1270	11 160	220	11 380

¹ Bis 1981 ist die Holzkohle nicht addiert, da sie bereits unter Kohle berücksichtigt wurde
 Jusqu'en 1981, le charbon de bois n'est pas additionné dans le total; il est pris en compte en tant que charbon

In den Jahren 1940–1945 wurde die Brennholzproduktion weit über die natürliche Nachwuchsmenge gesteigert, im Jahr 1941/42 war beispielsweise eine Nutzung von 200% des Holzzuwachses gestattet. Durch verschiedene Faktoren, vor allem den Mangel an Arbeitskräften und Transportprobleme, blieb sie aber letztlich auf etwa das Anderthalbfache der vorangegangenen Jahre beschränkt, was etwas weniger als 30% des sehr stark reduzierten Gesamtenergieverbrauches bedeutete. Um 1950 hatte sich der Verbrauch an Brennholz wieder auf das Niveau vor dem Zweiten Weltkrieg gesenkt, er nahm dann aber weiterhin kontinuierlich ab. Um 1970 betrug der Anteil am Gesamtenergieverbrauch lediglich noch rund 1%, und nur noch 20% des im Wald geschlagenen Holzes war direkt für die Energiegewinnung bestimmt. Erst mit der Erdölverteuerung in den 70er Jahren erwachte das Interesse an der Nutzung von Holzenergie wieder, 1985 deckte sie 1,6% des schweizerischen Endenergieverbrauchs.

3.2 Kohle

Die Kohle spielt zwar heute in der Energieversorgung der Schweiz mit einem Anteil von 2–3% des Brutto- wie auch des Endverbrauches eine recht bescheidene Rolle. Während der ersten 45 Jahre des betrachteten Zeitabschnittes war sie aber der wichtigste Energieträger, anfänglich dominierte sie geradezu die Energieversorgung mit Anteilen im Bereich von 80%.

In der Schweiz wurde seit jeher die Kohle zum grössten Teil vom Endverbraucher direkt als Primärenergie eingesetzt. Die Vergasung (Herstellung des sogenannten Stadtgases) war die wichtigste Umwandlung in Sekundärenergie

Dans les années 1940–45, la production de bois de feu a été augmentée bien en dessus de la croissance naturelle. En 1941/42, l'utilisation autorisée a atteint 200% de la croissance naturelle du bois. Divers facteurs, avant tout le manque de main-d'œuvre et les problèmes de transport, l'ont cependant finalement réduite à 150% environ de l'exploitation des années précédentes, ce qui correspondait à un peu moins de 30% de la consommation totale en énergie, fortement réduite. Vers 1950, la consommation de bois de feu est retombée au niveau d'avant la Seconde Guerre mondiale et n'a depuis lors pas cessé de diminuer. Vers 1970, sa part à la consommation totale d'énergie ne représentait plus que 1% environ et 20% des arbres abattus en forêt. Le renchérissement du pétrole dans les années 70 a réveillé l'intérêt à l'utilisation du bois qui, en 1985, arrive à 1,6% de la consommation finale d'énergie.

3.2 Charbon

Avec sa part de 2–3% de la consommation tant brute que finale, le charbon ne joue aujourd'hui en Suisse qu'un rôle très modeste. Il fut cependant l'agent énergétique le plus important durant les 45 premières années de la période considérée. Au début, il a même dominé tout l'approvisionnement énergétique avec des parts de l'ordre de 80%.

De tout temps, le consommateur suisse a recouru au charbon essentiellement comme agent énergétique primaire. La gazéification (transformation en gaz de ville) fut la principale conversion en énergie secondaire et a nécessité, après déduction du coke produit, jusqu'à 15% de la consumma-

und benötigte nach Abzug des anfallenden Kokes max. rund 15% des Bruttoverbrauches. Die Verbrennung zur Elektrizitäts- oder Fernwärmeerzeugung beanspruchte stets nur geringe Mengen.

Für die Jahre 1910–1951 dienten die sogenannten Rohenergiewerte des SNK-WEK [3] als Grundlage. Für den Bruttoenergieverbrauch wurde der Nettoverbrauch der Gaswerke und der Torf zu Feuerungszwecken, der in dieser Zusammenstellung mit der Kohle behandelt wird, addiert. Die Werte des SNK-WEK basieren auf Zollstatistiken sowie auf Publikationen und selbst gesammelten Angaben über die vor allem während den beiden Weltkriegen erfolgte Lagerbewirtschaftung und den bescheidenen einheimischen Kohleabbau. Der Bruttoenergieverbrauch in den Jahren 1952–1969 wurde direkt aus Lagerveränderungen (Angaben der Schweizerischen Zentralstelle für Kohleneinfuhr, ZK) und den Zollstatistiken zusammengestellt. Gegenüber früheren Publikationen ergeben sich hier kleine Veränderungen, weil beispielsweise der Export während der Zeit des starken Rückgangs des Kohleverbrauchs und die Aufgabe der Stadtgasproduktion nicht berücksichtigt worden war. Für die Herleitung des Endenergieverbrauchs musste lediglich der Kohleverbrauch und die Kokslieferung der Gaswerke sowie in neuerer Zeit der Verbrauch für die Fernheizwerke berücksichtigt werden. Für eine genauere Diskussion dieser beiden Verbraucher sei auf die entsprechenden Kapitel (3.5/3.9) verwiesen. Ab 1970 wurden die Zahlen der Schweizerischen Gesamtenergiestatistik übernommen.

Die Zusammensetzung der als Kohle bezeichneten festen fossilen Sedimente und damit auch ihr Heizwert ändert sich in recht breiten Grenzen. Braunkohle ist ein jüngerer (Größenordnung 50 Mio Jahre), Steinkohle ein erheblich älterer fossiler Brennstoff (rund 300 Mio Jahre) mit einem entsprechend höheren Kohlenstoffgehalt (Inkohlungsgrad) und damit Heizwert. Artenbezeichnungen geben erst eine ungefähre Größenordnung über den zu erwartenden Heizwert, so kann bei der Steinkohle der untere Heizwert je nach Anteil an unverbrennbaren Stoffen (Asche) und Gasgehalt im Verhältnis 1:1,4 schwanken.

Tendenzmässig wurden in früheren Jahren Kohlen mit hohem Heizwert, vor allem aus europäischen Ländern, verwendet. Nach dem Zweiten Weltkrieg erreichten Einfuhren aus Übersee (zuerst aus den USA, später aus Südafrika) mit einem eher tieferen Heizwert eine gewisse Wichtigkeit, wobei die Anteile von Jahr zu Jahr sehr stark schwanken konnten. In dieser Zusammenstellung wurden schliesslich vier Perioden mit unterschiedlichen Heizwerten für Steinkohle gebildet, die in Tabelle 1 aufgeführt sind. Bei Koks, dem aus der Gasproduktion anfallenden Sekundärenergieträger, ist die Schwankung viel kleiner, so dass für die gesamte Periode ein einheitlicher Wert verwendet werden konnte. Bei den übrigen Arten schwankt der Heizwert zwar auch erheblich, doch sind hier die Annahmen weniger wichtig, da es sich insgesamt nur um kleine Mengen handelt. Eine eingehende Darstellung der Frage des Heizwertes von Kohle unter dem Blickwinkel der Energiestatistiken ist in der Arbeit von Lienhard und Allemann [6] vorhanden.

tion brute. La combustion pour la production d'électricité ou de chaleur à distance n'a jamais joué qu'un rôle insignifiant.

Pour les années 1910 à 1951, les valeurs d'énergie brute du CNS-CME [3] ont servi de base. La consommation nette des usines à gaz et la tourbe utilisée comme combustible, rangée dans ce chapitre au même titre que le charbon, ont été additionnées pour obtenir la consommation énergétique brute. Les valeurs du CNS-CME se fondent sur les statistiques douanières, ainsi que sur des publications et des renseignements concernant la gestion des stocks principalement durant les deux guerres mondiales et la faible exploitation des charbons indigènes. La consommation énergétique brute des années 1952 à 1969 est directement tirée des chiffres de la Centrale suisse pour l'importation du charbon (ZK) sur la gestion des stocks et des statistiques douanières. Il en résulte quelques divergences dans les chiffres par rapport aux précédentes publications car l'exportation, durant la période où la consommation de charbon a fortement reculé et la production de gaz de ville a été abandonnée, n'avait par exemple pas été prise en considération. Pour en déduire la consommation finale, il a simplement fallu tenir compte de la consommation de charbon des usines à gaz et de leurs livraisons de coke puis, ces derniers temps, de la consommation des centrales de chauffage à distance. Les chapitres 3.5 et 3.9 donnent de plus amples renseignements sur ces deux applications. A partir de 1970, on a repris les chiffres de la statistique globale suisse de l'énergie.

La composition des sédiments fossiles solides considérés comme charbon et leur pouvoir calorifique varient dans de larges limites. La lignite est un jeune sédiment de l'ordre de 50 millions d'années; le charbon, un combustible fossile beaucoup plus âgé (300 millions d'années environ), a une teneur en carbone (degré de carbonification) et un pouvoir calorifique bien plus élevés. Les désignations de qualité ne donnent qu'un ordre de grandeur approximatif sur le pouvoir calorifique; pour le charbon par exemple, le pouvoir calorifique inférieur peut varier dans un rapport de 1 à 1,4 suivant la teneur en matières incombustibles (cendres) et en produits volatiles. Précédemment, on a eu tendance à utiliser des charbons à haut pouvoir calorifique, provenant essentiellement des pays européens. Après la Seconde Guerre mondiale, l'importation de charbons d'outre-mer (tout d'abord des USA, puis de l'Afrique du Sud) avec un pouvoir calorifique plutôt plus faible a pris une certaine importance, les répartitions entre ces deux provenances pouvant fortement varier d'une année à l'autre. Dans cette récapitulation, on a finalement considéré, en ce qui concerne le charbon, quatre périodes de pouvoirs calorifiques différents, données dans le tableau 1. Pour le coke, agent énergétique secondaire provenant de la production gazière, les variations de pouvoir calorifique sont beaucoup plus faibles et une seule valeur a suffi pour couvrir toute la période. Pour les autres catégories, le pouvoir calorifique varie à vrai dire aussi très fortement, mais ses valeurs sont moins importantes car il ne s'agit que de petites quantités. Une représentation détaillée de la question du pouvoir calorifique sous l'angle des statistiques énergétiques figure dans le travail de Lienhard et Allemann [6].

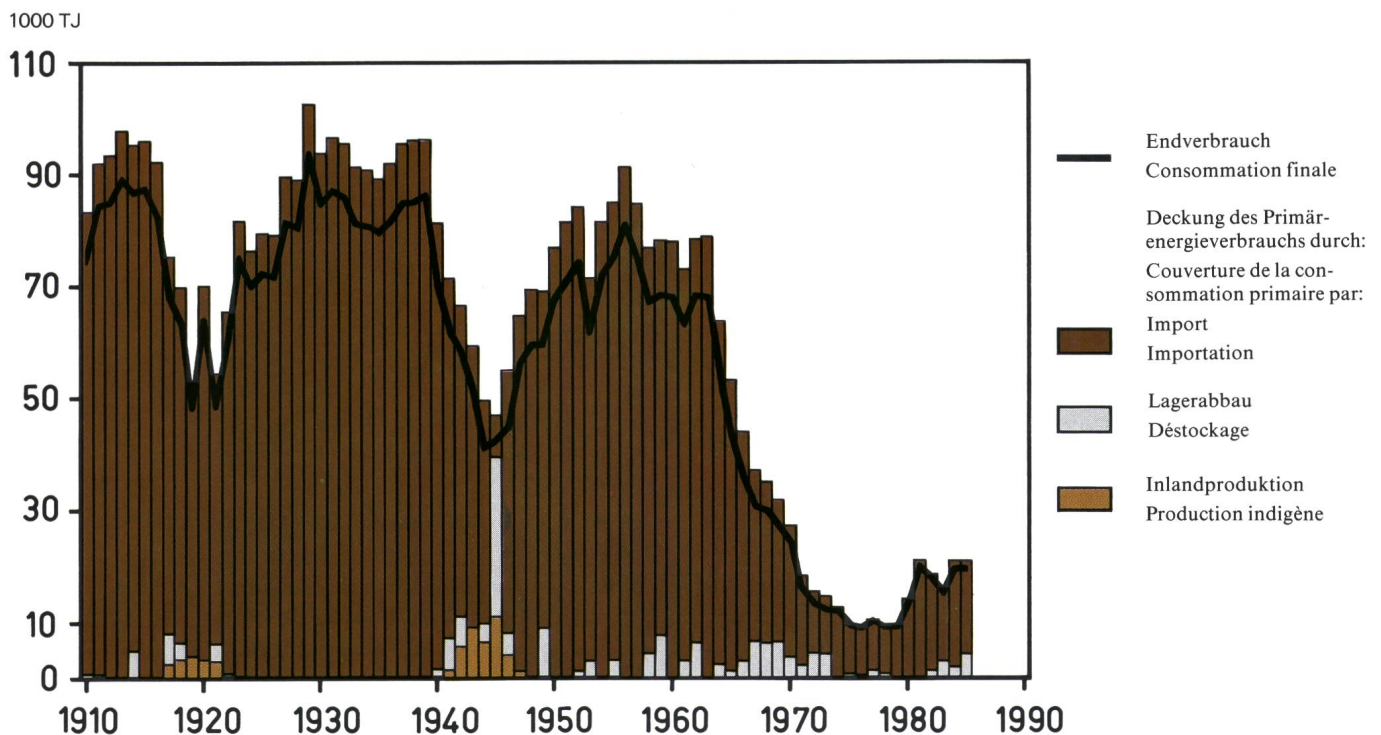


Fig. 3 Herkunft und Endverbrauch von Kohle
Provenance et consommation finale de charbon

In Figur 3 und Tabelle 4 sind die wichtigsten Angaben über Herkunft und Verbrauch von Kohle in der Schweiz zusammengestellt.

Vor dem Ersten Weltkrieg war die Kohle der absolut dominierende Energieträger, und dies nicht nur bei der Erzeugung von Wärme, sondern auch von mechanischer Energie, denn allein die Bahnen verursachten rund $\frac{1}{4}$ des gesamten Kohle-Endverbrauchs.

Les principales données sur la consommation de charbon en Suisse et sa provenance ressortent de la figure 3 et du tableau 4.

Avant la Première Guerre mondiale, le charbon dominait tout l'approvisionnement énergétique et ceci non seulement pour la production de chaleur mais aussi pour le travail mécanique, les chemins de fer représentant à eux seuls environ le quart de la consommation.

Herkunft und Verbrauch von Kohle
Provenance et consommation de charbon

Tabelle 4
Tableau 4

Jahr	Total Inland	Total Import	Bruttoverbrauch	Verbrauch der Gaswerke, ab 1978 für Fernwärme	Koksverkauf Gaswerke	Endverbrauch
Année	Total charbon indigène	Total importation	Consommation brute	Consommation usines à gaz, depuis 1978, chaleur à distance	Usines à gaz, vente de coke	Consommation finale
	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ
1910	190	82 830	83 570	13 470	6 210	76 310
1915	190	97 030	96 070	16 670	8 340	87 740
1920	3 500	80 160	70 220	10 390	4 310	64 140
1925	190	80 560	79 590	12 910	5 970	72 650
1930	190	93 510	93 780	15 980	7 070	84 870
1935	190	91 340	89 210	19 750	10 340	79 800
1940	330	79 620	81 470	19 690	8 720	70 500
1945	11 030	7 410	47 010	5 590	1 200	42 620
1950	130	80 000	77 000	18 210	8 900	67 690
1955	130	81 650	84 990	20 380	10 730	75 330
1960		80 570	77 990	20 870	10 960	68 080
1965		51 890	53 400	19 070	9 640	43 980
1970		23 350	27 320	7 710	4 850	24 440
1975		9 030	9 580			9 580
1980		22 000	14 300	670		13 630
1985		16 600	21 070	1 280		19 790

Bis 1916 konnte die Kohle noch im Umfang der Vorkriegsjahre eingeführt werden. In den folgenden Jahren ergaben sich aber Importschwierigkeiten, die zu Rationierungsmassnahmen und enormen Preissteigerungen führten. Im Dezember 1918 mussten der Schnellzugs- und der Sonntagsverkehr bei den Bahnen eingestellt werden. In den Jahren 1919/1920 zahlten die SBB für eine Tonne Steinkohle, verglichen mit der Zeit vor dem Krieg, den sechsfachen Preis. Erst nach 1920 normalisierte sich die Versorgungslage wieder. Der Kohleverbrauch stieg aber infolge der wirtschaftlichen Verhältnisse nur langsam. Im Jahre 1929 erreichte der Kohle-Bruttoverbrauch mit 102 530 TJ (rund 3,3 Mio t) ein absolutes Maximum.

In den Jahren unmittelbar vor dem Zweiten Weltkrieg wurden mit zunehmenden weltpolitischen Spannungen auch umfangreiche Kohlelager angelegt. Diese erwiesen sich in der Folge von grösster Bedeutung, denn die Importe sanken sehr rasch nach Kriegsausbruch, so dass trotz Rationierungsmassnahmen nur noch im Jahre 1943 Import und Eigenproduktion den Verbrauch überstiegen. Im Jahre 1945 betrug die Einfuhr aus Europa noch 5% der Vorkriegswerte, eine gleiche Menge konnte aus den USA bezogen werden. Volle 60% des Bruttobedarfes wurden in diesem Jahr aus Vorräten gedeckt.

Noch stärker als während des Ersten Weltkriegs wurden die vorwiegend in der Westschweiz, insbesondere im Wallis, gelegenen inländischen Kohlevorkommen genutzt. Wie aus Figur 3 hervorgeht, konnten aber trotz aller Anstrengungen bloss max. 20% des bereits reduzierten Bedarfs gedeckt werden. Bedingt durch ihre schlechten Brenneigenschaften liess sich nur ein kleiner Teil der Kohle direkt verwenden, der Rest wurde durch Mischung mit importierten Kohlen und Aufbereitung verbessert. Infolge der hohen Abbauskosten und der Erschöpfung vieler Gruben wurde der Kohleabbau nach der sehr rasch erfolgten Erholung der Importe im Jahre 1947 eingestellt. Der Abbau von Torf für Feuerungszwecke, der in fast allen Jahren wichtiger war als die eigentliche Kohle, sank auf vernachlässigbare Werte.

Zwischen 1950 und 1965 war der Kohle-Bruttoverbrauch beinahe konstant und erreichte rund 80% des Wertes der Jahre 1925–40. Wegen des dauernd sinkenden Preises der Erdölprodukte und der Nachteile bei der Verwendung, vor allem bei mittleren und kleineren Verbrauchern, konnte die Kohle die enorme Steigerung des Energieverbrauchs in diesen Jahren nicht mitmachen. Dass der Kohleverbrauch trotzdem konstant blieb zeigt, wie schwierig eine Substitution ist, die teure Umstellungen verlangt. Erst als in den Jahren 1965–1970 die Wärme aus Kohle rund doppelt so teuer war wie aus Erdöl und die Kohlevergasung in den Gaswerken eingestellt wurde, kam es zu einem Absinken der absoluten Mengen auf rund 15% des Verbrauchs der 50er Jahre. Mit den Preissteigerungen für Erdöl im Jahre 1979 wurde der Kohleeinsatz für Grossverbraucher (z. B. Zementfabriken und Fernheizwerke) wieder wirtschaftlich interessant, so dass in den Jahren 1981–1985 die Mengen wieder anstiegen.

Jusqu'en 1916, le charbon a encore pu être importé comme il l'avait été dans les années avant la guerre. Des difficultés sont cependant survenues par la suite; elles ont conduit au rationnement et entraîné d'énormes augmentations de prix. En décembre 1918, les chemins de fer ont dû renoncer aux trains directs et au trafic dominical. En 1919 et 1920, les CFF ont payé la tonne de charbon six fois plus cher qu'avant la guerre. Ce n'est qu'après 1920 que l'approvisionnement s'est à nouveau normalisé. La consommation de charbon n'a cependant augmenté que lentement du fait de la situation économique. En 1929, la consommation brute de charbon a atteint 102 530 TJ (environ 3,3 millions de tonnes), soit un maximum absolu.

Dans les années précédant immédiatement la Seconde Guerre mondiale, on a constitué d'importants stocks de charbon eu égard aux tensions politiques croissantes. Par la suite, ils se sont révélés vitaux car, après la déclaration de la guerre, les importations ont très vite baissé et ce n'est qu'en 1943 que, malgré les mesures de rationnement, les importations et la production propre ont surpassé la consommation. En 1945, l'importation de charbons européens a atteint 5% seulement des valeurs d'avant-guerre. Une même quantité a pu être obtenue des USA. Les stocks ont, cette année-là, couvert 60% des besoins bruts.

Les réserves de tourbe et de charbon indigènes, situées surtout en Suisse romande, notamment en Valais, ont été mises encore plus à contribution que durant la Première Guerre mondiale. Ainsi qu'il ressort de la figure 3, on n'a cependant, malgré tous les efforts, pu couvrir qu'un maximum de 20% des besoins déjà réduits. Du fait de ses mauvaises caractéristiques combustibles, on ne put toutefois utiliser directement qu'une faible part de ce charbon, le reste fut amélioré par mélanges et préparations avec du charbon importé. Par suite des frais élevés d'exploitation et de l'épuisement de plusieurs gisements, l'exploitation de charbon fut abandonnée en 1947 après la reprise très rapide des importations. L'exploitation de la tourbe à des fins combustibles qui fut durant presque toutes les années plus importante que celle du charbon diminua à des valeurs négligeables.

Entre 1950 et 1965, la consommation brute de charbon resta pratiquement constante et atteignit 80% environ de celle des années 1925–40. Du fait de la baisse continue du prix du pétrole et des inconvénients liés à son utilisation, principalement dans les petites et moyennes installations, le charbon n'a pas pu suivre l'énorme accroissement de la consommation énergétique au cours de ces années. Mais, étant donné les difficultés d'une substitution lorsque le changement exige de gros investissements, la consommation de charbon est restée constante. Ce n'est que dans les années 1965–70, alors que la chaleur fournie par le charbon coûtait deux fois plus cher que celle produite par le pétrole et que les usines à gaz abandonnaient la gazéification du charbon, que les quantités se sont réduites en valeurs absolues pour tomber à 15% de la consommation des années 50. Avec l'augmentation des prix du pétrole en 1979, de gros consommateurs tels que les fabriques de ciment et les centrales de chauffage par exemple sont revenus au charbon à nouveau économiquement intéressant et les quantités consommées ont recommencé à augmenter dans les années 1981–85.

3.3 Müll und Industrieabfälle

Die energetische Verwendung von Abfällen spielte seit jeher eine Rolle in der Energieversorgung, doch war sie vor allem auf den Eigenverbrauch beschränkt. Einige der älteren Kehrlichtverbrennungsanlagen waren allerdings mit Fernwärmenetzen verbunden, und in kleinerem Umfang wurde auch noch Elektrizität hergestellt. Müll wird normalerweise nur als Primärenergieträger verwendet, um daraus Fernwärme oder Strom herzustellen, während Industrieabfälle meist als Endenergieträger dienen.

Statistiken über die energetische Verwendung von Müll und Industrieabfällen wurden erst ab Mitte der 70er Jahre im Rahmen der Eidgenössischen Kommission für die Gesamtenergiekonzeption (GEK) erstellt, wobei einerseits vom Energiekonsumentenverband (EKV) bei der Industrie [14], andererseits direkt bei den öffentlichen Kehrlichtverbrennungsanlagen durch eine Umfrage die gewonnene Energiemenge ermittelt wurde. Ab 1978 waren die Resultate so vollständig, dass sie publiziert werden konnten. Den grössten Anteil bei der Industrie lieferte die Chemie, mit Abstand gefolgt von der Papierindustrie. Die Abfälle bei der Holzverarbeitung werden als Holz (Kapitel 3.1) erfasst. Der Heizwert von Abfällen und Müll schwankt ausserordentlich stark, so dass die Statistik auf die Angaben der einzelnen Anlagen abgestellt werden muss. Mit Ausnahme von einigen Industrien, die klar definierte Abfälle verwerten, lassen sich nur mittlere Heizwerte durch die Zurückrechnung aus der erzeugten Wärme bestimmen.

Von 1978–1980 war die so gewonnene Bruttoenergiemenge mit 8400 TJ bzw. 10 100 TJ noch in der gleichen Grössenordnung wie etwa jene aus Holz, doch steigerte sie sich sehr rasch und war 1985 mit 20 390 TJ annähernd doppelt so gross und damit klar zweitwichtigste einheimische Primärenergie. Die Steigerung ist zu einem grossen Teil auf den Ausbau von öffentlichen Müllverbrennungsanlagen zurückzuführen, die in früheren Jahren oftmals ohne Energienutzungsmöglichkeit erstellt worden waren. Im Jahre 1985 wurde etwa die Hälfte des anfallenden Mülls energetisch genutzt. Die Gewinnung von Endenergie aus Industrieabfällen stieg von 3600 TJ im Jahre 1978 auf 6400 TJ im Jahre 1985.

3.4 Erdöl und Erdölprodukte

Erdölprodukte spielten in der ersten Hälfte des betrachteten Zeitabschnitts eine recht geringe Rolle bei der Energieversorgung der Schweiz. Erst Mitte der 30er Jahre erreichten sie einen Anteil von 10%. Nach 1945 nahm ihr Verbrauch einen beispiellosen Aufschwung, 1970 waren sie mit einem Anteil von gegen 80% sowohl am Brutto- wie am Endenergieverbrauch zum absolut dominierenden Energieträger geworden. In den 80er Jahren hat sich ihr Anteil bei rund 70% eingependelt.

Erdöl ist neben dem Uran der einzige wichtige Primärenergieträger, der in der Schweiz nie kommerziell ausgebeu-

3.3 Ordures ménagères et déchets industriels

L'utilisation des déchets à des fins énergétiques a depuis toujours eu de l'importance dans l'approvisionnement énergétique. Elle a pourtant été limitée essentiellement à l'autoconsommation. Certaines anciennes installations d'incinération des ordures ont toutefois déjà été raccordées à des réseaux de chaleur à distance et on a produit un peu d'électricité. En règle générale, les ordures sont utilisées uniquement comme agents énergétiques primaires pour produire de la chaleur ou de l'électricité alors que les déchets industriels sont le plus souvent consommés comme agents énergétiques finals.

Les statistiques sur l'utilisation des ordures ménagères et des déchets industriels n'ont été établies qu'à partir du milieu des années 70 dans le cadre de la Commission fédérale de la Conception globale de l'énergie (CGE). Les quantités d'énergie correspondantes ont été déterminées sur la base des données de l'Union suisse des consommateurs d'énergie (UCE) pour l'industrie [14] et d'une enquête auprès des installations d'incinération des ordures. En 1978, les renseignements furent suffisants pour être publiés. Dans l'industrie, la chimie a fourni la part la plus importante, suivie de loin par les papeteries (les déchets provenant du travail du bois sont considérés comme bois, 3.1). Le pouvoir calorifique des ordures et des déchets varie énormément et la statistique doit être établie sur la base des données fournies par chacune des installations. A l'exception de quelques industries qui utilisent des déchets bien définis, le calcul par récurrence à partir de la chaleur produite ne donne pourtant que des pouvoirs calorifiques moyens.

De 1978 à 1980, l'énergie brute tirée de ces sources (8400 et 10 100 TJ) a été de l'ordre de grandeur de la contribution du bois. Elle a toutefois très rapidement augmenté et a atteint 20 390 TJ, soit presque le double en 1985. Elle s'est ainsi élevée au second rang des agents énergétiques primaires indigènes. L'accroissement provient en grande partie de la transformation d'installations d'incinération des ordures construites précédemment souvent sans possibilité de récupérer l'énergie. En 1985, environ la moitié des ordures a été utilisée à des fins énergétiques. La production d'énergie à partir des déchets industriels a passé de 3600 TJ en 1978 à 6400 TJ en 1985.

3.4 Pétrole et produits pétroliers

Durant la première moitié de la période considérée, les produits pétroliers n'ont joué qu'un rôle très minime dans l'approvisionnement énergétique de la Suisse. Ils n'ont atteint une part de 10% qu'au milieu des années 30. Après 1945, ils ont pris un essor sans pareil. En 1970, avec une part de l'ordre de 80%, ils occupaient une position absolument dominante dans la consommation tant brute que finale. Dans les années 80, leur contribution fluctue aux environs de 70%.

Le pétrole est, à côté de l'uranium, le seul agent énergétique primaire important, qui n'ait jamais été exploité com-

tet wurde. Nach der Betriebsaufnahme der beiden schweizerischen Raffinerien in den Jahren 1963 und 1970 wurden je nach den wirtschaftlichen Gegebenheiten zwischen einem Drittel und der Hälfte des Gesamtbedarfs an Erdölprodukten in Form von Rohöl importiert und in der Schweiz verarbeitet; der Import des Restes erfolgte wie vorher als Fertigprodukte.

Die Differenz zwischen Brutto- und Endverbrauch ergibt sich beim Erdöl durch den Energieaufwand bei der Raffinierung von Rohöl (rund 1% des importierten Erdöls) sowie durch den Verbrauch zur Herstellung anderer Energieträger wie Strom und Stadtgas. Sie war in der Schweiz immer sehr gering; das Maximum mit etwa 8% wurde am Anfang der 70er Jahre erreicht.

Wegen der Vielfalt der Produkte, der Verwendungszwecke und der beteiligten Organisationen erwies sich die Aufstellung einer nach Brutto- und Endverbrauch gegliederten Statistik als recht schwierig. Bis 1949 wurden, wie schon früher [3], die Importe dem Bruttoverbrauch gleichgesetzt. Die Lagermöglichkeiten während dieses Zeitraums waren bescheiden, und es konnten keine Angaben über deren Bewirtschaftung gefunden werden. Ab 1975 wurden die Daten der Gesamtenergiestatistik beinahe unverändert übernommen.

Zwischen 1950 und 1974 bildeten Absatzstatistiken der «Carbura» (Schweizerische Zentralstelle für die Einfuhr von flüssigen Brenn- und Treibstoffen) die hauptsächliche Grundlage, aber auch in den Geschäftsberichten der Erdöl-Vereinigung (EV) fanden sich verschiedene Angaben. Für die wichtigsten Erdölprodukte konnten damit die Vorratsänderungen auf Import- und Grosshandelsstufe berücksichtigt werden. In den ersten Jahren sind allerdings die sogenannten Privatimporteure (hauptsächlich Industrie- und Kraftwerksbetriebe) darin noch nicht berücksichtigt. Auch die Veränderungen der insbesondere bei den Heizölen erheblichen Lager bei den Endverbrauchern sind bei den Statistiken der Carbura nicht eingeschlossen. Ab 1980 wurden deshalb Umfragen bei den Konsumenten über den Füllgrad der Heizöltanks durchgeführt und die Resultate bei der Bestimmung des Endverbrauchs berücksichtigt.

Die Absatzstatistik der Carbura zeigt grundsätzlich den Bruttoverbrauch, auch wenn in gewissen Perioden weitere Angaben vorhanden sind. Die für Energieumwandlungen eingesetzten Erdölprodukte mussten also noch gesondert bestimmt werden. Während die für die Stadtgaserzeugung benötigten Produkte in den Jahresberichten des Verbandes der Schweizerischen Gasindustrie (VSG) [16] erscheinen, existieren für die früheren Jahre keine vollständigen Angaben über den Verbrauch für die Stromerzeugung. Er wurde deshalb durch eine Rückrechnung bestimmt, wobei angenommen wurde, dass die gesamte konventionell-thermische Elektrizitätsproduktion aus Erdölprodukten und mit einem Wirkungsgrad von 35% erfolgte. In den letzten Jahren wurde der Verbrauch aufgrund von Angaben der Produzenten bestimmt. Über den Eigenverbrauch und die Verluste der Raffinerien existieren ausreichende Unterlagen.

Für sinnvolle Aussagen ist eine feinere Unterteilung des Endverbrauchs von Erdölprodukten unumgänglich. Es zeigte sich aber bald, dass sich die verschiedenen Quellen

mercialement en Suisse. Après la mise en service des deux raffineries suisses, en 1963 et en 1970, entre un tiers et la moitié des besoins totaux en produits pétroliers ont été, suivant la situation économique, importés sous forme de pétrole brut et travaillés en Suisse. Le reste fut, comme auparavant, importé sous forme de produits pétroliers.

La différence entre la consommation brute et finale résulte des pertes dans le raffinage du pétrole brut (1% environ du pétrole importé), ainsi que de l'utilisation pour la production d'autres agents énergétiques tels que l'électricité et le gaz de ville. Celle-ci a toujours été très faible en Suisse; le maximum de 8% environ a été enregistré au début des années 70.

Du fait de la diversité des produits, des applications et des organisations impliquées, il s'est avéré très difficile d'établir une statistique d'après la consommation brute et finale. Comme auparavant [3], la consommation brute de produits pétroliers a été assimilée aux importations jusqu'en 1949. Durant cette période, les possibilités de stockage étaient réduites et aucune donnée n'a pu être trouvée sur leur gestion. Depuis 1975, on a pratiquement repris les données de la statistique globale.

Entre 1950 et 1974, il existe des statistiques de vente pour les produits soumis au contrôle de la Carbura (Office central suisse pour l'importation des carburants et combustibles liquides). Les rapports annuels de l'Union pétrolière (UP) fournissent aussi certaines données. On peut ainsi tenir compte, pour les principaux produits pétroliers, des variations de stocks au niveau des importations et des grossistes. Les importateurs dits privés (essentiellement des industries et les exploitants de centrales) ne sont toutefois, dans les premières années, pas encore pris en considération. Les statistiques de la Carbura ne couvrent pas non plus les variations de stocks chez les consommateurs finals, surtout les stocks de mazout qui sont pourtant considérables. Depuis 1980, on a donc procédé à une enquête auprès des consommateurs pour déterminer le taux de remplissage de leurs citernes de mazout et intégré ces résultats dans le calcul de la consommation finale.

Les statistiques de vente de la Carbura donnent généralement la consommation brute, même si elles contiennent d'autres indications durant certaines périodes. Les produits pétroliers utilisés pour les conversions ont donc dû être déterminés séparément. Alors que les produits pétroliers destinés à la fabrication de gaz de ville apparaissent dans les rapports annuels de l'Association suisse de l'industrie gazière (ASIG, [16]), il n'existe pas dans les premières années, de données complètes sur la consommation relative à la production d'électricité. Elle a été déterminée par régression en admettant que toute la production d'électricité par voie thermique conventionnelle avait lieu à partir de produits pétroliers avec un rendement de 35%. Ces dernières années, elle résulte par contre d'informations fournies par les producteurs. Il existe des données suffisantes sur la consommation propre et les pertes des raffineries.

Pour une interprétation raisonnable des statistiques, il est indispensable de procéder à une ventilation détaillée de la consommation finale des produits pétroliers. On a pourtant vite constaté que les diverses sources se contredisent partiel-

widersprachen, was teilweise auf den Umstand zurückgeht, dass die Verzollung und damit auch die statistische Erfassung der Lagerbewegungen nicht nur nach der Qualität, sondern auch nach dem Verwendungszweck erfolgte. So sind grosse Mengen von Heizöl (vor allem Heizöl schwer), die zur Herstellung von Elektrizität importiert wurden, bis 1973 als Dieselöl verzollt worden. Für jede Sorte wurden deshalb die Quellen verglichen und die plausibelste benutzt.

Als Energieinhalt der Erdölprodukte wurde generell der Wert von 41,87 TJ/1000 t (10 000 kcal/kg) verwendet. Die effektiven Energieinhalte weichen nur in einer Bandbreite von ganz wenigen Prozenten davon ab. Eine Ausnahme bilden lediglich die Flüssiggase, bei denen ein durchschnittlicher Energieinhalt von 50,24 TJ/1000 t (12 000 kcal/kg) angenommen wurde, und der in den letzten Jahren auch energetisch eingesetzte Petrolkoks (ein Nebenprodukt der Raffinerien) mit einem Wert von 29,31 TJ/1000 t (7000 kcal/kg).

In Tabelle 5 wird der gesamte Bruttoverbrauch, der Verbrauch für Umwandlungen und der Endverbrauch von Brenn- und Treibstoffen sowie einzelnen Produktgruppen in Fünf-Jahres-Schritten angegeben. Die gleichen Angaben sind in Figur 4 für alle Jahre dargestellt.

Vor dem Ersten Weltkrieg betrug der Anteil der Erdölprodukte am Energieverbrauch weniger als 1%. Bis zum Jahr 1916 sank ihr Verbrauch sogar noch auf rund 20% des Vorkriegswertes. Von da an erfolgte eine kontinuierliche Zunahme bis zum Jahr 1935, wobei der Anteil am Energieverbrauch allerdings nur maximal 12% betrug. Der Anteil der Brennstoffe bewegte sich seit Beginn der betrachteten Periode zwischen 30% und 40%. Nach 1935 stagnierte der Verbrauch von Erdölprodukten.

lement. Ceci provient en particulier du fait que le dédouanement et la prise en compte des variations de stocks dans la statistique n'interviennent pas seulement en fonction de la qualité du produit, mais aussi en fonction de son utilisation. Ainsi d'importantes quantités de mazout (essentiellement des fuels lourds), importées pour la production d'électricité, ont été dédouanées en tant que carburant Diesel jusqu'en 1973. On a donc comparé les sources pour chaque qualité et utilisé la plus plausible.

La valeur de 41,87 TJ/1000 t (10 000 kcal/kg) a généralement été adoptée comme pouvoir calorifique des produits pétroliers. Les valeurs effectives ne varient que peu et de quelques pour-cent seulement. Seuls les gaz liquides et le coke de pétrole (un sous-produit des raffineries) constituent une exception; leurs pouvoirs calorifiques atteignent 50,24 TJ/1000 t (12 000 kcal/kg) et 29,31 TJ/1000 t (7000 kcal/kg).

Le tableau 5 donne la consommation brute totale, les pertes de conversion et la consommation finale de certains groupes de produits de cinq ans en cinq ans. La figure 4 illustre les mêmes données annuellement.

Avant la Première Guerre mondiale, la part des produits pétroliers à la consommation globale d'énergie était inférieure à 1%. Jusqu'en 1916, leur consommation est même tombée à 20% environ de celle d'avant la guerre. Ensuite, elle a constamment progressé jusqu'en 1935, sa part à la consommation globale d'énergie ne dépassant pourtant pas un maximum de 12%. La part du mazout dans les produits pétroliers a, dès le début, fluctué entre 30 et 40%. Après 1935, la consommation de produits pétroliers a stagné.

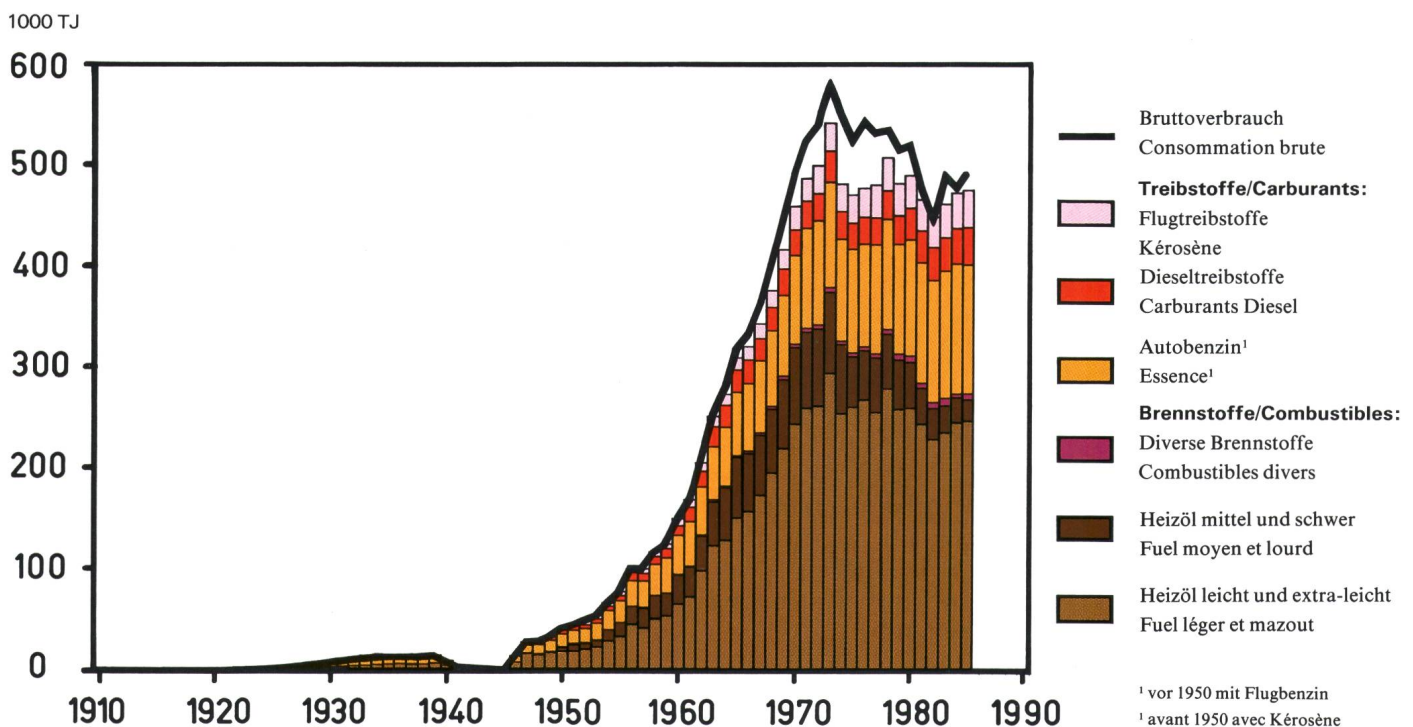


Fig. 4 Erdöl und Erdölprodukte, Brutto- und Endverbrauch
Pétrole et produits pétroliers, consommation brute et finale

Jahr	Bruttoverbrauch	Umwandlungen usw.	Endverbrauch	Autobenzin ¹	Flugtreibstoffe	Diesel	Heizöl L + EL	Heizöl M	Heizöl S	Diverse
Année	Consommation brute	Conversions, etc.	Consommation finale	Essence ¹	Kérosène	Diesel	Fuel léger et mazout	Fuel moyen	Fuel lourd	Divers
	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ
1910	740		740	500		5	240			
1915	500		500	450		4	41			
1920	1 860		1 860	1 460		31	370			
1925	4 480		4 480	2 920		2	1 560			
1930	10 000		10 000	6 650		42	3 310			
1935	16 350	300	16 050	8 650		640	6 760			
1940	10 940	380	10 560	4 880		830	4 800			54
1945	1 260	110	1 150	480		0	670			0
1950	43 820	1 080	42 740	12 890	1 680	3 870	19 290		4 000	1 010
1955	79 920	1 480	78 440	21 950	2 320	5 840	34 200		13 100	1 030
1960	152 500	1 890	150 610	38 920	5 270	10 760	65 920	12 230	16 390	1 120
1965	320 060	10 370	309 690	62 630	11 790	22 170	151 310	16 070	44 180	1 540
1970	515 140	60 570	454 570	88 500	23 100	26 460	244 420	15 960	52 850	3 280
1975	525 150	54 250	470 900	102 340	27 740	25 990	260 590	7 240	43 370	3 630
1980	521 160	32 860	488 300	114 890	32 150	31 780	259 750	6 150	37 060	6 520
1985	496 860	21 470	475 390	128 030	36 970	36 050	247 530	3 850	17 340	5 620

¹ vor 1950 inkl. Flugtreibstoffe
 kérosène inclus jusqu'en 1950

Die starke Reduktion der Importe nach Ausbruch des Zweiten Weltkrieges machte sehr rasch eine strenge Rationierung notwendig. Zur Einsparung von Treibstoffen wurden, vor allem bei Lastwagen, Holzvergaser eingesetzt, Benzin mit aus Holz gewonnenem Alkohol vermischt oder mit Acetylen ersetzt. Bis 1945 sank der Import von Erdölprodukten auf unter 10% des Vorkriegswertes.

Unmittelbar nach dem Zweiten Weltkrieg setzte eine enorme Verbrauchssteigerung ein. Schon 1946 war die gleiche Grössenordnung wie in den 30er Jahren erreicht, wozu vor allem die Brennstoffe beitrugen, die den Verbrauch an Treibstoffen von nun an immer stärker übertrafen. Zwischen 1950 und 1970 betrug der durchschnittliche Jahreszuwachs des gesamten Endverbrauchs an Erdölprodukten 12,5%, des Autobenzins 10% und des Heizöls 14%. Die weltweite Zunahme des Erdölverbrauchs und die Tatsache, dass der grösste Teil davon nur von wenigen Förderländern gedeckt wurde, ergab die Basis für die Anhebung des Rohölpreises, der sich zwischen 1973 und 1980 beinahe verzehnfachte.

Die Erfahrung der Verletzlichkeit der Erdölversorgung und die Erhöhungen der Preise von Erdölprodukten in den Jahren 1973 und 1979 lösten vor allem bei den Brennstoffen Spar- und Substitutionsanstrengungen aus, die zumindest bewirkten, dass der Verbrauch von Erdölprodukten insgesamt nicht noch weiter anstieg, sondern mit konjunkturell und wetterbedingten Schwankungen ein ungefähr konstantes Niveau beibehielt. Der absolute Verbrauchsspitzenwert von 1973 wurde allerdings durch die damals statistisch nicht erfassten Hortungskäufe der Konsumenten verursacht und durch eine darauf folgende Reihe von milden Wintern noch akzentuiert. Aus diesem Grund sollten sich Vergleiche des

La forte diminution des importations après le début de la Seconde Guerre mondiale a très vite rendu nécessaire un strict rationnement. Pour économiser les carburants, on adopta, principalement pour les camions, des chaudières au gaz de bois, on mélangea de l'alcool de bois à l'essence ou on la remplaça par de l'acétylène. Jusqu'en 1945, l'importation des produits pétroliers tomba à moins de 10% de celle des années d'avant la guerre.

Peu après la Seconde Guerre mondiale, on assista à un énorme développement de la consommation. Déjà en 1946, elle atteignit le même ordre de grandeur que dans les années 30 principalement du fait de la contribution des combustibles qui depuis lors dépassa toujours davantage celle des carburants. Entre 1950 et 1970, la consommation finale de produits pétroliers augmenta en moyenne de 12,5% par an, celle d'essence de 10% et celle de mazout de 14%. L'accroissement mondial de la consommation de pétrole, dont la couverture n'est assurée que par un nombre de régions relativement restreint dans le monde, a permis l'augmentation des prix du brut, qui ont presque décuplé de 1973 jusqu'en 1980.

Les expériences sur la vulnérabilité de l'approvisionnement en pétrole et les hausses de prix des produits pétroliers dans les années 1973 et 1979 ont déclenché, essentiellement pour les combustibles, des efforts d'économies et de substitution qui ont au moins eu pour conséquence un arrêt de la croissance de la consommation totale de produits pétroliers; elle a conservé un niveau pratiquement constant si l'on fait abstraction des fluctuations conjoncturelles et météorologiques. La pointe absolue de consommation de 1973 a cependant été provoquée par les achats prévisionnels des consommateurs, non enregistrables statistiquement à l'époque, et a encore été accentuée par une série d'hivers

Brennstoffverbrauchs nicht auf das Jahr 1973 beziehen, auch wenn es unbestrittenermassen einen Wendepunkt darstellt. Die zwischen 1975 und 1985 erfolgte Reduktion des Brennstoffverbrauchs von 13% ist aber, vor allem im Licht der vorangegangenen Entwicklung, sehr bemerkenswert.

Wie in Figur 4 deutlich sichtbar, wurde der Treibstoffverbrauch nur sehr kurze Zeit nach 1973 reduziert. Zwischen 1975 und 1985 stieg er zwar nicht mehr im gleichen Masse wie vorher, aber immerhin um insgesamt 29%.

3.5 Gas

Nur unter dem Blickwinkel des Endverbrauchers lässt sich das Gas als einheitlicher Energieträger für den ganzen Zeitraum zwischen 1910 und 1985 behandeln. Sonst muss zwischen zwei grundsätzlich verschiedenen Abschnitten unterschieden werden:

- In der Zeit von 1910–1970 wurde Gas als Sekundärenergieträger in einer grossen Anzahl von Gaswerken zum überwiegenden Teil aus Kohle, aber auch aus Erdölprodukten und anderen Rohstoffen wie Holz, in der ganzen Schweiz dezentral hergestellt (Stadtgas).
- Ab 1970 erfolgte eine sehr rasche Umstellung auf den Primärenergieträger Erdgas. Die einzige Gemeinsamkeit mit dem vorherigen Zeitabschnitt liegt eigentlich noch im Aggregatzustand des Energieträgers (die chemische Zusammensetzung ist recht verschieden), in der Benützung des bestehenden Feinverteilnetzes und der Weiterführung der organisatorischen Strukturen.

Der Sekundärenergieträger Gas kann grundsätzlich aus Kohle/Holz oder flüssigen/gasförmigen Kohlenwasserstoffen gewonnen werden. In der Schweiz spielte im betrachteten Zeitabschnitt die Entgasung (trockene Destillation) von Kohle eine dominierende Rolle. Die dabei verwendeten Steinkohlen sollten einen hohen Gehalt an flüchtigen Stoffen, aber auch günstige Eigenschaften in Hinsicht auf die Bildung eines weiterverwendbaren Kokes aufweisen. Sie wurden in gasdichten Kammern auf rund 1000 °C erhitzt, wobei Gase (rund 50% Wasserstoff, daneben Methan, Kohlenmonoxid, Stickstoff usw.), flüssige Erzeugnisse (Ammoniakwasser, Teer) und der feste Koks (mit einem Energieinhalt von rund 50% der eingesetzten Kohle) entstanden. Zu Zeiten von Kohleknappheit wurde Holz als Ersatzstoff für die Gasproduktion eingesetzt, doch liessen sich darüber keine genaueren Angaben mehr auffinden. Bei günstigen räumlichen Gegebenheiten wurde von den Gaswerken in bescheidenem Umfange Fernwärme abgegeben oder Faulgase von Kläranlagen verwertet.

Ab Mitte der 60er Jahre wurde bei einigen Werken das Gas durch Aufspaltung von Kohlenwasserstoffen (Leichtbenzin und Butan) erzeugt. Andere gingen dazu über, ein Propan-Luft-Gemisch über ihr Netz abzugeben.

In den letzten Jahren hat auch die praktische Nutzung von aus Biomasse bakteriell erzeugten Gasen in Kläranlagen, Kehrdeponien und landwirtschaftlichen Betrieben eine gewisse Verbreitung gefunden. Über die Anzahl und vor allem die Energieproduktion bestehen lediglich grobe

cléments qui ont suivi. Les comparaisons de consommation des combustibles ne devraient donc pas être faites à partir de cette année, même si elle constitue indubitablement un tournant. La réduction de consommation de combustibles de 13% entre 1975 et 1985 est remarquable au vu du développement précédent.

Comme le montre la figure 4, la consommation de carburants après 1973 ne s'est réduite que pendant peu de temps. Entre 1975 et 1985, elle n'a certes plus crû au même rythme que précédemment, mais tout de même de 29% au total.

3.5 Gaz

Ce n'est que sous l'angle de la consommation énergétique finale que le gaz peut être considéré comme un seul et même agent énergétique durant toute la période entre 1910 et 1985. Sinon, il faudrait la scinder en deux sous-périodes foncièrement différentes:

- Entre 1910 et 1970, le gaz a été produit en tant qu'agent énergétique secondaire dans un grand nombre d'usines à gaz décentralisées dans toute la Suisse, essentiellement à partir du charbon, mais aussi des produits pétroliers et de diverses autres matières premières telles que le bois (gaz de ville).
- Depuis 1970, on assista à un passage très rapide à l'agent énergétique primaire, le gaz naturel. Le seul point commun avec la sous-période précédente réside en fait dans l'état physique de l'agent énergétique (ses caractéristiques chimiques sont pourtant très différentes), dans l'utilisation des réseaux existants de distribution et dans le maintien des structures organiques.

L'agent énergétique secondaire gaz peut en principe être produit à partir du charbon, du bois ou des hydrocarbures liquides et gazeux. En Suisse, la gazéification du charbon (distillation sèche) a joué un rôle prépondérant durant cette sous-période. Les charbons utilisés devaient avoir non seulement une teneur élevée en produits volatiles, mais devaient aussi présenter des propriétés favorables pour la production de coke réutilisable. Ils étaient chauffés dans des enceintes étanches à 1000 °C pour libérer les gaz (environ 50% d'hydrogène, du méthane, du monoxyde de carbone, de l'oxyde d'azote, etc.), des fluides (ammoniaque et goudron) et des solides (coke dont le pouvoir calorifique atteint 50% environ de celui du charbon utilisé). Durant les époques de pénurie de charbon, on recourut au bois en tant que produit de remplacement pour la production de gaz, mais les renseignements exacts relatifs à ces techniques n'ont pu être trouvés. Lorsque les circonstances s'y prêtaient, les usines à gaz ont fourni, dans de faibles proportions, de la chaleur à distance ou ont mis en valeur des gaz de stations d'épuration.

Au milieu des années 60, quelques usines ont produit le gaz par craquage d'hydrocarbures (essence légère et butane). D'autres ont commencé à distribuer dans leurs réseaux un mélange à base de propane et d'air.

Ces dernières années, l'utilisation pratique de gaz issus de la fermentation bactérielle de la biomasse dans les stations d'épuration, les décharges et les exploitations agricoles a connu une certaine expansion. Sur leur nombre, de même

Schätzungen, denn die Nutzung erfolgt fast ausschliesslich durch Eigenproduzenten.

Anders als das Stadtgas kann der Primärenergieträger Erdgas nach einer relativ bescheidenen Aufbereitung am Ort der Förderung direkt zum Verbraucher geleitet werden. Spuren von Erdgas wurden in der Schweiz zwar an einigen Orten entdeckt, doch einzig die Bohrung von Finsterwald wurde ab 1985 kommerziell genutzt, ihr Anteil am Gesamtaufkommen von Gas betrug in jenem Jahr etwas mehr als 1%.

Statistische Angaben über Rohstoffverbrauch, Gasabgabe und Koksverkauf waren wohl vorhanden, wurden aber erst ab Ende der 60er Jahre in den Jahresberichten des VSG [16] veröffentlicht. Die Statistiken über die Gasabgabe beziehen sich bis 1970 immer auf das Werk, so dass für den Endverbrauch die Netzverluste geschätzt werden mussten (etwa 3%).

Der Energieinhalt des Stadtgases schwankt naturgemäss etwas von Werk zu Werk. Mit Ausnahme einer kurzen Periode gegen Ende des Ersten Weltkrieges bewegte sich der Gebrauchsheizwert bis 1940 auf einer Höhe von rund 4500 kcal/m³. Während des Restes der Kriegszeit wurde er dann auf rund 3500 kcal/m³ herabgesetzt. Das Erdgas hat wegen seiner gänzlich anderen Zusammensetzung (rund 80% Methan) mit rund 8500 kcal/m³ einen viel grösseren Energieinhalt. Da die Statistiken über die Gasabgabe neben Angaben in m³ jeweils auch solche in einer Wärmeeinheit enthalten, mussten keine eigentlichen Umrechnungen vorgenommen werden.

In Tabelle 6 und Figur 5 sind die wesentlichsten Angaben über Gasproduktion und -verbrauch dargestellt. Zu Beginn

que sur les quantités d'énergie produite, il n'existe cependant que de grossières estimations, car ces applications se font presque exclusivement par auto-production.

Contrairement au gaz de ville, l'agent énergétique primaire, gaz naturel, peut être fourni directement au consommateur après une préparation relativement simple sur le site d'exploitation. Des traces de gaz naturel ont bien été découvertes en quelques endroits en Suisse, mais seul le forage de Finsterwald a été commercialisé depuis 1985. Sa contribution à l'approvisionnement en gaz a, cette année-là, un peu dépassé 1%.

Les données statistiques sur la consommation de matières premières, les livraisons de gaz et les ventes de coke existent bien, mais n'ont été publiées qu'à partir de la fin des années 60 dans les rapports annuels de l'ASIG [16]. Jusqu'en 1970, les statistiques sur les livraisons de gaz se rapportent toujours aux usines; il a donc fallu en déduire les pertes de distribution évaluées à 3% environ.

Vu ses caractéristiques, le pouvoir calorifique du gaz de ville varie un peu d'une usine à l'autre. A l'exception d'une courte période vers la fin de la Première Guerre mondiale, il s'est maintenu jusqu'en 1940 à une valeur de 4500 kcal/m³ environ. Pendant le reste de la guerre, il a ensuite été réduit à 3500 kcal/m³ environ. Du fait de sa composition fondamentalement différente (environ 80% de méthane), le gaz naturel possède un pouvoir calorifique nettement plus élevé, de l'ordre de 8500 kcal/m³. Comme les statistiques sur les livraisons de gaz contiennent, outre les indications en m³, également des données en unités calorifiques, il n'a pas été nécessaire de procéder à de vraies conversions.

Le tableau 6 et la figure 5 donnent les principaux renseignements sur la production de gaz et sa consommation. Au

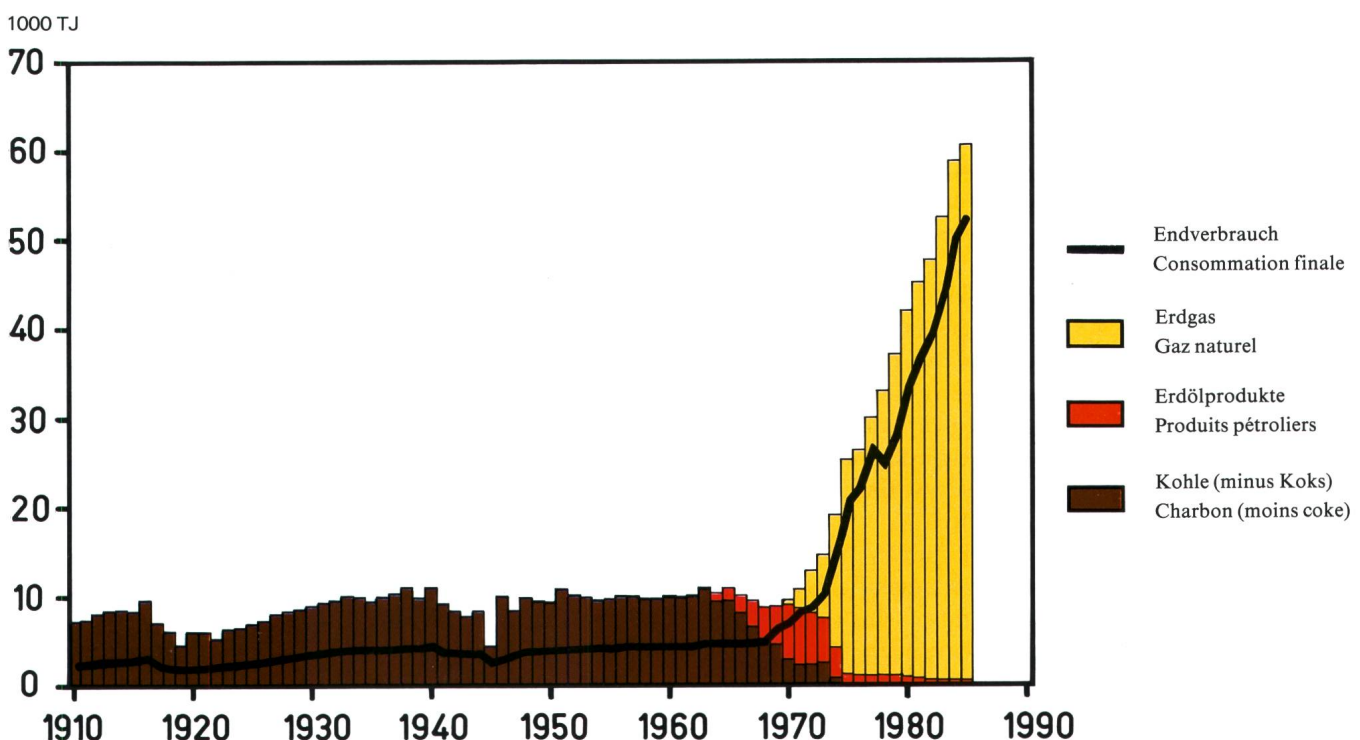


Fig. 5 Gas: Primärenergie und Endverbrauch
Gaz: Energie primaire et consommation finale

Jahr	Energieeinsatz für die Stadtgasproduktion				Erdgasimport	Endverbrauch von Gas
	Steinkohleinsatz	Koksabgabe (-)	Verschiedene Erdölprodukte	Total		
Année	Agents énergétiques appelés pour la production de gaz de ville				Importation de gaz naturel	Consommation finale de gaz
	Charbon	Livraisons de coke (-)	Divers produits pétroliers	Total		
	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ
1910	13 470	6 210		7 260		2 470
1915	16 670	8 340		8 330		2 950
1920	10 390	4 310		6 080		2 220
1925	12 910	5 970		6 940		2 850
1930	15 980	7 070		8 910		3 850
1935	19 750	10 340		9 410		4 300
1940	19 690	8 720		10 970		4 710
1945	5 590	1 200		4 390		2 700
1950	18 210	8 900	67	9 380		4 190
1955	20 380	10 730	92	9 740		4 480
1960	20 870	10 960	170	10 080		4 580
1965	19 070	9 640	1 430	10 860		4 840
1970	7 710	4 840	4 860	7 730	500	7 360
1975			1 180	1 180	24 070	20 970
1980			1 000	1 000	40 960	33 740
1985			600	600	59 930	52 960

des betrachteten Zeitabschnittes besaßen ungefähr 100 schweizerische Städte und grössere Ortschaften ein eigenes Gaswerk. Das Gas deckte rund 2–3% des gesamten Endenergiebedarfs und wurde vor allem zum Kochen benutzt. Gegen Ende des Ersten Weltkrieges ergaben sich bei der Kohle Beschaffungsprobleme, so dass auch die Gasabgabe eingeschränkt werden musste. Erst 1927 wurde der Wert von 1916 wieder erreicht, bis 1940 erfolgte dann eine stetige Steigerung um rund 3% pro Jahr. Ab 1942 musste das Gas kontingentiert werden, weil die Versorgungslage mit Kohle sich laufend verschlechterte. Im Jahre 1945 erreichte die Gasabgabe ein Minimum mit nur etwa 60% des Wertes von 1939. Im Frühjahr 1947 wurde die Kontingentierung aufgehoben, in der Folge stieg der Gasverbrauch zwar stetig bis 1968, aber mit Wachstumsraten von nur 1–2%, was einen Rückgang des prozentualen Anteils am Endenergieverbrauch von rund 3% auf 1% bedeutete.

Ab der zweiten Hälfte der 60er Jahre wurde aus wirtschaftlichen Gründen in mehreren Städten die Eigenproduktion eingestellt. Die Versorgung dieser Städte erfolgte über regionale Fernleitungsnetze. Dies ermöglichte zudem eine Steigerung des Gasabsatzes und erleichterte die Einführung des Erdgases in den Jahren ab 1969.

Mit dem Erdgas wurde der stetige Rückgang des Anteils von Gas an der Energieversorgung schlagartig gestoppt, nicht zuletzt auch deshalb, weil mit der starken Reduktion des Preises nun auch die Verwendung auf dem Gebiet der Niedertemperaturwärme (Gebäudeheizung und Warmwasseraufbereitung) wirtschaftlich möglich wurde. Zwischen 1970 und 1975 wurde der Gasabsatz annähernd verdreifacht, darauf folgte ein kontinuierliches Wachstum mit einer durchschnittlichen Zuwachsrate bis 1985 von nicht weniger als 10% pro Jahr. Im Jahre 1970 wurden noch 1,3%

début de la période considérée, environ 100 villes suisses et grandes localités possédaient une usine à gaz. Le gaz couvrait entre 2 et 3% de la consommation globale d'énergie finale; il était essentiellement utilisé pour la cuisson. Vers la fin de la Première Guerre mondiale, on rencontra des difficultés d'approvisionnement en charbon et le gaz dut être rationné. La valeur de 1916 n'a été retrouvée qu'en 1927. On assista alors à un accroissement continu de 3% par an jusqu'en 1940. Depuis 1942, on dut contingenter les livraisons de gaz car l'approvisionnement en charbon était devenu de plus en plus précaire. En 1945, les livraisons de gaz tombèrent à un minimum de l'ordre de 60% de celles qui avaient été enregistrées en 1939. Au printemps 1947, le contingentement fut levé et la consommation de gaz a bien augmenté continuellement jusqu'en 1968, mais avec des taux d'accroissement de 1 à 2% seulement, ce qui a correspondu à un recul de la part du gaz à la consommation d'énergie finale de 3 à 1%.

Dans la seconde moitié des années 60, de nombreuses villes ont abandonné leur production propre pour des raisons économiques. Leur approvisionnement fut assuré par des réseaux régionaux de transport. Ceci a en outre permis d'augmenter les livraisons de gaz et de faciliter l'introduction du gaz naturel à partir de 1969.

Cette opération stoppa d'un coup le recul constant de la part du gaz dans l'approvisionnement énergétique, aussi du fait que la forte réduction des prix permettait des applications dans le domaine de la chaleur à basse température (chauffage des locaux et préparation de l'eau chaude). Entre 1970 et 1975, les livraisons de gaz ont presque triplé. Jusqu'en 1985, on assista à un développement continu avec des taux de croissance annuelle rarement inférieurs à 10%. En 1970, la part du gaz dans la consommation énergétique fi-

des schweizerischen Endverbrauchs an Energie von Gas gedeckt, 1975 war dieser Anteil auf 3,4% gewachsen, und 1985 erreichte er 7,3%. Das Verhältnis zwischen Winter- und Sommerverbrauch, beim Stadtgas relativ ausgeglichen, überstieg Anfang der 80er Jahre den Wert von zwei.

3.6 Wasserkraft

Mitte der 20er Jahre löste die Wasserkraft das Holz als wichtigsten einheimischen Energieträger ab und baute seinen Vorsprung – mit Ausnahme der letzten Jahre des Zweiten Weltkrieges – immer weiter aus. Heute ist die Wasserkraft bei weitem der wichtigste erneuerbare Energieträger in der Schweiz.

Die direkte Umwandlung des Primärenergieträgers Wasserkraft in mechanische Energie war zu Beginn des betrachteten Zeitraums noch vielerorts gebräuchlich. Die Energienutzung war dabei eng an die Gewässer gebunden, die mechanische Kraftübertragung war bestenfalls über wenige 100 m möglich. Diese Nutzungsform der Wasserkraft wurde zwar sehr rasch von der Umwandlung in den Sekundärenergieträger Elektrizität abgelöst, doch blieb beispielsweise die Anlage Neuthal im Zürcher Oberland mit ihrer bemerkenswerten Seiltransmissionsanlage bis 1941 in Betrieb.

Statistische Unterlagen über die direkte Wasserkraftnutzung sind wenige vorhanden. In der Zusammenstellung des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes (SWV) [17] wird ihre installierte Leistung im Jahr 1925 mit 55 MW und die Jahresproduktion mit 80 GWh angegeben, jeweils etwa 4% derjenigen der gesamten Wasserkraftnutzung. Im ersten statistischen Jahrbuch der Weltenergiekonferenz [18] erscheint eine Anlage mit 3 MW Leistung, die in den folgenden Ausgaben bis 1950 aufgeführt ist. In der umfassenden Zusammenstellung des SWV [19] wurde die Anzahl der kleinen Wasserkraftwerke mit mechanischer Energienutzung im Jahre 1949 auf 5800 geschätzt. In dieser Aufstellung wurde aber die direkte Wasserkraftnutzung vernachlässigt.

Unter Annahme eines Wirkungsgrades kann aus der produzierten elektrischen Energie die eingesetzte Wasserkraft (inkl. durch Pumpspeicherung erzeugte Energiemenge) berechnet werden. Als Wirkungsgrad wurde in Energiestatistiken immer ein Wert von 80% angenommen, der zu Beginn der Zeitperiode sicher etwas zu hoch, am Ende aber eher zu tief ist. Da keine genaueren Angaben bestehen, und ein präziserer Wert auch keine praktischen Konsequenzen hätte, wurde auf die Variation des Wirkungsgrades verzichtet.

Die zeitliche Entwicklung der Wasserkraftnutzung in der Schweiz ist aus Tabelle 7 ersichtlich. Sie verlief bis etwa zum Jahre 1970 annähernd parallel zur Entwicklung der Elektrizitätsnutzung, so dass bei vielen Aspekten auf die in Kapitel 3.8 gemachten Ausführungen verwiesen werden kann. Sowohl der Bedarf an Elektrizität wie auch die technischen Möglichkeiten auf baulicher und elektro-mechanischer Seite führten dazu, dass zuerst kleinere Gewässer oder bei grösseren Gewässern nur geringe Fallhöhen genutzt wurden. Erst mit einer gewissen Erfahrung und mit steigendem Bedarf wagte man sich an Kombinationen von grossen Fallhöhen mit grossen Wassermengen. Das unausgeglichene

nale s'élevait encore à 1,3%. En 1975, elle avait passé à 3,4% et, en 1985, elle a crû à 7,3%. Le rapport entre les consommations d'hiver et d'été qui était à peu près égal à 1 pour le gaz de ville a dépassé 2 au début des années 80.

3.6 Forces hydrauliques

Vers le milieu des années 20, les forces hydrauliques ont dépassé le bois en tant que premier agent énergétique indigène et ont depuis continué à creuser l'écart, si ce n'est au cours des dernières années de la Seconde Guerre mondiale. Aujourd'hui, les forces hydrauliques sont de loin le plus important agent énergétique renouvelable de la Suisse.

Au début de la période considérée, on convertissait encore en maints endroits l'agent énergétique primaire, force hydraulique, directement en travail mécanique. L'usage énergétique était alors étroitement lié au cours d'eau car, dans le meilleur des cas, l'énergie produite ne pouvait pas être transportée sur plus de quelques centaines de mètres. Cette utilisation des forces hydrauliques a cependant été très rapidement remplacée par la conversion en l'agent énergétique secondaire électricité, mais l'étonnante installation de transmission par courroies de Neuthal dans l'Oberland zurichois est par exemple restée en service jusqu'en 1941.

On ne dispose que de peu de données statistiques sur l'utilisation directe des forces hydrauliques. Une récapitulation de l'Association suisse pour l'aménagement des eaux (SWV, [17]) estime la puissance installée en 1925 à 55 MW avec une production annuelle de 80 GWh, soit 4% de la totalité des forces hydrauliques utilisées. Dans le premier annuaire statistique de la Conférence mondiale de l'énergie [18], on trouve une installation avec 3 MW qui subsiste dans les éditions ultérieures jusqu'en 1950. Dans sa publication détaillée [19], le SWV évalue le nombre des petites installations hydrauliques produisant du travail mécanique à 5800 en 1949. L'utilisation directe des forces hydrauliques est négligée dans la présente récapitulation.

Les forces hydrauliques mises à contribution peuvent être calculées à partir de l'électricité produite en admettant un rendement et en tenant judicieusement compte des pompes. Comme rendement, les statistiques énergétiques adoptent toujours 80%, soit une valeur certainement un peu trop élevée au début de la période considérée et plutôt trop faible à la fin. Comme il n'existe pas de données plus précises et que celles-ci n'auraient de toute façon pas d'influence pratique, on a renoncé à tenir compte d'une évolution de ces rendements.

Le tableau 7 donne l'évolution de l'utilisation des forces hydrauliques en Suisse au cours du temps. Jusqu'en 1970 environ, elle s'est déroulée presque parallèlement au développement de l'utilisation de l'électricité si bien qu'à maints points de vue, on peut renvoyer aux réflexions du chapitre 3.8. Tant les besoins en électricité que les possibilités techniques dans le génie civil et l'électro-mécanique ont conduit à ce qu'au début, seuls les petits cours d'eau ou, sur les grands cours d'eau, seules de faibles chutes ont été équipées. Il a fallu une certaine expérience et les besoins correspondants

*Wasserkraftnutzung für die Elektrizitätserzeugung
(inkl. der durch Pumpspeicherung gewonnenen Wasserkraft)* Tabelle 7
*Forces hydrauliques pour la production d'électricité
(y compris le supplément gagné par pompage)* Tableau 7

Jahr	TJ
Année	
1910	5 630
1915	10 130
1920	12 600
1925	18 000
1930	23 400
1935	26 180
1940	35 950
1945	42 850
1950	48 880
1955	68 840
1960	92 270
1965	111 590
1970	140 730
1975	152 880
1980	150 940
1985	147 050

Angebot an Wasserkraft in der Schweiz führte, als gegen 1910 die Elektrizitätsübertragung über grössere Strecken möglich war, zum Bau von Speicherseen in den Alpen. Die Möglichkeit, Wasser in ein höher gelegenes Becken zu pumpen und zur Deckung von Lastspitzen einzusetzen, war ebenfalls schon vor 1910 benutzt worden. Diese beiden Methoden zur Anpassung der Wasserkraft an die Bedürfnisse der Konsumenten wurden in der Folge kontinuierlich weiter ausgebaut und in verschiedensten Kombinationen eingesetzt. Der stärkste Ausbau der Wasserkraftnutzung erfolgte in der Zeit zwischen 1950 und 1970, während der sich die Möglichkeiten für die Elektrizitätsproduktion rund verdreifachten. Damit waren die unter dem Blickwinkel der Wirtschaftlichkeit oder des Natur- und Landschaftsschutzes sinnvollen Standorte für neue Wasserkraftwerke weitgehend genutzt. Eine Erhöhung der Wasserkraftnutzung war von da an fast ausschliesslich über einen Weiterausbau oder den Ersatz von bestehenden Anlagen möglich.

3.7 Kernbrennstoffe

Die kommerzielle Nutzung der Kernenergie in der Schweiz begann im Jahre 1969 und deckte im Jahre 1985 24% des Bruttoenergieverbrauchs.

Die aus Kernbrennstoffen gewonnene Wärme wird nicht direkt als Endenergie verwendet, sondern zum überwiegenden Teil in Elektrizität umgewandelt und zu einem kleinen Teil als Fernwärme genutzt. In der Statistik wird dabei nicht das im Kernbrennstoff theoretisch vorhandene Energiepotential, sondern nur der genutzte Teil davon verrechnet, da der Brennstoff wieder aufbereitet und das restliche spaltbare Material bei einem späteren Zyklus verwendet wird. Die für die Elektrizitätsproduktion benutzte Wärme wird durch eine Rückrechnung aus der erzeugten Elektrizität bestimmt, wobei für die in der Schweiz in Betrieb stehenden Reaktortypen ein mittlerer Wirkungsgrad von 33% angenommen wird. Die Fernwärmeabgabe wird dabei nicht berücksichtigt, da sie verglichen mit der erzeugten Wärme sehr gering

pour oser envisager des combinaisons comportant de gros débits et de hautes chutes. Le déséquilibre dans l'offre en forces hydrauliques de la Suisse a conduit à la création de lacs d'accumulation dans les Alpes après que l'électricité eut pu, vers 1910, être transportée sur de plus longues distances. La possibilité de pomper de l'eau dans un bassin supérieur et de la turbiner pour couvrir les pointes de charge a déjà été utilisée avant 1910. Par la suite, on a largement recouru à ces deux variantes pour adapter l'utilisation des forces hydrauliques aux besoins des consommateurs, ce qui a donné naissance à de nombreux grands aménagements complexes. L'équipement le plus intense eut lieu entre 1950 et 1970 et la productibilité en énergie électrique tripla. Les sites raisonnables pour de nouveaux aménagements sous l'angle de l'économie et de la protection de la nature et du paysage ont ainsi presque tous été mis en valeur. Depuis lors, l'utilisation des forces hydrauliques ne peut essentiellement croître que par suite d'extensions ou de remplacements d'installations existantes.

3.7 Combustibles nucléaires

L'utilisation commerciale de l'énergie nucléaire en Suisse a commencé en 1969 et a couvert en 1985 24% de la consommation d'énergie brute.

La chaleur tirée des combustibles nucléaires n'est pas utilisée directement comme énergie utile; elle est essentiellement convertie en électricité et, pour une faible part, consommée sous forme de chaleur à distance. La statistique ne tient pas compte de l'énergie potentielle théoriquement contenue dans le combustible nucléaire, mais seulement de la part utilisable, car le combustible est ensuite retraité et le matériau encore fissile peut être réintroduit dans un cycle ultérieur. La chaleur nécessaire à la production d'électricité est calculée à partir de cette dernière en admettant pour les types de réacteurs en service en Suisse un rendement moyen de 33%. Dans ce calcul, on ne tient pas compte de la fourniture de chaleur à distance, car elle est très faible par rapport à la chaleur produite (environ 0,2% en 1985) et conduit en

ist (1985 etwa 0,2%) und zu einem guten Teil von einer leichten Erhöhung des Gesamtwirkungsgrades stammt.

Anfang der 50er Jahre wurde die Kernenergieforschung in der Schweiz von der Industrie, später und mit immer stärker werdender Beteiligung auch vom Bund gefördert. Im Eidgenössischen Institut für Reaktorforschung (EIR) in Würenlingen wurden die Versuchsreaktoren Saphir (1957) und Diorit (1960) in Betrieb genommen, in Lucens das Versuchskraftwerk der Nationalen Gesellschaft zur Förderung der industriellen Atomtechnik gebaut. Nachdem der Reaktor Lucens durch einen schweren Zwischenfall zerstört worden war, wurde auf die Entwicklung eines kommerziellen schweizerischen Reaktors verzichtet.

In der ersten Hälfte der 60er Jahre stellte sich die Frage, wie der steigende Elektrizitätsbedarf nach dem weitgehenden Ausbau der Wasserkraftwerke gedeckt werden sollte. Aus Kosten- und Umweltgründen – die als Alternative geplanten ölthermischen oder Kohlekraftwerke stiessen auf starke Opposition – wurde der Bau von Kernkraftwerken an die Hand genommen. Der Anlage Beznau I wurde 1965 die erste Baubewilligung erteilt, 1969 erfolgte die Inbetriebnahme. Im Jahr 1971 gingen die beiden weiteren Kraftwerke mit einer elektrischen Leistung von rund 300 MW, Mühleberg und Beznau II, in Betrieb. Die grösseren Werke Gösgen und Leibstadt (beide mit rund 1000 MW Leistung) nahmen ihren Betrieb 1978 bzw. 1984 auf.

Die Primärenergieproduktion (Wärme) der Kernkraftwerke, die Elektrizitätsproduktion und die Fernwärmeabgabe in Fünf-Jahres-Schritten ab 1970 sind in Tabelle 8 gegeben. Der Anteil der Kernkraftwerke an der Gesamtproduktion von Elektrizität stieg von 5,3% im Jahre 1970 auf 38,8% im Jahre 1985. Im Winterhalbjahr 1985/86 stammte rund die Hälfte (49%) der schweizerischen Elektrizitätsproduktion aus Kernkraftwerken.

Die Fernwärmelieferungen von Kernkraftwerken begannen 1979 durch das Kraftwerk Gösgen für die Versorgung eines Industriebetriebes und betragen 1980 120 TJ. Ab 1983 belieferten die Werke Beznau I und II ein regionales Fernwärmenetz. Insgesamt wurde 1985 eine Energiemenge von 520 TJ erreicht.

3.8 Elektrizität

Im Jahre 1910 wurden erst 3,5% des schweizerischen Endenergiebedarfs durch Elektrizität gedeckt, und sie befand

fait à une légère amélioration du rendement global de l'installation.

Au début des années 50, l'industrie puis, pour une part de plus en plus importante, aussi la Confédération ont mené la recherche en matière d'énergie nucléaire en Suisse. L'Institut fédéral de recherche en matière des réacteurs (IFR), à Würenlingen, a mis en service les réacteurs expérimentaux Saphir (1957) et Diorit (1960) et la Société nationale pour l'encouragement de la technique atomique industrielle a réalisé une centrale nucléaire expérimentale à Lucens. On a néanmoins renoncé à développer un réacteur suisse commercialisable après l'incident qui détruisit le réacteur de Lucens.

Dans la première moitié des années 60 se posa la question de savoir comment couvrir les besoins croissants en électricité après la mise en valeur des forces hydrauliques. Pour des raisons économiques et d'impact sur l'environnement, on commença la construction de centrales nucléaires, les centrales thermiques au fuel et au charbon, projetées parallèlement, se heurtant à de fortes oppositions. En 1965, on accorda la première autorisation de construire pour la centrale de Beznau I qui entra en service en 1969. En 1971, 1000 MW environ étaient raccordés au réseau après l'achèvement la même année de Mühleberg et de Beznau II avec une puissance installée de 300 MW environ. Les deux centrales de Gösgen et de Leibstadt, d'une puissance électrique de l'ordre de 1000 MW chacune, ont été mises en exploitation en 1978 et en 1984.

Le tableau 8 donne la production d'énergie primaire (chaleur) des centrales nucléaires, la production d'électricité et la fourniture de chaleur à distance de cinq ans en cinq ans depuis 1970. La part d'électricité d'origine nucléaire à la production totale d'électricité a augmenté de 5,3% en 1970 à 38,8% en 1985. Durant le semestre d'hiver 1985/86, les centrales nucléaires ont contribué à la moitié environ (49%) de la production d'électricité en Suisse.

La fourniture de chaleur à distance à partir de centrales nucléaires a commencé en 1979 à Gösgen pour une installation industrielle et a atteint 120 TJ en 1980. Depuis 1983, Beznau I et II alimentent un réseau régional de chaleur à distance. Dans l'ensemble, 1985 a enregistré une fourniture de 520 TJ.

3.8 Electricité

En 1910, l'électricité ne couvrait que 3,5% des besoins de la Suisse en énergie finale. Elle se trouvait à la troisième

Jahr	Erzeugte Wärme (Primärenergie)	Elektrizität aus Kernbrennstoffen	Fernwärme aus Kernbrennstoffen
Année	Chaleur produite (Energie primaire)	Electricité d'origine nucléaire	Chaleur à distance d'origine nucléaire
	TJ	TJ	TJ
1970	20 180	6 660	
1975	80 630	26 610	
1980	153 240	49 190	120
1985	232 150	76 610	520

Energieerzeugung durch Kernbrennstoffe
Production d'énergie à l'aide de combustibles nucléaires

Tabelle 8
Tableau 8

sich weit hinter Kohle und Holz an dritter Stelle der Energieträger. Im Jahre 1985 belegte sie mit einem Anteil von 20,5% hinter den Erdölprodukten den zweiten Platz.

Elektrizität erscheint in der Natur zwar auch als Primärenergie, kann aber nur bei Herstellung aus andern Energieträgern nutzbar gemacht werden. In der Schweiz spielt dabei seit jeher die Wasserkraft eine sehr grosse Rolle. Der Anteil der thermischen Erzeugung – ursprünglich nur aus fossilen Energieträgern, vor allem Erdöl, seit 1969 auch aus Kernenergie – steigert sich aber laufend. Kleinere Mengen werden auch durch Abfallnutzung in Kehrichtverbrennungsanlagen und Faulgasverwertung in Kläranlagen und landwirtschaftlichen Betrieben hergestellt. Die Nutzung der Sonnenenergie zur Elektrizitätserzeugung erfolgt nur in einer ganz am Schluss des betrachteten Zeitraums rasch steigenden Anzahl von Kleinanlagen, vor allem in Gegenden ohne Netzanschluss und in experimentellen Anlagen von wenigen kW Leistung.

Bis 1930 wurden die Produktions- und die Verbrauchsdaten von privaten Organisationen gesammelt (SWV, SEV und VSE). Man war dabei stark auf Schätzungen angewiesen, und die Systematik entsprach nicht der heute verwendeten. So sind lediglich Angaben über den Ausführüberschuss vorhanden, wobei sich aus den folgenden Jahren schliessen lässt, dass die Einfuhr von Elektrizität unbedeutend gewesen sein muss. Der Energieverbrauch der Speicherpumpen war noch nicht von den Übertragungs- und Verteilverlusten getrennt. Er dürfte sich aber in der Grössenordnung von 1% und somit weit innerhalb der statistischen Genauigkeit bewegt haben. Leider existiert auch keine Aufteilung von Produktion oder Verbrauch für das Sommer- und Winterhalbjahr. Die hier benutzten Daten für diesen Zeitabschnitt stammen aus einer Verbandsschrift des SWV [20]. Weitere Darstellungen zur Entwicklung der Elektrizitätsproduktion und -nutzung finden sich in [17] [19] und [21].

Seit 1930 basiert die Elektrizitätsstatistik auf Erhebungen der Produktion und der Abgabe an die Endverbraucher durch das heutige BEW. Die Daten der Werke der Allgemeinversorgung wurden immer monatlich, jene der sogenannten Selbstproduzenten bis 1955 nur am Ende des Winter- und des Sommerhalbjahrs erhoben. Zusätzlich zu den monatlichen Daten werden von diesem Amt auch solche über die Produktions- und Verbrauchsverhältnisse an allen Mittwochen, über die Speicherinhalte an Montagen und über den Leistungsverlauf an bestimmten Tagen in jedem Quartal ermittelt [22].

Bei den Selbstproduzenten handelt es sich um Kraftwerke, die ausschliesslich für den Eigenbedarf von Industrien und Bahnen produzieren. Ihr Anteil betrug 1930 noch rund 26% der gesamten Produktion, 1955 noch rund 18%. Für diese Zusammenstellung musste die Produktion des Winterhalbjahrs auf die beiden betreffenden Kalenderjahre aufgeteilt werden. Dies geschah proportional zu den Werten der Werke der allgemeinen Versorgung.

Der zur Herstellung der Elektrizität benötigte Primärenergieträger wird bei den Erhebungen nur insofern erfasst, als eine Unterteilung in Speicher- und Laufwasserkraftwerke, konventionell-thermische Kraftwerke und Kernkraft-

werke, loin derrière le charbon et le bois. En 1985, avec sa part de 20,5%, elle occupe la seconde place, après les produits pétroliers.

L'électricité apparaît bien dans la nature aussi comme énergie primaire, mais elle ne peut être utilisée que lorsqu'elle est produite à partir d'autres agents énergétiques. En Suisse, les forces hydrauliques jouent depuis toujours un rôle très important à cet égard. La part de la production par voie thermique augmente pourtant constamment, au départ à partir de combustibles fossiles, essentiellement le pétrole, depuis 1969 avec la contribution de l'énergie nucléaire. De petites quantités sont également produites à partir de l'utilisation des déchets dans les stations d'incinération des ordures et des gaz de stations d'épuration des eaux et d'exploitations agricoles. La mise en valeur de l'énergie solaire pour la production d'électricité n'intervient que dans de très petites installations, situées pour la plupart dans des régions non raccordées au réseau mais dont le nombre croît rapidement tout à la fin de la période considérée, ainsi que dans des installations expérimentales de quelques kW.

Jusqu'en 1930, les chiffres sur la production et la consommation ont été recueillis par des organismes privés (SWV, ASE et UCS). On devait souvent faire des estimations et la systématique ne correspondait pas à celle qui est adoptée aujourd'hui. On ne disposait que de données sur les excédents d'exportation, mais les années suivantes ont permis de conclure que les importations d'électricité étaient sans importance. La consommation des pompes d'accumulation n'était pas non plus indiquée séparément des pertes de transport et de distribution. Elle devait s'élever à 1% environ et rester ainsi bien en dessous de la précision de la statistique. Malheureusement, il n'existait pas non plus de ventilation de la production et de la consommation entre les semestres d'été et d'hiver. Les chiffres introduits ici proviennent d'une publication du SWV [20]. Les références [17] [19] et [21] fournissent des renseignements sur la production et la consommation d'électricité.

Depuis 1930, la statistique de l'électricité se fonde sur des enquêtes de l'Office fédéral de l'économie électrique, aujourd'hui l'Office fédéral de l'énergie (OFEN), relatives à la production et à la consommation finale. Les chiffres relatifs aux entreprises livrant à des tiers ont toujours été relevés mensuellement alors que, jusqu'en 1955, ceux des auto-producteurs ne sont récapitulés qu'à la fin des semestres d'hiver et d'été. Cet office donne en outre, en plus des valeurs mensuelles, des chiffres sur la production et la consommation du mercredi et sur le remplissage des retenues le lundi, ainsi que des diagrammes de charge pour certains jours de chaque trimestre [22].

Chez les auto-producteurs, il s'agit de centrales ne produisant que pour les besoins propres d'industries et de chemins de fer. En 1930, leur part s'élevait à 26% environ de la production totale; en 1955, à 18% seulement. Pour la présente publication, les chiffres du semestre d'hiver ont dû être scindés pour les répartir sur les années civiles correspondantes. Ceci fut fait en proportion des valeurs disponibles pour les entreprises livrant à des tiers.

Les agents énergétiques primaires mis en œuvre pour la production d'électricité ne sont connus que dans la mesure

werke gemacht wird. Die aufgewendete Wasserkraft lässt sich durch eine Rückrechnung aus der erzeugten elektrischen Energie ermitteln. Dabei wurde für die ganze Periode ein Gesamtwirkungsgrad von 80% angenommen. Der Wirkungsgrad der Kernkraftwerke ist mit den hier angenommenen 33% der durch die Kernspaltung erzeugten Wärme etwas tiefer als in den konventionell-thermischen Anlagen, was auf den dort erzielbaren höheren Dampftemperaturen beruht. Leider sind über die Primärenergieträger bei den konventionell-thermischen Anlagen keine ausreichenden Statistiken vorhanden, doch kann mit Sicherheit angenommen werden, dass Erdölprodukte den grössten Teil des Bedarfs deckten. Erst in jüngerer Zeit hat die Elektrizitätserzeugung in Kehrichtverbrennungsanlagen eine gewisse Bedeutung erlangt, wobei dort zur Spitzendeckung einerseits mit verschiedensten Brennstoffen (Kohle, Gas oder Öl) zusätzliche Energie zugeführt, andererseits nebst Elektrizität auch, oder vor allem, Fernwärme erzeugt wird. Eine Aufteilung der eingesetzten Primärenergieträger auf die erzeugten Energieträger ist also direkt nicht möglich.

In Tabelle 9 sind die Energieproduktion, der Aussenhandel, der Verbrauch der Pumpen und die Verluste sowie der Endverbrauch an elektrischer Energie in Fünf-Jahres-Schritten gegeben. Die Figur 6 zeigt die Anteile der einzelnen Kraftwerktypen an der Landeserzeugung. Im Jahre 1910 betrug die Leistung der Kraftwerke insgesamt rund 400 MW. Davon waren 85% in Wasserkraftwerken installiert und 15% in thermischen Anlagen, die sich in fast allen grösseren Städten befanden. Bei der Verwendung der Elektrizität spielte die Beleuchtung eine sehr grosse Rolle. Sogar in Städten wie Zürich oder Basel betrug an einem Wintertag die Belastung tagsüber nur 50%–60% der abendlichen Spitze. Die Ausnutzung der Kraftwerke war entsprechend

où les enquêtes donnent les ventilations: centrales au fil de l'eau et à accumulation, centrales thermiques conventionnelles et centrales nucléaires. Les forces hydrauliques nécessaires sont déterminées à partir de l'électricité produite. Pour toute la période considérée, on a admis un rendement global de 80%. Le rendement des centrales nucléaires, 33% de la chaleur de fission, est un peu plus faible que celui des centrales thermiques conventionnelles qui travaillent avec des températures de vapeur plus élevées. Les statistiques ne sont malheureusement pas suffisantes en ce qui concerne les agents énergétiques primaires utilisés dans les centrales thermiques conventionnelles, mais on peut certainement admettre que les produits pétroliers ont couvert la majeure partie des besoins. Récemment, la production d'électricité dans des installations d'incinération des ordures a pris une certaine importance; pour couvrir les pointes, elles recourent aussi aux combustibles les plus divers (charbon, gaz et pétrole) et produisent, à côté de l'électricité, également ou essentiellement de la chaleur à distance. Une ventilation des agents énergétiques primaires appelés suivant les agents énergétiques produits n'est pas possible directement.

Le tableau 9 donne l'évolution de la production d'électricité, du commerce extérieur, de la consommation des pompes d'accumulation et de la consommation finale de cinq ans en cinq ans. La figure 6 illustre les parts des divers types de centrales dans la production indigène. En 1910, la puissance installée de toutes les centrales s'élevait à 400 MW environ, 85% dans les centrales hydrauliques et 15% dans les centrales thermiques implantées dans presque toutes les grandes villes. En ce qui concerne les applications, l'éclairage jouait un rôle primordial. Dans des villes comme Zurich et Bâle, la charge de jour n'atteignait que 50 à 60% de la pointe du soir. La durée d'utilisation des cen-

Elektrizitätserzeugung und -verbrauch der Schweiz seit 1910
Production et consommation d'électricité en Suisse depuis 1910

Tabelle 9
Tableau 9

Jahr	Erzeugung total	Verbrauch der Speicherpumpen	Nettoerzeugung	Einfuhr	Ausfuhr	Ausfuhrüberschuss	Landesverbrauch	Übertragungs- und Verteilverluste	Endverbrauch
Année	Production totale	Consommation des pompes	Production nette	Importation	Exportation	Excédent d'exportation	Consommation du pays	Pertes de transport et de distribution	Consommation finale
	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ
1910	4 500		4 500		360	- 360	4 140	610	3 530
1915	8 100		8 100		1 010	- 1 010	7 092	850	6 240
1920	10 080		10 080		1 360	- 1 360	8 723	1 090	7 630
1925	14 400		14 400		2 350	- 2 350	12 046	1 710	10 330
1930	18 720		18 720		3 440	- 3 440	15 282	2 450	12 830
1935	21 050	150	20 900	25	5 120	- 5 090	15 806	2 280	13 530
1940	28 900	220	28 670	120	6 360	- 6 240	22 436	2 810	19 630
1945	34 320	260	34 050	160	2 540	- 2 370	31 680	4 130	27 550
1950	39 430	520	38 920	1 100	3 410	- 2 310	36 607	4 830	31 780
1955	55 560	500	55 070	3 070	7 120	- 4 050	51 017	6 240	44 780
1960	74 420	880	73 540	4 700	13 760	- 9 060	64 480	7 270	57 210
1965	91 040	1 800	89 240	10 230	18 410	- 8 180	81 058	8 260	72 800
1970	125 590	3 470	122 120	12 940	34 630	-21 690	100 426	10 110	90 310
1975	154 780	4 310	150 470	16 690	51 700	-35 010	115 456	11 400	104 050
1980	173 380	5 510	167 870	35 810	65 260	-29 450	138 420	11 510	126 910
1985	197 380	4 910	192 470	56 080	87 400	-31 310	161 154	12 400	148 760

schlecht, auch Laufkraftwerke wurden häufig abgestellt. Bei den Tarifen für die Konsumenten gab es separate Ansätze für Lichtstrom, der häufig pauschal nach der Anschlussleistung der Lampen erhoben wurde, für Motoren und für Wärmeanwendungen. Innerhalb eines Tages unterschied man zudem eine grosse Anzahl Tarifstufen, in Lausanne beispielsweise deren fünf.

Durch die im Ersten Weltkrieg aufgetretene Verknappung von Brennstoffen nahm die Verwendung der Elektrizität einen ausserordentlich starken Aufschwung. Während der Kriegsjahre erhöhte sich der Anschlusswert aller Wärmeapparate um nicht weniger als das 40fache. Mit Ausnahme der Jahre 1920/22 und 1930/33 stieg der Endverbrauch an elektrischer Energie in der Zwischenkriegszeit kontinuierlich. Die Erstellung von grösseren Wasserkraftwerken bewirkte, dass Mitte der 30er Jahre rund 20% der Nettoerzeugung exportiert wurde.

Während des Zweiten Weltkrieges entstand durch die Verknappung der übrigen Energieträger ein zusätzlicher Strombedarf. Obwohl in kürzester Zeit neue Wasserkraftwerke gebaut wurden, mussten im Winter rigorose Sparmassnahmen eingeführt werden. Die angespannte Lage zeigte sich auch in der starken Schwankung der prozentualen Zunahme des Endverbrauchs. Dieser hatte sich nach den Schwankungen der Abflüsse zu richten.

Auch in den folgenden Jahren vermochte die Produktion während trockener Winter mit der Nachfrage nicht Schritt zu halten, so dass bei geringer Wasserführung weiterhin Einschränkungen des Bundes erlassen werden mussten. Im März 1956 beispielsweise durfte der Energieverbrauch für grössere Warmwasserspeicher nur noch 60% des Vorjahresverbrauchs betragen. In der gleichen Verfügung wurde den Kinos und Theatern untersagt, ihre Schaukästen nach Beginn der Vorstellung noch brennen zu lassen! Solche Vorschriften führten natürlich zu einem starken Anreiz für den Ausbau der Speicherkraftwerke in den Alpen, der zusammen mit der Möglichkeit des Energieaustausches mit dem Ausland einschränkende Massnahmen in der Folge unnötig machte.

Der Endverbrauch an elektrischer Energie steigerte sich während der 60er Jahre im Durchschnitt um 4,7%. Nachdem die schweizerischen Wasserkräfte weitgehend genutzt waren, wurde der Bau von grösseren thermischen Anlagen an die Hand genommen. Das konventionell-thermische Kraftwerk Vouvry wurde 1966 mit einer Leistung von 284 MW an das Netz angeschlossen. Im Jahre 1969 ging das erste Kernkraftwerk, Beznau I in Betrieb, und in den Jahren darauf folgten die Kernkraftwerke Beznau II, Mühleberg, Gösgen und Ende 1984 Leibstadt.

Ab 1970 hat sich die jährliche Zunahme des Endverbrauchs zwar etwas verlangsamt. Sie liegt aber insgesamt immer noch über 3%. Eine leichte Abnahme des Endverbrauchs war lediglich 1976 festzustellen.

Die sehr feine Unterteilung der Statistik über Elektrizitätsproduktion und -verbrauch erlaubt auch Aussagen über den Verbrauch und den Leistungsbedarf in sehr kurzen Zeitabschnitten. Hier soll nur auf den Energieverbrauch von Sommer und Winter, aus den oben erwähnten Gründen allerdings erst ab 1930, eingegangen werden. Dies ist des-

trales était mauvaise et même des centrales au fil de l'eau devaient souvent être arrêtées. Pour les consommateurs, les tarifs comportaient des positions particulières pour la lumière qui était fréquemment facturée à forfait en fonction de la puissance des lampes raccordées, pour la force et pour les applications thermiques. On partageait en outre la journée en nombreux échelons tarifaires, par exemple 5 à Lausanne.

Par suite du manque de combustibles durant la Première Guerre mondiale, les applications de l'électricité ont pris un essor très important. Au cours des années de guerre, la puissance raccordée de tous les appareils thermiques a été multipliée par non moins de 40. A l'exception des années 1920/22 et 1930/33, la consommation finale d'électricité a constamment augmenté entre les deux guerres. La construction de grandes centrales hydrauliques a conduit, au milieu des années 30, à exporter 20% environ de la production nette.

Durant la Seconde Guerre mondiale et du fait du déficit en autres agents énergétiques, on enregistra un besoin supplémentaire en énergie électrique. Bien que de nouvelles centrales aient été réalisées très rapidement, il fallut édicter en hiver de rigoureuses mesures pour limiter la consommation. Le sérieux de la situation se reflète aussi dans les grosses fluctuations du taux d'accroissement de la consommation finale qui devait s'adapter à celles des débits.

Au cours des années suivantes, la production n'a pas non plus pu s'adapter à la demande durant les hivers secs si bien que la Confédération a encore dû intervenir en cas de débits réduits. En mars 1956 par exemple, la consommation des gros chauffe-eau ne devait pas excéder 60% de celle de l'année précédente. La même ordonnance a précisé que les cinémas et les théâtres devaient éteindre leurs enseignes dès le début de la représentation. De telles restrictions incitèrent fortement à la construction des centrales à accumulation dans les Alpes qui, combinée à des possibilités d'échange avec l'étranger, rendit ces mesures superflues par la suite.

Dans les années 60, la consommation finale d'électricité a augmenté en moyenne de 4,7% par an. Comme les forces hydrauliques suisses avaient presque toutes été mises en valeur, on commença la construction de centrales thermiques de grande taille et la centrale thermique conventionnelle de Vouvry fut raccordée au réseau avec une puissance de 284 MW en 1966. En 1969, la première centrale nucléaire, Beznau I, est entrée en service puis, les années suivantes, Beznau II, Mühleberg, Gösgen-Däniken et Leibstadt à fin 1984.

Depuis 1970, l'augmentation annuelle de la consommation finale s'est un peu ralentie, mais reste dans son ensemble encore au-dessus de 3%. En 1976 seulement, on a enregistré un faible recul de celle-ci.

La ventilation très détaillée de la statistique de la production et de la consommation d'électricité permet aussi des considérations sur les besoins en énergie et en puissance durant de plus courtes périodes. On peut ainsi examiner la situation en hiver et en été, à vrai dire seulement à partir de 1930 pour les raisons évoquées précédemment. Ceci est particulièrement intéressant car les forces hydrauliques, qui

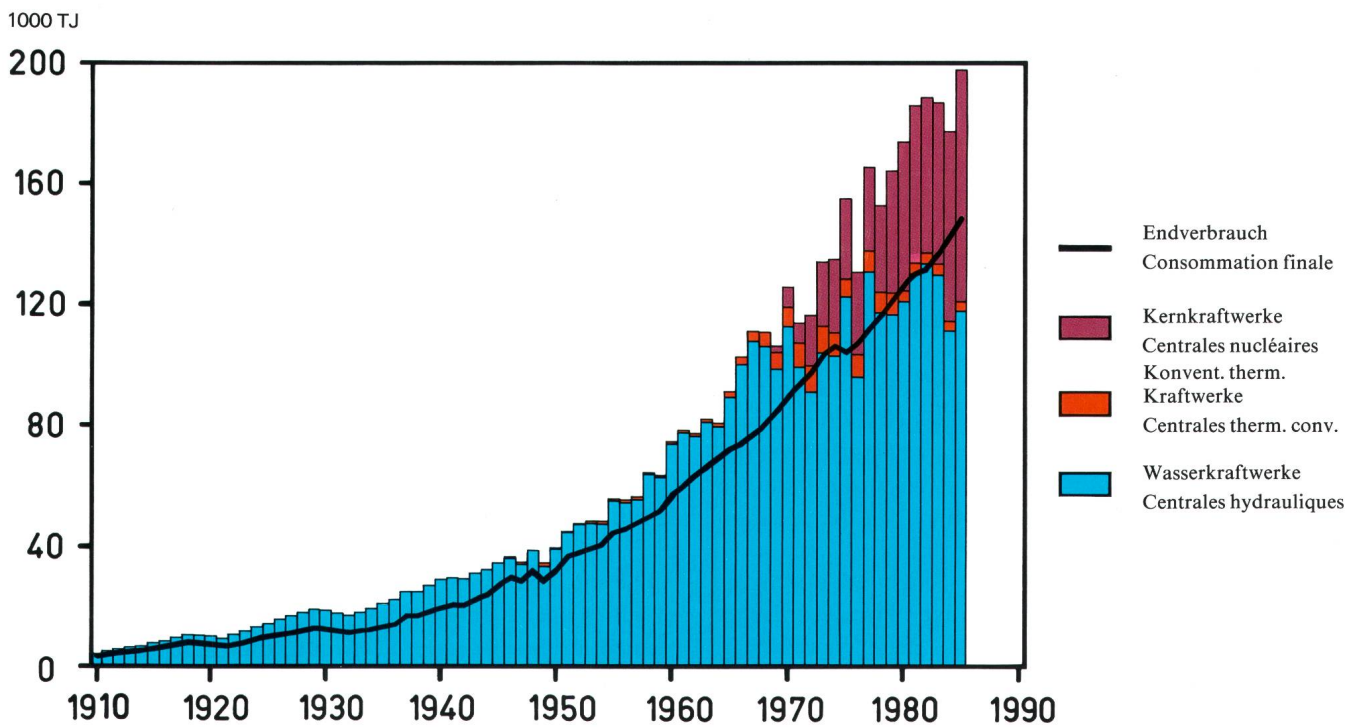


Fig. 6 Produktion und Endverbrauch von Elektrizität
Production et consommation finale d'électricité

halb von Interesse, weil die Wasserkraft, der seit Mitte der 20er Jahre wichtigste einheimische Energieträger, nur mit starken saisonalen Schwankungen zur Verfügung steht. Beim heutigen Ausbaustand beträgt das Verhältnis der Produktion Sommer zu Winter ohne die Speicher rund 2,5, mit den Speichern 1,4.

Tabelle 10 und Figur 7 zeigen einige Kenngrößen der Verteilung zwischen Sommer und Winter. Anfang der 30er

sont notre plus important agent énergétique indigène depuis le milieu des années 20, ne sont disponibles qu'avec de fortes fluctuations saisonnières. Avec l'équipement actuel et sans régularisation par les retenues, le rapport entre les productions d'été et d'hiver est de 2,5; avec la régularisation, de 1,4.

Le tableau 10 et la figure 7 donnent quelques grandeurs caractéristiques de la répartition entre les semestres d'hiver

Elektrizitätserzeugung und -verbrauch der Schweiz im Winter- und Sommerhalbjahr
Production et consommation d'électricité en Suisse durant les semestres d'hiver et d'été

Tabelle 10
Tableau 10

Hydrologisches Jahr	Nettoerzeugung in TJ		Einfuhr-Ausfuhr in TJ		Einfuhr-Ausfuhr in % der Nettoerzeugung		Endverbrauch total in TJ		Verhältnis Endverbrauch Winter/Sommer
	Production nette en TJ		Importation-exportation en TJ		Importation-exportation en % de la production nette		Consommation finale totale en TJ		
	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	
Année hydrologique	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver	Été	
1930/31	9 200	8 860	-1 750	- 1 860	-19,0	-21,0	6 310	5 980	1,06
1935/36	10 770	10 920	-2 480	- 2 780	-23,0	-25,5	7 090	7 060	1,00
1940/41	13 810	15 780	-2 660	- 3 230	-19,3	-20,5	9 670	11 050	0,88
1945/46	16 210	19 790	- 560	- 1 550	- 3,5	- 7,8	13 560	16 040	0,85
1950/51	18 650	25 080	140	- 2 640	0,8	-10,5	16 290	19 800	0,82
1955/56	21 770	31 080	2 720	- 4 150	12,5	-13,4	21 410	23 810	0,90
1960/61	36 300	43 150	-3 110	- 9 410	- 8,6	-21,8	29 530	30 110	0,98
1965/66	43 390	54 820	-1 440	-14 540	- 3,3	-26,5	37 690	35 880	1,04
1970/71	56 290	55 740	-2 210	- 7 770	- 3,9	-13,9	48 620	43 100	1,09
1975/76	67 540	57 860	-5 510	- 2 570	- 8,2	- 4,4	55 940	50 220	1,11
1980/81	81 320	94 020	-5 040	-29 410	- 6,2	-31,3	70 010	59 310	1,18
1985/86	92 010	103 620	-2 260	-28 630	- 2,5	-27,6	83 000	69 180	1,20

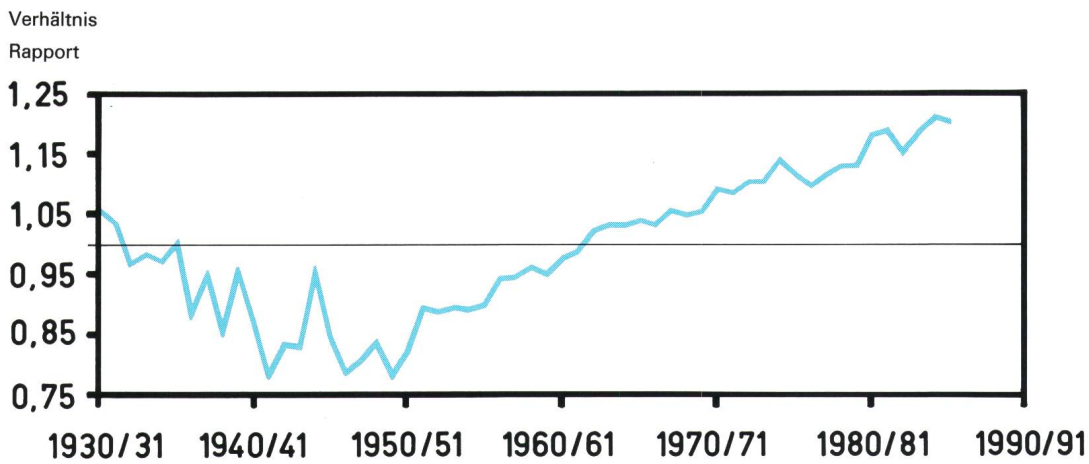


Fig. 7a Verhältnis Winter/Sommer des Endverbrauchs an Elektrizität
Rapport hiver/été dans la consommation finale d'électricité

Hydrologisches Jahr
Année hydrologique

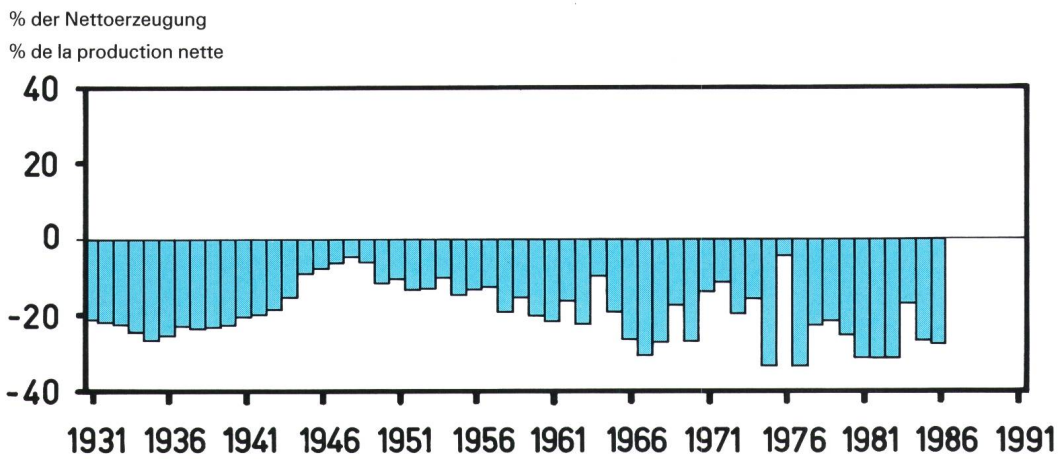


Fig. 7b Import minus Export im Sommer in Prozenten der Nettoerzeugung
Importation moins exportation en été en pour-cent de la production nette

Sommer
Eté

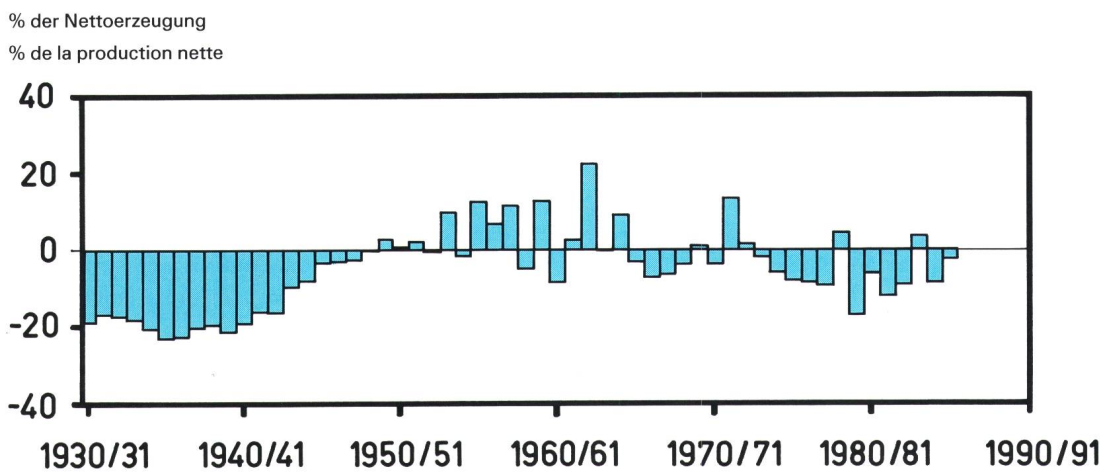


Fig. 7c Import minus Export im Winter in Prozenten der Nettoerzeugung
Importation moins exportation en hiver en pour-cent de la production nette

Winter
Hiver

Fig. 7 Elektrizität im Winter und Sommer
Electricité en hiver et en été

Jahre war der Endverbrauch an Elektrizität im Winter höher als im Sommer. Der Exportüberschuss war erheblich, aber Winter und Sommer ungefähr gleich, so dass die im Sommer zur Verfügung stehende Wasserkraft gar nicht voll ausgenutzt werden konnte. Während und nach dem Zweiten Weltkrieg war der Anstieg des Stromverbrauchs durch den Mangel vor allem im Winter diktiert, der das Verhältnis zwischen Winter- und Sommerverbrauch in einigen Jahren unter 0,8 sinken liess. Zwischen 1950 und 1959 ergab sich in sieben Wintern ein Einfuhrüberschuss, in den folgenden Jahrzehnten noch in vier bzw. drei Wintern, während im Sommer immer klare Ausfuhrüberschüsse erzielt wurden. Das Verhältnis Winter-/Sommer-Endverbrauch hat sich seit 1950 wieder kontinuierlich erhöht und liegt heute bei 1,2.

3.9 Fernwärme

Fernwärmeversorgungen gibt es in der Schweiz seit mehr als 50 Jahren. Als Fernwärme gilt dabei jene Wärmeversorgung, in der für das Haupttransport- und Verteilnetz öffentlicher Boden beansprucht wird und in der die Wärme an Dritte zu im voraus bestimmten Tarifen verkauft wird.

Die Endenergie Fernwärme zeichnet sich dadurch aus, dass für ihre Erzeugung fast alle Primärenergieträger eingesetzt werden können, darunter auch solche, die in kleinen Einzelheizungen aus Bedienungs- und Umweltgründen Schwierigkeiten bringen würden, wie etwa Müll. Auch die Verwendung von Abwärme im Rahmen einer Wärme-Kraft-Kopplung oder die Nutzung von Umgebungswärme, wobei das Temperaturniveau mit einer Wärmepumpe angehoben werden muss, ist möglich. Die beim Betrieb von grossen thermischen Elektrizitätswerken anfallenden Wärmemengen bieten sich zur Nutzung in Fernwärmenetzen an, wobei eine Verteilung auf tiefem Temperaturniveau mit anschliessender Anhebung mit Wärmepumpen oder eine direkte Nutzung möglich ist. Da solche Werke aber nicht mitten in sehr dicht besiedelten Gebieten liegen, wird die Wirtschaftlichkeit bei tiefen Preisen anderer Energieträger oft fraglich.

Durch die Grösse der Anlagen ist es wirtschaftlich vertretbar, die Voraussetzungen für einen raschen Wechsel von einem auf den andern Energieträger oder für die parallele Verwendung bereitzustellen. Der tatsächliche Einsatz wird durch Verfügbarkeit und Preis der Energieträger sowie den Wärmebedarf bestimmt. Die Verluste bei der Verteilung hängen von verschiedenen Faktoren wie Temperaturniveau, Isolation der Rohre und Abgabemenge im Verhältnis zur Netzgrösse ab, sie bewegen sich bei rund 10%.

Die Statistiken über Fernwärme in der Schweiz wurden erst im Rahmen der GEK an die Hand genommen, verlässliche Zahlen existieren seit dem Jahr 1978.

Die ersten Fernwärmeversorgungen in der Schweiz wurden in grösseren Städten zumeist im Zusammenhang mit Kehrrechtverbrennungsanlagen realisiert und dauernd weiter ausgebaut. Als erstes entstand 1928 in Zürich das Netz bei der Anlage Josefstrasse, es folgte das Fernheizkraftwerk

et d'été. Au début des années 30, la consommation finale d'électricité était plus élevée en hiver qu'en été. L'excédent d'exportation était très important, mais pratiquement équilibré en hiver et en été si bien que les forces hydrauliques disponibles en été ne pouvaient pas toutes être utilisées. Durant et après la Seconde Guerre mondiale, l'augmentation de la consommation fut dictée par le déficit essentiellement d'hiver qui fit tomber le rapport hiver-été en quelques années en dessous de 0,8. Entre 1950 et 1959, on enregistra des excédents d'importation sept hivers durant, les décennies suivantes quatre et trois hivers, alors qu'en été il y eut de nets excédents d'exportation. Le rapport hiver-été de la consommation finale a continuellement crû depuis 1950 et atteint aujourd'hui 1,2.

3.9 Chaleur a distance

L'alimentation en chaleur à distance existe en Suisse depuis plus de 50 ans. Sous chaleur à distance, on entend la chaleur dont le réseau principal de transport et de distribution emprunte le domaine public et qui est vendue à des tiers à des tarifs fixés à l'avance.

L'agent énergétique chaleur à distance se caractérise par le fait qu'il peut être produit à partir de presque tous les agents énergétiques primaires, même de ceux qui entraîneraient des difficultés de maintenance et d'impact sur l'environnement dans de petites installations individuelles de chauffage, comme les ordures par exemple. L'utilisation de la chaleur de déchet dans une installation de couplage chaleur-force ou celle de la chaleur de l'environnement à l'aide d'une pompe à chaleur élevant son niveau de température est possible. Les quantités de chaleur provenant de l'exploitation des grandes centrales thermiques se prêtent aussi à l'alimentation de réseaux de chaleur à distance tant pour la distribution à basse température et réchauffement à l'aide de pompe à chaleur que pour l'utilisation directe. Mais comme ces installations ne se trouvent pas à proximité de centres à très forte densité de population, leur rentabilité est souvent aléatoire en cas de prix bas des autres agents énergétiques.

Vu la taille des installations, il est économiquement raisonnable de prendre des dispositions pour passer rapidement d'un combustible à l'autre ou pour envisager une utilisation en parallèle. L'exploitation effective dépendra de la disponibilité et du prix des agents énergétiques et des besoins en chaleur. Les pertes de distribution sont fonction de divers facteurs, tels le niveau de température, l'isolation des conduites et la quantité de chaleur fournie par rapport à l'étendue du réseau. Elles sont de l'ordre de 10%.

Les statistiques sur la chaleur à distance en Suisse ne datent que des travaux de la CGE. Des chiffres fiables existent depuis 1978.

Les premières alimentations en chaleur à distance ont été réalisées en Suisse dans les grandes villes généralement en relation avec les installations d'incinération des ordures et ont été constamment agrandies. La première fut implantée à Zurich en 1928 avec le réseau de la Josefstrasse. La centrale

der ETH Zürich, die Fernwärmeversorgung Lausanne und jene von Basel, welche als grösste der Schweiz 1985 eine Netzlänge von 130 km hatte und eine Spitzenleistung von über 300 MW abgeben konnte. Ab 1954 entstand die Fernwärmeversorgung der Stadt Bern, die seit 1975 auch das Bundeshaus beliefert, und ab 1965 diejenige von Genf. Im Jahre 1980 wurden 8920 TJ Fernwärme erzeugt. Nach Abzug der auf 1000 TJ geschätzten Verluste betrug der Endverbrauch 7920 TJ. 1985 wurden 9430 TJ als Endenergie abgegeben, was einen Anteil von 1,3% am schweizerischen Endenergieverbrauch ausmachte.

3.10 Gesamtverbrauch an Brutto- und Endenergie

Aus den in den vorhergehenden Kapiteln zusammengestellten Werten lässt sich der gesamte Einsatz von Primärenergieträgern, der Brutto- und der Endenergieverbrauch addieren.

In Tabelle 11 und Figur 8 ist der Einsatz der verschiedenen Primärenergieträger zusammengefasst. Für die Ermittlung der Bruttoenergie wird der Ausfuhrüberschuss von Elektrizität subtrahiert (in Jahresschritten wurde immer mehr Elektrizität aus- als eingeführt). Die Zuteilung dieses Überschusses an einen bestimmten Energieträger (mit der entsprechenden Rückrechnung von Elektrizität auf Primärenergie) ist insbesondere nach dem Auftreten der Kernenergie nicht mehr möglich. Streng genommen kann deshalb der Bruttoenergieeinsatz der Schweiz nur als Totalwert, nicht aber bezogen auf den einzelnen Energieträger gegeben werden.

Der Bruttoenergieverbrauch insgesamt zeigt einen Verlauf, der sich bei der Endenergie wiederholt: Eine leichte, durch die beiden Weltkriege jeweils unterbrochene Steigerung bis etwa 1950, dann ein sehr starkes, exponentielles Wachstum bis 1973, danach eine ruhigere, aber immer noch deutliche Zunahme bis ans Ende des Zeitabschnittes.

In Tabelle 12 und Figur 9 wird der prozentuale Anteil der Energieträger am gesamten Bruttoverbrauch gezeigt. Bei dieser Betrachtungsweise ist der Übergang von den festen (besonders Kohle) auf die flüssigen Energieträger (Erdölprodukte) sehr deutlich sichtbar. Dieser Vorgang hatte schon um 1920 begonnen und war um 1970 abgeschlossen. Anschliessend wurde der Anteil der flüssigen Energieträger seinerseits wieder durch das Erdgas und die Kernenergie geschmälert. Figur 8 zeigt allerdings, dass bei diesen Umlagerungen über lange Zeit nicht der abgelöste Energieträger reduziert wird, sondern dass der neue Träger die Zunahme des Gesamtverbrauches übernimmt.

Der Anteil der inländischen Primärenergieträger Holz, Wasserkraft und Abfälle (nebst einheimischer Kohle und Torf in Krisenzeiten) betrug generell rund 30%, ging allerdings im letzten Jahrzehnt auf rund 20% zurück. Nur während Versorgungsengpässen wurden höhere Werte erreicht, rund 35% um das Ende des Ersten Weltkriegs bzw. über 50% am Ende des Zweiten Weltkriegs. Dies geschah allerdings nicht nur durch eine Ausweitung der einheimischen Produktion, sondern vor allem auch durch eine Reduktion des gesamten Primärenergieverbrauchs auf ein sehr tiefes Ni-

de chauffage à distance de l'EPF Zurich a suivi, de même que l'alimentation en chaleur à distance de Lausanne et de Bâle. Avec un réseau de 130 km, cette dernière est devenue la plus grande de Suisse et a couvert en 1985 une pointe de plus de 300 MW. En 1954, la ville de Berne a commencé son réseau de chaleur à distance auquel le Palais fédéral est raccordé depuis 1975 et, en 1965, la ville de Genève a entrepris la construction du sien. En 1980, 8920 TJ de chaleur à distance ont été produits. Après déduction des pertes estimées à 1000 TJ, la consommation finale a atteint 7920 TJ. En 1985, l'énergie finale s'est élevée à 9430 TJ, soit à 1,3% de la consommation finale d'énergie de la Suisse.

3.10 Consommation totale brute et finale d'énergie

La somme des valeurs récapitulées dans les chapitres précédents donne le total des agents énergétiques appelés et la consommation totale brute et finale d'énergie.

Les divers agents énergétiques appelés ressortent du tableau 11 et de la figure 8. Pour déterminer l'énergie brute, on en soustrait l'excédent d'exportation d'électricité de la Suisse car, pour l'année, on a toujours plus exporté qu'importé. Après le recours à l'énergie nucléaire, il n'est pour tant plus possible d'attribuer cet excédent à un agent énergétique déterminé ou de le répartir sur les agents énergétiques primaires concernés. En toute rigueur, la consommation brute de la Suisse ne peut donc être considérée que dans son ensemble et ne peut pas être ventilée suivant les divers agents énergétiques.

La consommation brute totale présente la même évolution que l'énergie finale: un léger accroissement, interrompu par les deux guerres mondiales, jusqu'en 1950, suivi d'un très fort développement exponentiel jusqu'en 1973 environ et enfin une augmentation plus lente mais cependant marquée jusqu'à la fin de la période considérée.

Le tableau 12 et la figure 10 donnent les parts des divers agents énergétiques en pour-cent de la consommation brute totale. Cette représentation illustre très clairement le passage des combustibles solides (notamment le charbon) aux combustibles liquides (les produits pétroliers). Cette substitution a déjà commencé vers 1920 et s'est achevée vers 1970. La part des combustibles liquides a ensuite été réduite par les contributions du gaz naturel et de l'énergie nucléaire. La figure 8 montre pourtant que cette substitution ne diminue pas automatiquement l'agent énergétique évincé en quantité, mais que le nouvel agent énergétique couvre l'accroissement de la consommation.

La part des agents énergétiques primaires indigènes, le bois, les forces hydrauliques et les déchets (plus le charbon indigène et la tourbe en périodes de crises), a généralement atteint 30% environ, mais s'est néanmoins réduite à 20% au cours de la dernière décennie. Ce n'est que durant les périodes de crise que des valeurs plus élevées ont pu être enregistrées: de l'ordre de 35% vers la fin de la Première Guerre mondiale et plus de 50% vers la fin de la Seconde. Ce ne fut pourtant pas seulement la conséquence de l'augmentation

Gesamter Einsatz von Primärenergieträgern und Bruttoenergieverbrauch
Agents énergétiques primaires appelés et consommation brute

Tabelle 11
Tableau 11

Jahr	Holz	Kohle	Abfälle	Erdöl	Gas	Wasserkraft	Kernbrennstoff	Gesamter Energieeinsatz	Elektrizität (Imp.-Exp.)	Total Bruttoverbrauch
Année	Bois	Charbon	Déchets	Pétrole	Gaz	Forces hydrauliques	Combustible nucléaire	Total agents énerg. appelés	Electricité (Imp.-exp.)	Consommation brute totale
	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ
1910	17 190	83 570		740		5 630		107 130	- 360	106 770
1915	14 930	96 070		500		10 130		121 630	- 1 010	120 620
1920	17 490	70 220		1 860		12 600		102 170	- 1 360	100 810
1925	19 930	79 590		4 480		18 000		122 000	- 2 350	119 650
1930	19 310	93 780		10 000		23 400		146 490	- 3 440	143 050
1935	19 830	89 210		16 350		26 180		151 570	- 5 090	146 480
1940	23 120	81 470		10 940		35 950		151 480	- 6 240	145 240
1945	32 920	47 010		1 260		42 850		124 040	- 2 370	121 670
1950	21 720	77 000		43 820		48 880		191 420	- 2 310	189 110
1955	18 120	84 990		79 920		68 840		251 870	- 4 050	247 820
1960	14 520	77 990		152 500		92 270		337 280	- 9 060	328 220
1965	16 830	53 400		320 060		111 590		501 880	- 8 180	493 700
1970	10 110	27 320		515 140	1 710	140 730	20 180	715 190	-21 690	693 500
1975	8 350	9 580		525 150	24 090	152 880	80 630	800 680	-35 010	765 670
1980	9 670	14 300	10 100	521 160	40 310	150 940	153 240	899 720	-29 450	870 270
1985	11 380	21 070	20 390	496 860	58 970	147 050	232 150	987 870	-31 310	956 560

Prozentuale Anteile der Primärenergieträger am gesamten Bruttoverbrauch
Agents énergétiques primaires en pour-cent de la consommation brute totale

Tabelle 12
Tableau 12

Jahr	Holz	Kohle	Abfälle	Erdöl	Gas	Wasserkraft	Kernbrennstoff	Gesamter Energieeinsatz	Elektrizität (Imp.-Exp.)	Total Bruttoverbrauch
Année	Bois	Charbon	Déchets	Pétrole	Gaz	Forces hydrauliques	Combustible nucléaire	Total agents énerg. appelés	Electricité (Imp.-exp.)	Consommation brute totale
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1910	16	78	0	1	0	5	0	100	0	100
1915	12	80	0	0	0	8	0	101	-1	100
1920	17	70	0	2	0	12	0	101	-1	100
1925	17	67	0	4	0	15	0	102	-2	100
1930	13	66	0	7	0	16	0	102	-2	100
1935	14	61	0	11	0	18	0	103	-3	100
1940	16	56	0	8	0	25	0	104	-4	100
1945	27	39	0	1	0	35	0	102	-2	100
1950	11	41	0	23	0	26	0	101	-1	100
1955	7	34	0	32	0	28	0	102	-2	100
1960	4	24	0	46	0	28	0	103	-3	100
1965	3	11	0	65	0	23	0	102	-2	100
1970	1	4	0	74	0	21	3	103	-3	100
1975	1	1	0	69	3	20	11	105	-5	100
1980	1	2	1	60	5	17	18	103	-3	100
1985	1	2	2	52	6	15	24	103	-3	100

veau, insbesondere im Vergleich zu später erreichten Werten.

In den Tabellen 13 und 14 sowie den Figuren 10 und 11 sind jeweils die absoluten und prozentualen Anteile der verschiedenen Energieträger am schweizerischen Endenergieverbrauch dargestellt. Viele der bei der Bruttoenergie gemachten Aussagen sind auch hier gültig. Die Verlangsamung des Wachstums nach 1973 ist bei der Endenergie we-

de la production indigène, mais avant tout le fait qu'elle est rapportée à une consommation primaire totale fortement réduite en comparaison des valeurs atteintes par la suite.

Les tableaux 13 et 14 et les figures 10 et 11 donnent les valeurs absolues et en pour-cent des parts des divers agents énergétiques à la consommation finale totale d'énergie de la Suisse. Beaucoup de remarques concernant l'énergie brute sont aussi valables ici. Le ralentissement de la croissance

Endenergieverbrauch
Consommation finale d'énergie

Tabelle 13
Tableau 13

Jahr	Holz	Kohle	Abfälle	Erdölbrennstoffe	Erdöltreibstoffe	Gas	Elektrizität	Fernwärme	Total Endverbrauch
Année	Bois	Charbon	Déchets	Combustibles pétroliers	Carburants	Gaz	Electricité	Chaleur à distance	Consommation finale totale
	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ
1910	17 190	76 310		240	500	2 470	3 530		100 240
1915	14 930	87 740		41	450	2 950	6 240		112 350
1920	17 490	64 140		370	1 490	2 220	7 630		93 340
1925	19 930	72 650		1 560	2 920	2 850	10 330		110 240
1930	19 310	84 870		3 310	6 690	3 850	12 830		130 860
1935	19 830	79 800		6 760	9 290	4 300	13 530		133 510
1940	23 120	70 500		4 800	5 760	4 710	19 630		128 520
1945	32 920	42 620		670	480	2 700	27 550		106 940
1950	21 720	67 690		23 670	19 070	4 190	31 780		168 120
1955	18 120	75 330		47 690	30 750	4 480	44 780		221 150
1960	14 520	68 080		95 300	55 310	4 580	57 210		295 000
1965	16 830	43 980		212 980	96 710	4 840	72 800		448 140
1970	10 110	24 440		316 510	138 060	7 360	90 310		586 790
1975	8 350	9 580		314 830	156 070	20 970	104 050		613 850
1980	9 670	13 630	3 700	309 480	178 820	33 740	126 910	7 920	683 870
1985	11 380	19 790	6 400	274 340	201 050	52 960	148 760	9 430	724 110

Prozentuale Anteile der Endenergeträger am Endenergieverbrauch
Agents énergétiques finals en pour-cent de la consommation finale

Tabelle 14
Tableau 14

Jahr	Holz	Kohle	Abfälle	Erdölbrennstoffe	Erdöltreibstoffe	Gas	Elektrizität	Fernwärme	Total Endverbrauch
Année	Bois	Charbon	Déchets	Combustibles pétroliers	Carburants	Gaz	Electricité	Chaleur à distance	Consommation finale totale
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1910	17	76	0	0	0	2	4	0	100
1915	13	78	0	0	0	3	6	0	100
1920	19	69	0	0	2	2	8	0	100
1925	18	66	0	1	3	3	9	0	100
1930	15	65	0	3	5	3	10	0	100
1935	15	60	0	5	7	3	10	0	100
1940	18	55	0	4	4	4	15	0	100
1945	31	40	0	1	0	3	26	0	100
1950	13	40	0	14	11	2	19	0	100
1955	8	34	0	22	14	2	20	0	100
1960	5	23	0	32	19	2	19	0	100
1965	4	10	0	48	22	1	16	0	100
1970	2	4	0	54	24	1	15	0	100
1975	1	2	0	51	25	3	17	0	100
1980	1	2	1	45	26	5	19	1	100
1985	2	3	1	38	28	7	21	1	100

sentlich stärker, was auf den tiefen Wirkungsgrad der in der Schweiz fast ausschliesslich mit Kernbrennstoff vorgenommenen thermischen Stromerzeugung zurückzuführen ist. Der Anteil des Gases erlebte nach einem Tiefpunkt in den 60er Jahren einen deutlichen Aufschwung. Bei der Elektrizität wuchs der Anteil mit unterschiedlicher Geschwindigkeit bis 1945, sank dann etwas bis 1973 und ist seither wieder ansteigend.

après 1973 est beaucoup plus prononcé pour la consommation finale, ce qui provient des bas rendements de la production thermique d'électricité presque exclusivement d'origine nucléaire. Après un point bas dans les années 60, la part du gaz a connu un essor marqué. La part de l'électricité a crû à des rythmes divers jusqu'en 1945 pour diminuer un peu jusqu'en 1973 et recommencer à augmenter depuis lors.

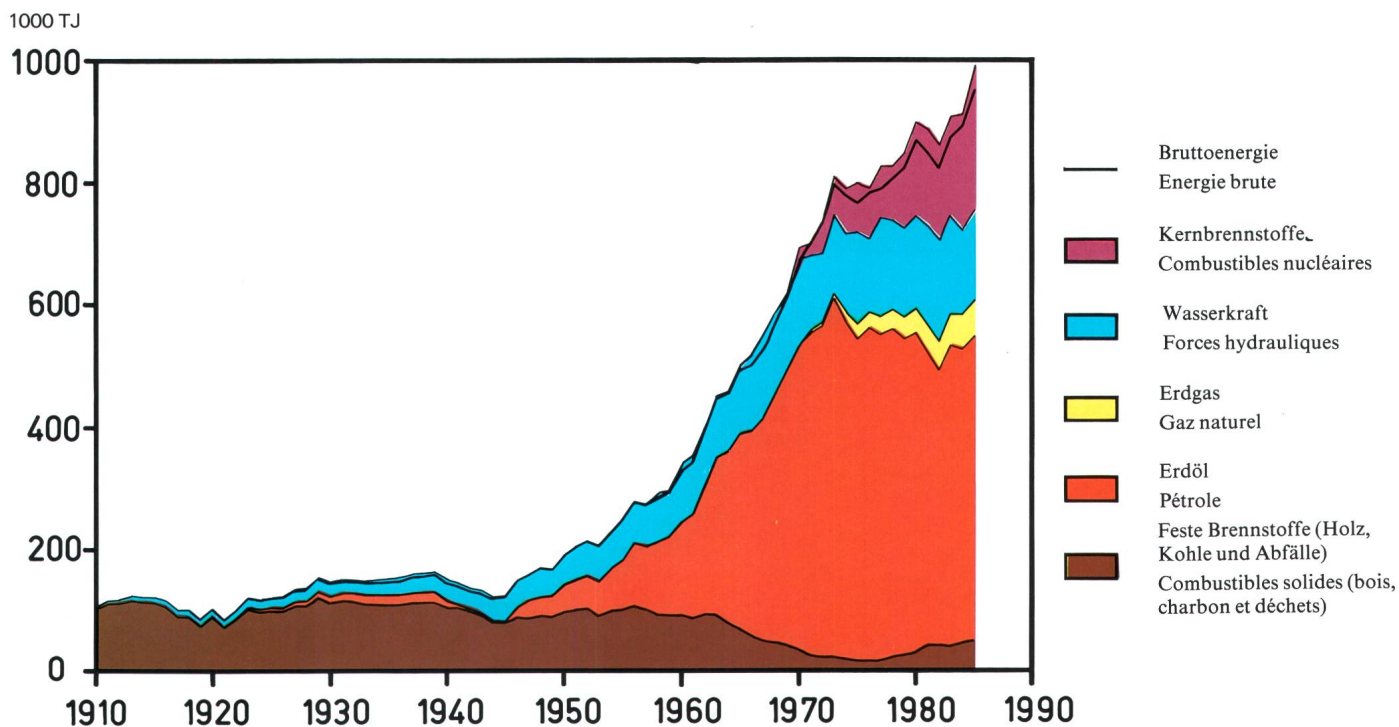


Fig. 8 Gesamter Energieeinsatz und Bruttoenergie
Energie appelée et énergie brute

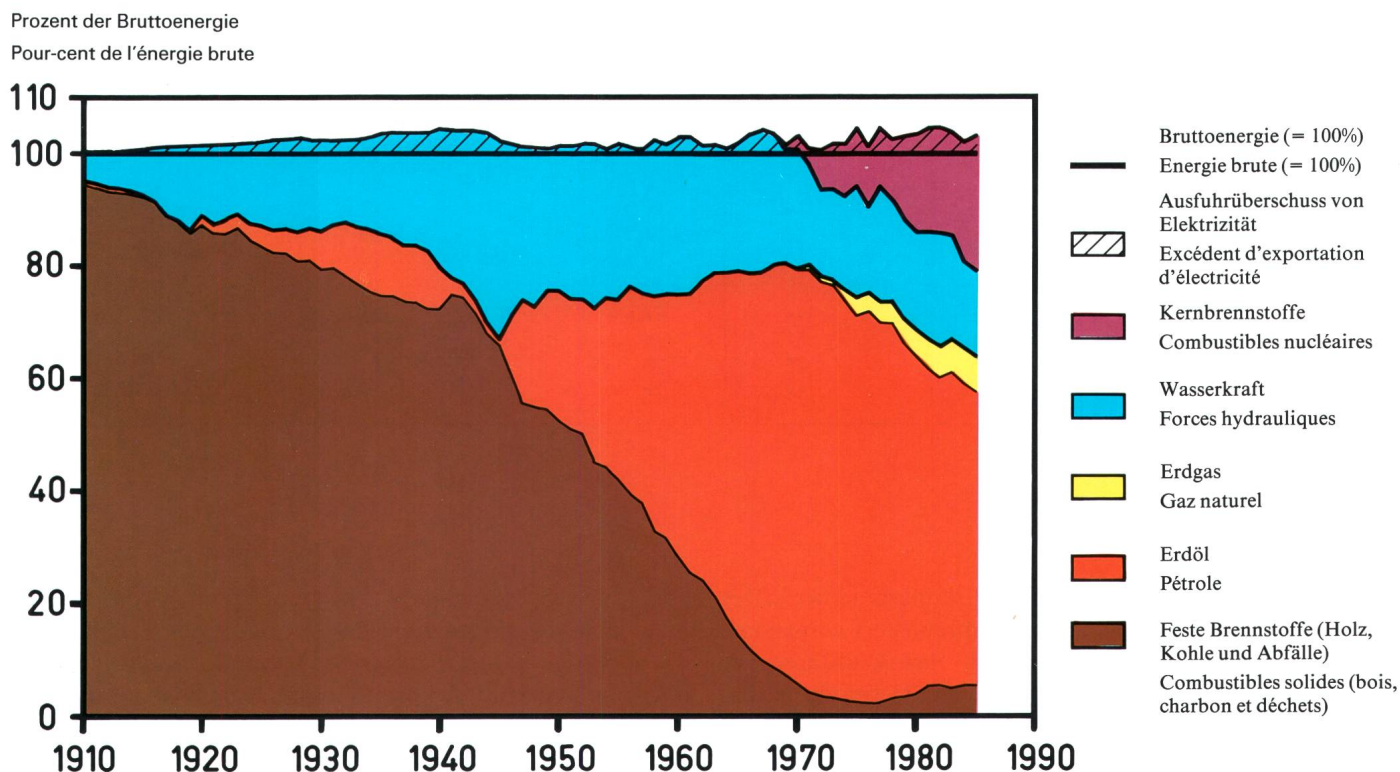


Fig. 9 Bruttoenergie: Anteile in Prozent inklusive Exportüberschuss von Elektrizität
Energie brute: Répartition en pour-cent y compris l'excédent d'exportation d'électricité

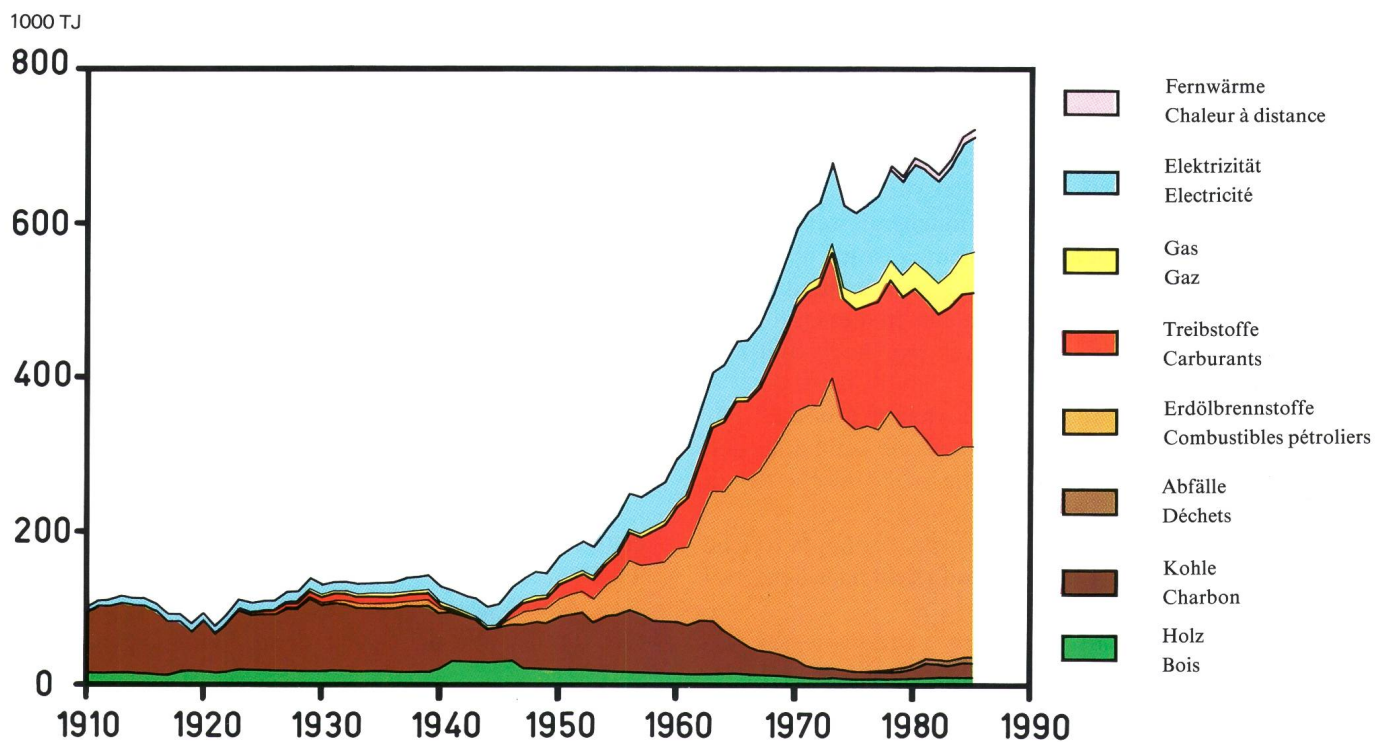


Fig. 10 Endenergie
Energie finale

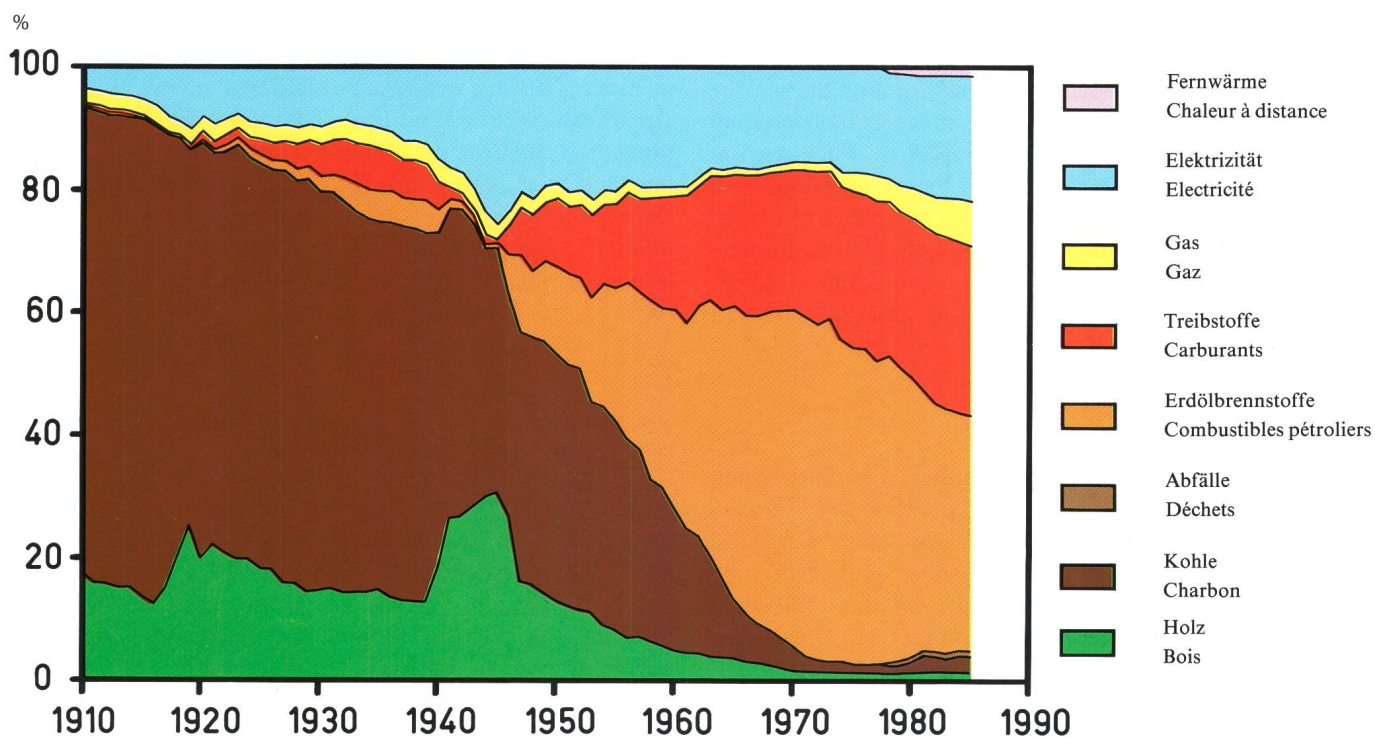


Fig. 11 Endenergie: Anteile in Prozent
Energie finale: Répartition en pour-cent

4. Aufteilung des Endverbrauchs und Umwandlung in Nutzenergie

4.1 Einleitung

Als eines der Resultate des Kapitels 3 ist nun bekannt, welche Mengen von jedem der auf Endenergiestufe benutzten Energieträger von den Konsumenten insgesamt benötigt wurden. Für die genauere Beurteilung bestimmter Vorgänge reicht dies aber meistens nicht aus. In diesem Kapitel soll deshalb eine verfeinerte Betrachtung nach drei Gesichtspunkten vorgenommen werden:

- Wozu wurde diese Endenergie überhaupt benötigt? Für eine sinnvolle Aufteilung der Endenergie kann man sich der Nutzenergieformen wie Wärme, mechanische Arbeit usw. bedienen.
- Wer, d. h. welche Verbrauchergruppe, benötigte welche Mengen von Endenergie, jeweils aufgeteilt nach den Energieträgern?
- Wieviel Nutzenergie in jeder Form wurde von den verschiedenen Verbrauchergruppen überhaupt benötigt?

Die Aufteilung der Endenergie nach dem letztendlichen Zweck ihres Einsatzes, nämlich der Dienstleistung wie Wärme, mechanische Arbeit usw. zugunsten des Verbrauchers, und die Ermittlung des Nutzenergiebedarfs führen zu einer differenzierten Betrachtungsweise der Vorgänge im Energiebereich. Es werden nicht mehr nur, ausgehend von den Primärenergieträgern, die Mechanismen der Versorgung betrachtet, sondern auch die Bedürfnisse, welche die Konsumenten decken wollen und können.

Durch die Ermittlung des Nutzenergiebedarfs werden Sparmöglichkeiten aufgezeigt und im statistischen Rückblick die durch den Energieeinsatz den Menschen gegebene Erleichterung ihrer Lebensführung sichtbar gemacht. Vom festgestellten Bedarf an den verschiedenen Nutzenergieformen her lässt sich die Frage angehen, mit welchen Endenergieträgern er sinnvoll gedeckt werden kann und auf welche Art die Endenergie in Nutzenergie umgewandelt werden soll. Bei der Auswahl des Energieträgers und der Art der Umwandlung spielen Faktoren wie Versorgungslage und -sicherheit, Bequemlichkeit, Umweltverträglichkeit und Preis pro hergestellte Einheit Nutzenergie eine Rolle. Die Statistik kann hier aufzeigen, welche technischen Möglichkeiten vorhanden waren und welche der zitierten Faktoren wesentliche Einflüsse hatten.

4.2 Aufteilung nach Anwendungsgebieten

Die Definition der Anwendungsgebiete, d. h. der Formen der Nutzenergie, ist eine Aufgabe, die sich kaum vollständig befriedigend lösen lässt. Je nach Problemstellung sind die Bedürfnisse verschieden, was zu einer möglichst feinen Einteilung führen würde, aus der man sich dann passende Informationen zusammenstellen könnte. Mit steigender Feinheit der Aufteilung wachsen aber auch der Aufwand für die Erhebung der Daten und die Anforderungen an ihre Genauigkeit. Die Feinheit der Aufteilung darf nicht Forderungen an die Datenerhebung stellen, die diese realistisch gesehen gar nicht erfüllen kann.

4. Ventilation de la consommation finale et conversion en énergie utile

4.1 Introduction

Le chapitre 3 donne déjà un renseignement, à savoir la quantité de chaque agent énergétique appelée dans l'ensemble par les consommateurs au niveau de l'énergie finale. Pourtant, ceci ne suffit en général pas pour juger en détail d'un quelconque approvisionnement. Ce chapitre a donc pour but une analyse plus poussée selon trois points de vue:

- Pour quel usage a-t-on consommé cette énergie finale? Une ventilation raisonnable de l'énergie utile peut partir des différentes formes d'énergie utile, chaleur, travail mécanique, etc.
- Qui, c'est-à-dire quel groupe de consommateurs a appelé cette énergie et combien avec répartition entre les divers agents énergétiques?
- Combien d'énergie utile est-elle demandée pour chaque type d'utilisation par chacun des groupes de consommateurs?

La ventilation de l'énergie finale selon l'usage effectif, soit le service demandé par le consommateur, la production de chaleur, de travail mécanique, etc. et la détermination des besoins en énergie utile font appréhender l'économie énergétique de façon très différente. Elles n'illustrent plus les mécanismes de l'approvisionnement à partir des agents énergétiques primaires, mais révèlent les besoins que les consommateurs veulent et peuvent réellement couvrir.

La détermination des besoins en énergie utile fait apparaître les économies possibles et le recul donné par la statistique met en évidence les facilités que l'énergie a offertes à l'homme. Les besoins en énergie utile suivant les divers types d'utilisation permettent d'aborder la question de savoir avec quels agents énergétiques ils peuvent raisonnablement être couverts et de quelle manière l'énergie finale peut être transformée en énergie utile. Le choix de l'agent énergétique et la manière de le convertir sont dictés par des facteurs tels que la situation de l'approvisionnement, sa sécurité, le confort, l'impact sur l'environnement et le prix par unité d'énergie utile produite. La statistique reflète les solutions techniques qui ont été possibles et l'incidence que les facteurs cités ont eue.

4.2 Répartition par types d'utilisation

La définition des types d'utilisation, soit des formes d'énergie utile, est une tâche difficile à résoudre à la satisfaction de tous. Les besoins diffèrent suivant le problème posé. Pour bien faire, il faudrait procéder à une ventilation aussi détaillée que possible pour pouvoir en regrouper les informations désirées. Mais le détail de la désagrégation augmente aussi le coût de la récolte des données et les exigences quant à leur précision. Ce désir de détail est en outre limité par les contraintes de la saisie des données et ne devrait en aucun cas déboucher dans l'impossible.

In dieser Zusammenstellung soll die vom SNK-WEK Anfang der 50er Jahre [3] begonnene und bis heute in der Gesamtenergiestatistik weitergeführte Systematik benutzt werden. Darin unterscheidet man die Anwendungsgebiete Wärme, mechanische Arbeit, chemisch gebundene Energie und Licht.

Zum Anwendungsgebiet *Wärme* wird die Endenergie eingeteilt, die für die Raumheizung und Warmwasseraufbereitung bei allen Verbrauchern, Wärme- und Dampferzeugung bei Fabrikationsprozessen in Industrie und Gewerbe sowie die verschiedensten Wärmeanwendungen im Haushalt benötigt wird.

Zur *mechanischen Arbeit* gehört der Endenergieverbrauch sowohl von ortsfesten wie auch fahrbaren Motoren, insbesondere von Schienen- und Strassenfahrzeugen, Schiffen und Flugzeugen.

Der Endenergieeinsatz für chemische Reaktionsprozesse wie Elektrolyse, Reduktionsprozesse und bis 1975 auch petrochemische Verfahren, gehört zum Gebiet der *chemisch gebundenen Energie*.

Zum *Licht* gehört der Einsatz für Beleuchtung, Fernmeldetechnik und Informatik.

Für den betrachteten Zeitraum ist diese Aufteilung durchaus zweckmässig. Verschiedene für die zukünftige Entwicklung wesentliche Gesichtspunkte, wie etwa die Nutzung von Sonnenenergie, Umgebungs- oder Abwärme zur Deckung jenes Teils des Wärmebedarfs mit einem tiefen Temperaturniveau, der Energieeinsatz für die Kühlung oder gar jener für die Informatik, spielten nur eine geringe Rolle. Dagegen war der Aufwand für die chemisch gebundene Energie, der heute relativ klein ist, über längere Zeit beträchtlich.

Bei einigen Energieträgern war die Einordnung zu einem bestimmten Anwendungsgebiet recht einfach vorzunehmen. Der Einsatz für andere Zwecke in Mangellagen war meistens trotz allen Anstrengungen sehr klein. Bei andern Energieträgern ist eine Zuordnung nur im Anschluss an eine Aufteilung nach Verbrauchergruppen möglich, und selbst innerhalb dieser Verbrauchergruppen müssen z. B. bei der Elektrizität noch Annahmen über den Verwendungszweck gemacht werden.

Die Aufteilung des Endenergieverbrauchs auf die vier Anwendungsgebiete ist in Tabelle 15 in Fünf-Jahres-Schritten gegeben und in Figur 12 dargestellt.

Der Endverbrauch von Holz kann über den ganzen Zeitabschnitt vollständig der Wärme zugeordnet werden. Selbst in Notzeiten reichte das für mechanische Arbeit eingesetzte Holz nur zur Deckung von sehr kleinen Teilen des Bedarfs; aus Unterlagen des SNK-WEK kann man für das Ende des Zweiten Weltkriegs mit einem Anteil von rund 2 bis 3% rechnen.

Bei der Kohle wurden die Mengen für chemisch gebundene und für mechanische Energie von der gesamten Endenergiemenge abgezogen und der Rest der Wärme zugeteilt. Der Anteil der Bahnen am gesamten Kohleverbrauch betrug 1919 rund 25%, nahm dann mit der Elektrifizierung aber sehr rasch ab und erreichte 1930 nur noch rund 10% und 1950 noch 4%.

Dans la présente publication, on se référera à la systématique adoptée par le CNS-CME au début des années 50 [3] et conservée jusqu'ici pour la statistique globale de l'énergie. On distingue les types d'utilisation, chaleur, travail mécanique, énergie de réaction chimique et lumière.

Le type d'utilisation *chaleur* couvre l'énergie utile appelée par tous les consommateurs pour le chauffage des locaux et la préparation de l'eau chaude, par l'industrie et l'artisanat pour la production de chaleur et de vapeur dans les processus de fabrication, ainsi que par les ménages pour les usages les plus divers.

Le *travail mécanique* représente la consommation finale des moteurs fixes et mobiles, des véhicules ferroviaires et routiers, des bateaux et des avions.

La consommation finale pour les processus chimiques tels que l'électrolyse, les réductions et, jusqu'en 1975, la pétrochimie est désignée par *énergie de réaction chimique*.

La *lumière* englobe l'éclairage, les télécommunications et l'informatique.

Pour la période considérée, cette ventilation est parfaitement justifiée. Divers facteurs importants pour l'évolution future, tels que le recours à l'énergie solaire, l'utilisation de la chaleur de l'environnement ou de rejet pour couvrir les besoins en chaleur à basse température, la consommation d'énergie pour la réfrigération et même pour l'informatique, n'ont joué qu'un rôle secondaire. Par contre, l'énergie de réaction chimique, qui est aujourd'hui relativement faible, a eu une grande importance pendant longtemps.

Pour certains agents énergétiques, la ventilation suivant le type d'utilisation est aisée. Malgré tous les efforts entrepris en périodes de crise, les applications à d'autres fins sont généralement restées très modestes. Pour d'autres agents énergétiques, on ne peut procéder à la ventilation qu'après désagrégation en groupes de consommateurs et, même dans ceux-ci, il faut, comme pour l'électricité, encore faire des hypothèses sur la ventilation en types d'utilisation.

Le tableau 15 donne la ventilation de la consommation finale suivant les quatre types d'utilisation de cinq ans en cinq ans et la figure 12 l'illustre.

Pour toute la période, la consommation finale de bois peut être entièrement attribuée à la chaleur. Même en périodes de crise, le bois utilisé pour la production de travail mécanique n'a couvert qu'une très faible part des besoins. Les documents à disposition du CNS-CME ne donnent que 2 à 3% environ vers la fin de la Seconde Guerre mondiale.

Pour le charbon, on a déduit de la consommation finale totale les quantités destinées à la production d'énergie de réaction chimique et de travail mécanique et ventilé le solde sous chaleur. En 1919, le charbon brûlé par les chemins de fer a représenté 25% de la consommation totale et a ensuite très vite diminué du fait de l'électrification. En 1930, il était tombé à 10% et en 1950 à 4% seulement.

*Verteilung der Endenergie auf die Anwendungsgebiete
Répartition de la consommation finale d'après les types d'utilisation*

Jahr	Erdölbrennstoffe			Treibstoffe			Elektrizität			Gas			Kohle			Holz			Fernwärme			Industrieabfälle			Total Endverbrauch pro Anwendungsgebiet					
	Wärme	Chemie	Total	Mech. Arb.	Wärme	Chemie	Licht	Total	Wärme	Chemie	Total	Wärme	Mech. Arb.	Total	Wärme	Chemie	Total	Wärme	Chemie	Total	Wärme	Mech. Arb.	Chemie	Wärme	Mech. Arb.	Chemie	Licht	Total		
Année	Combustibles pétroliers			Carburants			Électricité			Gaz			Charbon			Bois			Chaleur à distance			Consommation finale totale par type d'utilisation								
	Chaleur	Chimie	Total	Travail mécan.	Chaleur	Chimie	Eclairage	Total	Chaleur	Chimie	Total	Chaleur	Travail mécan.	Total	Chaleur	Chimie	Total	Chaleur	Chimie	Total	Chaleur	Travail mécan.	Chimie	Chaleur	Travail mécan.	Chimie	Eclairage	Total		
	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ		
1910	240		240	500	230	1 320	320	3 530	2 470	55 520	780	76 310	17 190	20 010	780	76 310	17 190													
1915	41		41	450	390	2 520	630	6 240	2 950	67 010	1 040	87 740	14 930	19 690	1 040	87 740	14 930													
1920	370		370	1 490	1 140	2 460	940	7 630	2 220	45 770	1 080	64 140	17 490	17 290	1 080	64 140	17 490													
1925	1 560		1 560	2 920	2 010	2 840	1 050	10 320	2 850	57 640	800	72 650	19 930	14 210	800	72 650	19 930													
1930	3 310		3 310	6 690	3 430	2 740	1 140	12 840	3 850	74 670	940	84 870	19 310	9 260	940	84 870	19 310													
1935	6 760		6 760	9 290	4 600	2 100	1 230	13 540	4 300	73 590	820	79 800	19 830	5 390	820	79 800	19 830													
1940	4 800		4 800	5 760	7 080	4 200	1 300	19 630	4 710	63 630	5 710	70 500	23 120	5 710	5 710	70 500	23 120													
1945	670		670	480	14 870	8 270	2 790	27 550	2 700	37 960	2 900	42 620	32 920	2 900	2 900	42 620	32 920													
1950	23 670		23 670	19 070	13 880	11 160	4 550	31 780	4 190	62 650	2 930	67 690	21 720	2 930	2 110	67 690	21 720													
1955	47 690		47 690	30 750	20 030	15 270	6 320	44 780	4 480	70 440	2 520	75 330	18 120	2 520	2 370	75 330	18 120													
1960	95 300		95 300	55 310	25 460	20 120	7 390	57 210	4 580	63 930	1 460	68 090	14 520	1 460	2 700	68 090	14 520													
1965	212 190		212 980	96 710	31 220	26 670	9 300	72 800	4 840	41 060	120	43 980	16 830	120	2 800	43 980	16 830													
1970	312 480		316 510	138 060	38 590	34 070	10 500	90 310	7 360	23 100	1 340	24 440	10 110	1 340	1 340	24 440	10 110													
1975	310 350		314 830	156 070	48 970	37 000	9 210	104 050	20 970	7 940	1 640	9 580	8 350	1 640	1 640	9 580	8 350													
1980	309 480		309 480	178 820	61 110	44 380	10 150	126 910	33 740	11 800	1 830	13 630	9 670	1 830	1 830	13 630	9 670													
1985	274 340		274 340	201 050	73 560	55 190	6 200	148 760	52 960	19 350	440	19 790	11 380	440	440	19 790	11 380													

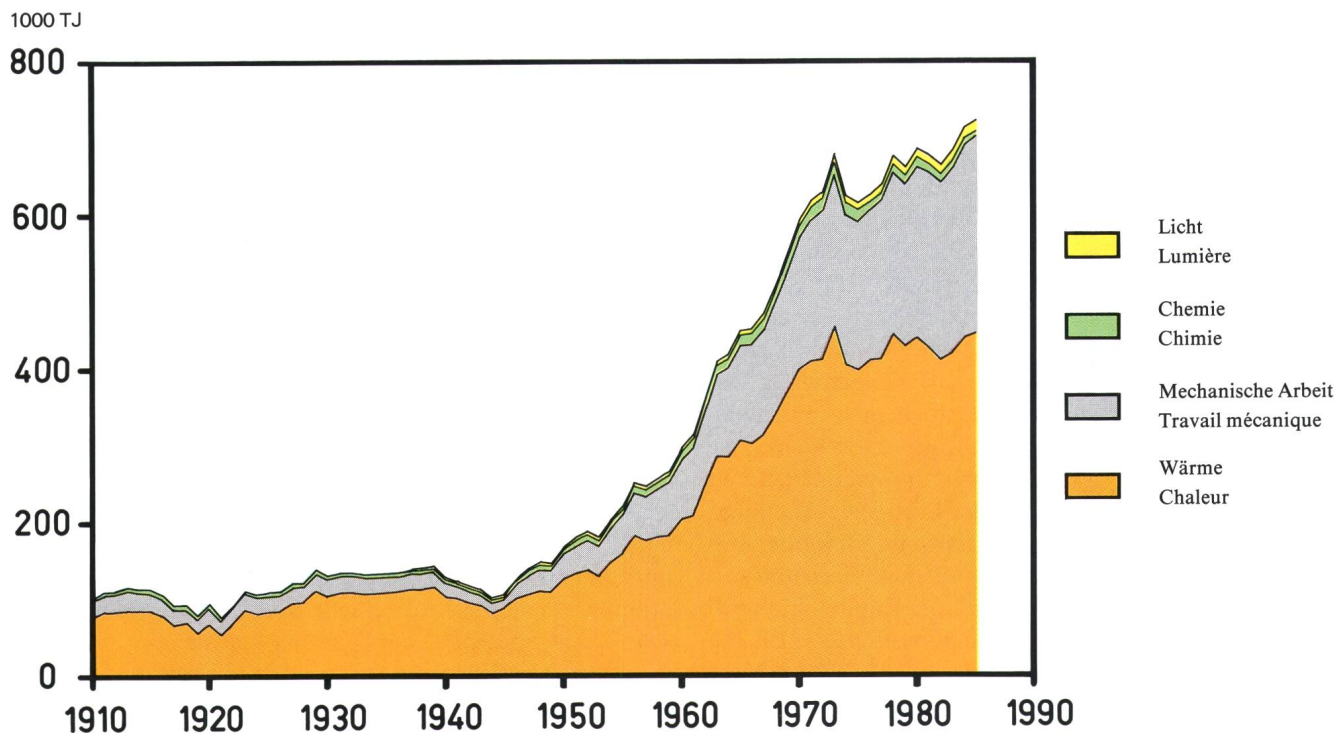


Fig. 12 Endenergie: Aufteilung auf die Anwendungsgebiete
Energie finale: Ventilation par types d'utilisation

Bei den Erdölprodukten ergibt sich die Zuteilung entweder zur Wärme oder zur mechanischen Arbeit aus den verschiedenen Produkten, die schon bei der Endenergie in Brenn- und Treibstoffen aufgeteilt worden sind. Die geringen Mengen des Verbrauchs für chemisch gebundene Energie wurden von den Brennstoffen abgezogen.

Der Endverbrauch von Gas, Industrieabfällen und Fernwärme lässt sich vollständig der Nutzenergieform Wärme zuordnen.

Die grössten Probleme bei der Aufteilung der Endenergie ergeben sich bei der Elektrizität, da diese grundsätzlich in allen vier Anwendungsgebieten eingesetzt werden kann. Bis zum Jahr 1959 wurde eine Aufteilung vorgenommen, die auf internen Unterlagen des SNK-WEK basiert. In diesen Unterlagen wurde der Stromverbrauch für verschiedenste Apparatetypen und Verbraucher, die allerdings mit den nachfolgenden Verbrauchergruppen noch nicht genau übereinstimmen, geschätzt. Ab 1960 erfolgte zuerst eine Aufteilung des Elektrizitätsverbrauchs nach Verbrauchergruppen, innerhalb dieser Gruppen wurden dann die Anteile der verschiedenen Anwendungsgebiete separat geschätzt. Auffallend ist der Anteil des Verbrauchs für chemisch gebundene Energie in der ersten Hälfte des Jahrhunderts. Der schon bald recht hohe Anteil der Wärme kam durch abschaltbare Stromlieferungen für die Warmwasser- und Dampferzeugung vor allem in der Industrie, die sogenannte Kesselenergie, zustande. Diese Lieferungen, die fast ausschliesslich im Sommer stattfanden, erreichten zur Zeit ihres Höhepunktes in den Jahren 1945 und 1946 gegen 20% des jährlichen Stromverbrauchs.

Pour les produits pétroliers, la ventilation en chaleur et travail mécanique résulte des différences de qualité apparaissant déjà dans les récapitulations de l'énergie finale en combustibles et carburants. Les petites quantités consommées pour la production d'énergie de réaction chimique ont été déduites des combustibles.

La consommation finale de gaz, de déchets industriels et de chaleur à distance sert uniquement à produire de la chaleur.

L'électricité pose les plus grands problèmes de désagrégation de l'énergie finale car, en principe, elle peut être consommée pour les quatre types d'utilisation. Jusqu'en 1959, la ventilation se fonde sur des documents du CNS-CME permettant d'estimer la consommation des nombreux types d'appareils et de diverses catégories d'abonnés qui ne correspondent pourtant pas exactement avec les groupes de consommateurs définis par la suite. A partir de 1960, on a désagrégé la consommation d'électricité d'après les groupes de consommateurs et estimé à l'intérieur de ces groupes la ventilation suivant les types d'utilisation. La consommation d'énergie de réaction chimique dans la première moitié du siècle est particulièrement frappante. La part relativement importante de la chaleur provient des livraisons interruptibles d'électricité pour la préparation de l'eau chaude et la production de vapeur essentiellement dans les industries équipées de chaudières électriques. Ces livraisons qui eurent lieu avant tout en été ont culminé dans les années 1945 et 1946 aux environs de 20% de la consommation annuelle de courant.

4.3 Aufteilung nach Verbrauchergruppen

Die vollständige Aufteilung des Endenergieverbrauchs auf die verschiedenen Verbrauchergruppen wurde im Jahre 1976 erstmals vorgenommen. Sie kann deshalb erst für die neueste Zeit als gesichert gelten, anfänglich waren noch nicht alle notwendigen Unterlagen vorhanden, und rückwirkend erstellte Statistiken weisen naturgemäß eine kleinere Genauigkeit auf. Das in bezug auf die Systematik in Kapitel 4.2 Gesagte gilt auch hier; durch die relative Neuheit dieser Aufteilung ist sie auch noch etwas in Bewegung.

Die ersten Aufteilungen des Verbrauches von Energieträgern nach Verbrauchern finden sich bei der Elektrizität, wo bis 1930 allerdings nur zwischen Elektrochemie, -metallurgie und -thermie, Bahnen und allen übrigen Anwendern unterschieden wurde [20]. In der Statistik des heutigen BEW wurde dann ab 1930 erstmals eine der heutigen Aufteilung recht ähnliche Systematik mit Haushalt und Gewerbe, Industrie, den oben erwähnten industriellen Elektrizitätsanwendungen, Elektrokesseln (Definition s. Kapitel 4.2) und Bahnen verwendet. Für die erste Arbeit des SNK-WEK [3] wurden verschiedene Energieträger seit 1910 auf Verbrauchergruppen aufgeteilt, um die Bestimmung der Nutzenergie vornehmen zu können. Bei der Kohle z. B. wurde der Einsatz bei den Bahnen, der allgemeinen und chemisch-metallurgischen Industrie sowie Haushalt und Gewerbe unterschieden.

Bei der vertieften Auseinandersetzung mit Energieproblemen ergab sich Mitte der 70er Jahre sehr rasch der Bedarf nach einem vollständigen Überblick über den Energieverbrauch von Verbrauchergruppen. Diese Schätzungen, durchgeführt vom BEW, gestützt auf Daten des EKV [14] und des SNK-WEK, erschienen erstmals in der Gesamtenergiestatistik 1976. Dabei wurden rückwirkend Aufteilungen der verschiedenen Energieträger bis zum Jahre 1960 und für 1950 vorgenommen. Man unterschied drei Verbraucherkategorien, nämlich «Haushalt, Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistungen», «Industrie» und «Verkehr». Ab 1978 wurde dann der Verbrauch der «Haushalte» von jenem von «Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistungen» separiert.

Die Aufteilung auf die Verbrauchergruppen dürfte sich mit der Zeit noch weiter verbessern. Seit 1984 wurde beispielsweise begonnen, den Endverbrauch von Elektrizität in der Elektrizitätsstatistik auch in die Kategorien «Haushalt», «Land- und Forstwirtschaft» (primärer Sektor), «Industrie und verarbeitendes Gewerbe» (sekundärer Sektor) und im tertiären Sektor in «Dienstleistungen» und «Verkehr» zu unterteilen. Durch die Abstützung dieser Gruppenbildung auf der «Systematik der Wirtschaftszweige» des Bundesamtes für Statistik [23] sollten die Abgrenzungsprobleme reduziert werden können.

Je nach Energieträger ist die Aufteilung des Verbrauchs auf die Verbrauchergruppen mit mehr oder weniger Schwierigkeiten verbunden. Bei den leitungsgebundenen Energieträgern, wie Elektrizität, Gas oder Fernwärme, kann man auf den Angaben der Endverteiler basieren, wobei diese meist nicht von energiestatistischen Gesichtspunkten, sondern von der Tarifstruktur bestimmt werden. So unterscheiden viele Gasversorgungen nur zwischen Heizgasbezüglern

4.3 Répartition par groupes de consommateurs

La ventilation complète de la consommation finale par groupes de consommateurs a été faite pour la première fois en 1976. Elle ne revêt donc une certaine précision que pour ces dernières années car on ne disposait, au début, pas encore de toutes les bases nécessaires. De plus, des statistiques établies pour des années antérieures sont nécessairement plus aléatoires. Ce qui est dit au chapitre 4.2 sur la systématique est également valable ici; relativement nouvelle, cette répartition est encore sujette à modifications.

Les premières ventilations de la consommation d'agents énergétiques par groupes de consommateurs ont été faites pour l'électricité. A vrai dire, on n'a sorti jusqu'en 1930 que l'électrochimie, la métallurgie et la thermie, ainsi que les chemins de fer et laissé ensemble tous les autres consommateurs [20]. Dans la statistique du service fédéral devenu aujourd'hui OFEN, on a, depuis cette date, adopté une ventilation très semblable à l'actuelle avec les groupes ménages et artisanat, industrie, applications industrielles précitées, chaudières électriques (définition 4.2) et chemins de fer. Le premier travail du CNS-CME [3] a réparti plusieurs agents énergétiques en groupes de consommateurs à partir de 1910 pour calculer leurs besoins en énergie utile. Pour le charbon, on a par exemple donné séparément la consommation des chemins de fer, de l'industrie en général, de l'industrie chimique et métallurgique, ainsi que des ménages et de l'artisanat.

Vu l'intérêt croissant porté aux problèmes énergétiques, on a, au milieu des années 70, très vite senti la nécessité d'une ventilation complète de la consommation d'énergie par groupes de consommateurs. Ces estimations de l'OFEN à partir de données de l'UCE [14] et du CNS-CME ont été publiées pour la première fois dans la statistique globale de 1976 avec des répartitions en trois groupes de consommateurs, «ménages, artisanat, agriculture et services», «industrie» et «transports». Depuis 1978, on a séparé les «ménages» du sous-groupe «artisanat, agriculture et services».

La ventilation par groupes de consommateurs pourrait encore être améliorée avec le temps. Depuis 1984, la statistique de l'électricité a par exemple commencé à désagréger la consommation d'électricité dans les catégories «ménages», «agriculture, sylviculture» (secteur primaire), «industrie, arts et métiers» (secteur secondaire) ainsi que «services» et «transports» dans le secteur tertiaire. Comme cette ventilation s'appuie sur la «nomenclature générale des activités économiques» de l'Office fédéral de la statistique [23], les problèmes de limites devraient se trouver simplifiés.

Suivant l'agent énergétique, la répartition par groupes de consommateurs soulève des difficultés plus ou moins grandes. Pour les énergies de réseau, comme l'électricité, le gaz et la chaleur à distance, on peut s'appuyer sur les données des distributeurs, qui ne découlent toutefois en général pas de considérations de statistique énergétique, mais plutôt de leurs structures tarifaires. De nombreux fournisseurs de gaz ne font ainsi que la différence entre consommateurs de

(mit und ohne abschaltbare Verträge) sowie grossen und kleinen Prozessgasverbrauchern. Bei den Erdölprodukten werden die Treibstoffe – mit Ausnahme einer kleinen Menge für die Landwirtschaft – dem Verkehr zugeordnet. Bei den Brennstoffen ergeben sich grössere Unsicherheiten, weil die Industrie nebst dem Heizöl mittel und schwer auch noch Heizöl extra-leicht verbraucht.

An einigen Orten ist man somit bei der Aufteilung nach Verbrauchergruppen auf Schätzungen und Erhebungen angewiesen, allen voran auf jene des EKV, die eine Abtrennung des Industrieverbrauchs ermöglicht. Diese Erhebung erlaubt zudem eine Unterteilung des Industrieverbrauchs nach den einzelnen Zweigen. Generell stellt bei der Aufteilung die Gruppe «Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistung» die Restgrösse dar, in die alle Verbräuche eingeteilt werden, die sich sonst nicht zuordnen lassen. In neuester Zeit gibt es auch Bestrebungen, den Energieverbrauch im Dienstleistungsbereich im Rahmen des EKV besser zu erfassen.

In der vorliegenden Zusammenstellung wurden die Systematik und die Proportion der Aufteilung seit 1960 von der Gesamtenergiestatistik übernommen. Auf die Unterteilung der ersten Verbraucherkategorie in die Gruppe «Haus-halt» einerseits, «Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistungen» andererseits, wurde verzichtet, da hier keine vor 1978 zurückreichenden Schätzungen vorhanden waren. Die vollständigen Aufteilungen in Fünf-Jahres-Schritten seit 1960 sind in Tabelle 16 gegeben. Auffallend ist das relativ langsame Wachstum der Gruppe «Industrie» gegenüber «Haus-halt, Gewerbe, Landwirtschaft und Dienstleistungen» und vor allem gegenüber dem «Verkehr».

4.4 Umwandlung in Nutzenergie

Die Umwandlung von Endenergie in die vom Verbraucher gewünschten Energieformen Wärme, mechanische Arbeit, chemisch gebundene Energie und Licht geschieht in einer sehr grossen Anzahl von Verbrauchsapparaten, wie Öfen, Heizkesseln, Motoren, Einrichtungen der chemischen Industrie und Beleuchtungskörpern. Die Anzahl und Vielfalt der Apparate und die Komplexität der Prozesse haben sich im betrachteten Zeitraum sehr stark vergrössert.

Praktisch gesehen ist es leider nicht möglich, die Nutzenergiebedürfnisse bei den Verbrauchern statistisch auch nur annähernd zu erfassen. Die Ermittlung des Nutzenergieverbrauchs erfolgt deshalb aus dem Endverbrauch eines Anwendungsgebiets über den durchschnittlichen Wirkungsgrad der eingesetzten Apparate.

Die Wirkungsgrade beruhen auf Angaben von Herstellern und Untersuchungen über im Betrieb erzielte Werte der Apparate. Die im tatsächlichen Betrieb erzielten Werte liegen aus verschiedenen Gründen häufig sehr viel tiefer als die unter Laborbedingungen gemessenen. Insgesamt stand und steht auch heute noch nur eine recht kleine Menge von Angaben über Wirkungsgrade zur Verfügung, so dass die schliesslich gewählten Werte mit einer gewissen Unsicherheit behaftet sind.

Zur Schätzung des durchschnittlichen Wirkungsgrades in einem Anwendungsgebiet müssen auch noch die Anzahl

gaz de chauffage (avec contrats interruptibles ou non) et grands et petits consommateurs de gaz pour procédés. Dans les produits pétroliers, les carburants sont classés sous transports à l'exception d'une petite quantité destinée à l'agriculture. Les combustibles soulèvent de plus grandes incertitudes, car l'industrie consomme aussi du mazout à côté des fuels moyen et lourd.

Pour la ventilation par groupes de consommateurs, on est ainsi parfois amené à faire des estimations et des enquêtes, notamment celles de l'UCE qui permettent de déterminer la consommation industrielle. Elles donnent également une désagrégation suivant les diverses branches industrielles. Généralement, la consommation du groupe «artisanat, agriculture et services», qui comprend tous les usagers qui n'ont pas été classés dans une autre catégorie, est la valeur résiduelle de la répartition d'ensemble. Ces derniers temps, l'UCE s'efforce de mieux saisir la consommation du secteur des services.

La présente récapitulation reprend depuis 1960 la systématique et les proportions des répartitions de la statistique globale de l'énergie. On a cependant renoncé à scinder les sous-groupes «ménages» et «artisanat, agriculture et services», car il n'existe pas d'estimations avant 1978. Le tableau 16 donne les répartitions complètes de cinq ans en cinq ans depuis 1960. Le développement relativement lent du groupe «industrie» par rapport au groupe «ménages, artisanat, agriculture et services» est particulièrement frappant, encore plus par rapport à celui du groupe «transports».

4.4 Conversion en énergie utile

La conversion de l'énergie finale dans la forme demandée par le consommateur, soit en chaleur, travail mécanique, énergie de réaction chimique et lumière, s'effectue dans un grand nombre d'appareils et équipements consommateurs, tels que des fours, des chaudières, des moteurs, des installations de l'industrie chimique et d'éclairage. Le nombre et le choix des appareils, de même que la complexité des processus ont fortement crû au cours de la période considérée.

En pratique, il n'est malheureusement pas possible de saisir statistiquement, même approximativement, les besoins des consommateurs en énergie utile. La consommation d'énergie utile doit ainsi être déterminée à partir de la consommation finale d'un type d'utilisation et du rendement moyen de l'appareil de conversion.

Les rendements se fondent sur des données de fabricants et des enquêtes sur les valeurs enregistrées en exploitation. Les valeurs effectivement relevées sont, pour diverses raisons, fréquemment bien inférieures à celles qui sont mesurées en laboratoire. Dans l'ensemble, on n'a disposé et on ne dispose aujourd'hui encore que de peu de renseignements sur les rendements effectifs si bien que les valeurs retenues en définitive sont quelque peu sujettes à caution.

Pour estimer le rendement moyen d'un type d'utilisation, il faut également connaître le nombre et l'âge des princi-

*Aufteilung des Endverbrauches nach Verbrauchergruppen
Répartition de la consommation finale d'après les groupes de consommateurs*

Tabelle 16
Tableau 16

Jahr	Erdölbrennstoffe			Elektrizität			Gas			Kohle			Holz			Fernwärme			Industrieabfälle			Total			
	Haushalt, Gewerbe, Landwirt., Dienstl.	Industrie	Verkehr	Haushalt, Gewerbe, Landwirt., Dienstl.	Industrie	Verkehr	Haushalt, Gewerbe, Landwirt., Dienstl.	Industrie	Verkehr	Haushalt, Gewerbe, Landwirt., Dienstl.	Industrie	Verkehr	Haushalt, Gewerbe, Landwirt., Dienstl.	Industrie	Verkehr	Haushalt, Gewerbe, Landwirt., Dienstl.	Industrie	Verkehr	Haushalt, Gewerbe, Landwirt., Dienstl.	Industrie	Verkehr	Haushalt, Gewerbe, Landwirt., Dienstl.	Industrie	Verkehr	
Année	Combustibles pétroliers						Electricité			Gaz			Charbon			Bois			Chaleur à distance			Déchets industriels			
	Ménages, Art., Agr., Services	Industrie	Transports	Ménages, Art., Agr., Services	Industrie	Transports	Ménages, Art., Agr., Services	Industrie	Transports	Ménages, Art., Agr., Services	Industrie	Transports	Ménages, Art., Agr., Services	Industrie	Transports	Ménages, Art., Agr., Services	Industrie	Transports	Ménages, Art., Agr., Services	Industrie	Transports	Ménages, Art., Agr., Services	Industrie	Transports	
	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	
1960	61 370	33 930	1 800	27 090	24 760	5 360	4 580	39 750	26 880	1 460	14 520	6 880	27 950	26 880	1 460	14 520	6 880	27 950	26 880	1 460	14 520	6 880	27 950	26 880	1 460
1965	133 440	79 540	4 430	35 860	30 880	6 060	4 840	29 550	14 310	120	16 830	5 970	29 550	14 310	120	16 830	5 970	29 550	14 310	120	16 830	5 970	29 550	14 310	
1970	210 120	106 390	6 660	45 800	37 200	7 310	5 870	18 520	5 920	0	10 110	8 970	18 520	5 920	0	10 110	8 970	18 520	5 920	0	10 110	8 970	18 520	5 920	
1975	225 110	89 720	6 500	58 940	38 360	6 750	11 010	5 540	4 040	0	8 350	9 960	5 540	4 040	0	8 350	9 960	5 540	4 040	0	8 350	9 960	5 540	4 040	
1980	247 830	61 650	4 390	174 430	42 840	7 520	16 500	3 750	9 880	0	8 260	17 240	3 750	9 880	0	8 260	17 240	3 750	9 880	0	8 260	17 240	3 750	9 880	
1985	239 810	34 530	4 440	196 610	48 610	7 900	29 180	2 200	17 590	0	8 660	23 780	2 200	17 590	0	8 660	23 780	2 200	17 590	0	8 660	23 780	2 200	17 590	

*Nutzenergie und ihre Verteilung auf die Anwendungsgebiete
Energie utile et répartition d'après les types d'utilisation*

Tabelle 17
Tableau 17

Jahr	Erdölbrennstoffe			Elektrizität			Gas			Kohle			Holz			Fernwärme			Industrieabfälle			Total													
	Wärme	Chemie	Total	Wärme	Mech. Arb.	Chaleur	Wärme	Mech. Arb.	Total	Wärme	Chemie	Total	Wärme	Chemie	Total	Wärme	Chemie	Total	Wärme	Mech. Arb.	Chaleur	Wärme	Mech. Arb.	Chaleur	Wärme	Mech. Arb.	Chaleur	Wärme	Mech. Arb.	Chaleur	Wärme	Mech. Arb.	Chaleur	Wärme	Mech. Arb.
Année	Combustibles pétroliers						Electricité			Gaz			Charbon			Bois			Chaleur à distance			Déchets industriels			Total énergie utile par type d'utilisation										
	Chaleur	Chimie	Total	Chaleur	Travail mécan.	Chimie	Chaleur	Travail mécan.	Chimie	Chaleur	Travail mécan.	Chimie	Chaleur	Travail mécan.	Chimie	Chaleur	Travail mécan.	Chimie	Chaleur	Travail mécan.	Chimie	Chaleur	Travail mécan.	Chimie	Chaleur	Travail mécan.	Chimie	Chaleur	Travail mécan.	Chimie	Chaleur	Travail mécan.	Chimie	Chaleur	Travail mécan.
	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ
1910	140		140	71	140	970	2 460	1 240	27 950	1 400	430	29 780	6 880	2 800	22	2 460	1 240	27 950	1 400	430	29 780	6 880	2 800	22	2 460	1 240	27 950	1 400	430	29 780	6 880	2 800	22	2 460	
1915	25		25	64	260	1 810	4 190	1 480	33 580	1 380	570	35 530	5 970	3 520	43	4 190	1 480	33 580	1 380	570	35 530	5 970	3 520	43	4 190	1 480	33 580	1 380	570	35 530	5 970	3 520	43	4 190	
1920	240		240	240	820	1 740	5 010	1 220	24 800	1 040	590	26 430	7 870	3 660	72	5 010	1 220	24 800	1 040	590	26 430	7 870	3 660	72	5 010	1 220	24 800	1 040	590	26 430	7 870	3 660	72	5 010	
1925	1 010		1 010	470	1 520	2 350	7 350	1 570	31 300	850	440	32 590	8 970	4 720	83	7 350	1 570	31 300	850	440	32 590	8 970	4 720	83	7 350	1 570	31 300	850	440	32 590	8 970	4 720	83	7 350	
1930	2 320		2 320	1 210	2 630	4 150	9 210	2 310	43 620	460	520	44 600	9 660	5 820	100	9 210	2 310	43 620	460	520	44 600	9 660	5 820	100	9 210	2 310	43 620	460	520	44 600	9 660	5 820	100	9 210	
1935	4 730		4 730	1 730	3 750	4 310	9 990	2 580	42 530	270	450	43 250	9 920	6 310	110	9 990	2 580	42 530	270	450	43 250	9 920	6 310	110	9 990	2 580	42 530	270	450	43 250	9 920	6 310	110	9 990	
1940	3 360		3 360	1 240	5 970	3 780	15 330	2 830	37 910	290	640	38 840	11 560	6 980	130	15 330	2 830	37 910	290	640	38 840	11 560	6 980	130	15 330	2 830	37 910	290	640	38 840	11 560	6 980	130	15 330	
1945	470		470	95	12 450	6 420	21 420	1 620	21 750	150	970	22 870	16 460	52 750	160	21 420	1 620	21 750	150	970	22 870	16 460	52 750	160	21 420	1 620	21 750	150	970	22 870	16 460	52 750	160	21 420	
1950	16 570		16 570	4 150	10 880	8 700	23 800	2 510	37 190	150	1 160	38 500	10 860	78 010	220	23 800	2 510	37 190	150	1 160	38 500	10 860	78 010	13 000	96 390	220	23 800	2 510	37 190	150	1 160	38 500	10 860	96 390	
1955	33 380		33 380	6 810	15 650	11 980	33 510	2 690	41 730	130	1 300	43 160	9 060	102 510	310	33 510	2 690	41 730	130	1 300	43 160	9 060	102 510	18 920	128 610	310	33 510	2 690	41 730	130	1 300	43 160	9 060	128 610	
1960	66 920		66 920	11 820	19 050	15 610	41 510	2 950	39 400	70	1 490	40 960	7 970	136 290	410	41 510	2 950	39 400	70	1 490	40 960	7 970	136 290	27 500	172 130	410	41 510	2 950	39 400	70	1 490	40 960	7 970	172 130	
1965	147 310		147 310	21 550	23 430	21 150	53 420	3 180	23 810	10	1 540	25 360	8 590	206 320	550	53 420	3 180	23 810	10	1 540	25 360	8 590	206 320	42 710	260 010	550	53 420	3 180	23 810	10	1 540	25 360	8 590	260 010	
1970	224 590		224 590	29 850	28 790	26 980	65 920	4 870	13 210	740	740	13 950	5 050	276 510	710	65 920	4 870	13 210	740	740	13 950	5 050	276 510	56 830	347 250	710	65 920	4 870	13 210	740	740	13 950	5 050	347 250	
1975	213 670		213 670	33 950	37 320	30 010	76 640	14 010	4 520	910	5 430	4 180	4 840	273 700	900	76 640	14 010	4 520	910	5 430	4 180	4 840	273 700	63 960	351 240	900	76 640	14 010	4 520	910	5 430	4 180	351 240		
1980	216 770		216 770	38 940	46 070	35 720	92 040	22 600	7 290	1 010	8 300	4 840	7 520	308 090	1 130	92 040	22 600	7 290	1 010	8 300	4 840	7 520	308 090	74 660	394 010	1 130	92 040	22 600	7 290	1 010	8 300	4 840	394 010		
1985	191 210		191 210	44 580	55 380	44 620	107 020	35 480	12 360	240	12 600	5 700	8 960	314 270	240	107 020	35 480	12 360	240	12 600	5 700	8 960	314 270	89 200	410 730	240	107 020	35 480	12 360	240	12 600	5 700	8 960	410 730	

und das Alter der wichtigsten Apparatetypen bekannt sein. Diese lassen sich aus Verkaufsstatistiken der Herstellerverbände, Volkszählungen usw. annäherungsweise ermitteln. Verbesserungen bei den neuen Apparaten wirken sich nur langsam auf die statistisch massgebenden durchschnittlichen Wirkungsgrade aller in Gebrauch stehenden Apparate aus.

Die Nutzenergien wurden aus den auf die Anwendungsgebiete aufgeteilten Endenergiemengen bestimmt. Dabei wurden nach Anwendungsgebiet und ab 1960 auch nach Verbrauchergruppen differenzierte Wirkungsgrade verwendet. Die Werte schwanken teilweise von Jahr zu Jahr, da sie ihrerseits wieder aus einer Anzahl von Wirkungsgraden einzelner Apparate unter Berücksichtigung deren relativer Wichtigkeit aufgebaut sind.

In Tabelle 17 und Figur 13 ist der Nutzenergieverbrauch der Schweiz seit 1910 dargestellt. Die dem Verbraucher dienliche Energiemenge hat im betrachteten Zeitraum um mehr als das Zehnfache zugenommen. Der durchwegs grösste Teil der Nutzenergie bestand aus Wärme, ihr Anteil sank allerdings seit dem Beginn der Statistik, und auch ihre absolute Grösse ist im letzten Jahrzehnt nicht mehr gewachsen. Der Anteil an mechanischer Arbeit, welcher bis zum Zweiten Weltkrieg unter 10% lag, ist bis zum Ende sehr stark gestiegen. Die chemisch gebundene Energie hat an Bedeutung verloren. Der Aufwand für das Licht ist, verglichen mit dem gesamten Nutzenergieverbrauch, über die ganze Periode sehr klein.

Vergleicht man die erreichte Nutzenergie mit dem nach Anwendungsgebieten unterteilten Endenergieeinsatz, so fällt auf, dass bei der Erzeugung der mechanischen Energie

paux types d'appareils. On peut les obtenir approximativement des statistiques de vente des associations de fabricants, de recensements, etc. Les améliorations apportées aux nouveaux appareils n'agissent que lentement sur le rendement moyen de l'ensemble du parc des appareils en service, qui est déterminant pour la statistique.

L'énergie utile est calculée à partir de la ventilation de l'énergie finale par types d'utilisation. Pour ce faire, on a admis des rendements propres aux différents types d'utilisation et, depuis 1960, aux divers groupes de consommateurs. Les valeurs varient parfois d'une année à l'autre car elles sont elles-mêmes la résultante de plusieurs rendements d'appareils particuliers dont l'importance relative fluctue dans le parc.

Le tableau 17 et la figure 13 donnent la consommation d'énergie utile de la Suisse depuis 1910. Dans la période considérée, elle a plus que décuplé. La part la plus importante est toujours revenue à la chaleur; elle diminue cependant au cours du temps et n'a plus augmenté, en valeur absolue, durant la dernière décennie. La part du travail mécanique, qui ne dépassait pas 10% jusqu'à la Seconde Guerre mondiale, s'est ensuite fortement développée. L'énergie de réaction chimique a perdu en importance et, durant toute la période, la lumière est restée très faible par rapport à la consommation totale d'énergie utile.

Si l'on compare les besoins en énergie utile à la consommation finale d'énergie par type d'utilisation, on constate que la production de travail mécanique entraîne de très

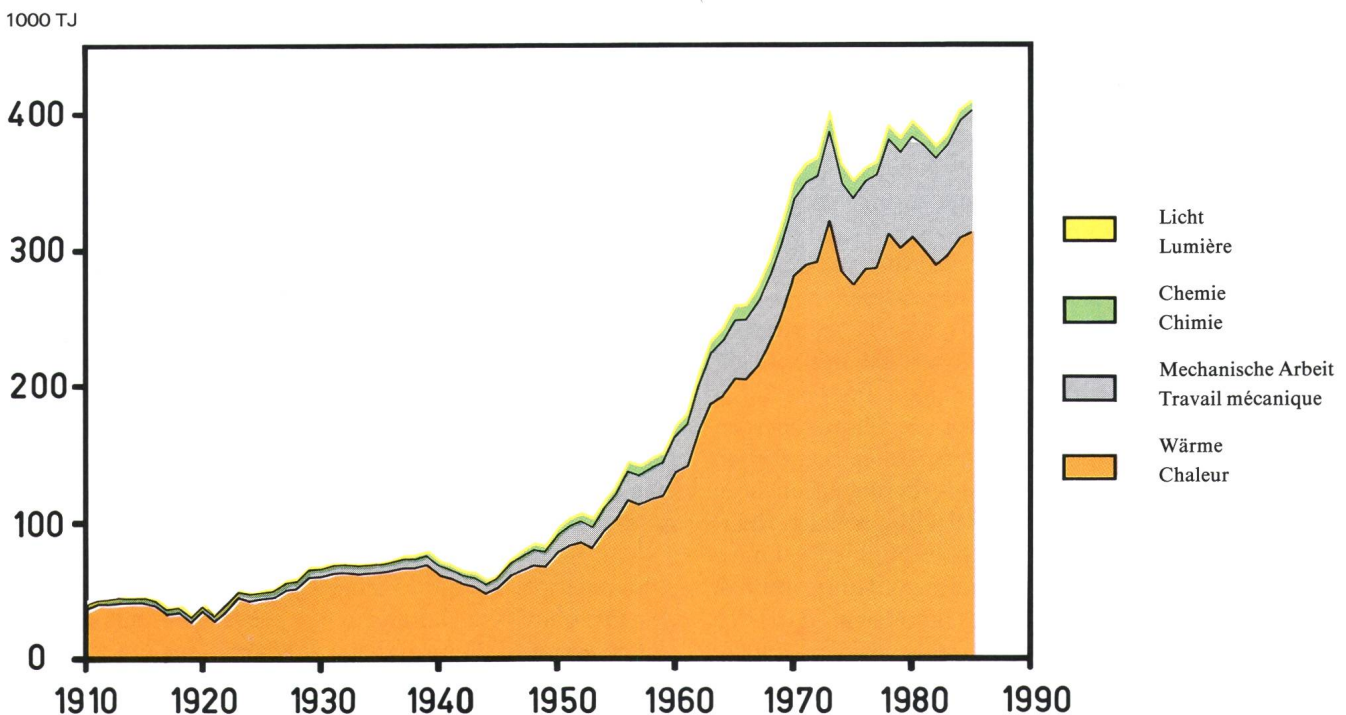


Fig. 13 Nutzenergie: Aufteilung auf die Anwendungsgebiete
Energie utile: Ventilation par types d'utilisation

sehr grosse Verluste auftreten. Diese stammen grösstenteils von den im Verkehr eingesetzten Treibstoffen, bei deren Umwandlung tatsächlich nur ein Wirkungsgrad in der Grössenordnung von 20% erreicht wird.

Die durch Sonnenenergieanlagen gelieferte Wärme ist in dieser Zusammenstellung nicht berücksichtigt. Sie wurde im Jahr 1980 auf 60 TJ und im Jahr 1985 auf 140 TJ geschätzt [5].

5. Schlussbetrachtung

Bei der Statistik über den Energieverbrauch der Schweiz zwischen 1910 und 1985 lassen sich einerseits die Zunahme des Energieverbrauchs insgesamt, andererseits die Anteile, die die einzelnen Energieträger und Anwendungsgebiete beanspruchten, unterscheiden.

Der gesamte Energieverbrauch ist in der ersten Hälfte des betrachteten Zeitabschnitts durch ein mässiges Wachstum gekennzeichnet, das von zwei ernstesten Versorgungskrisen unterbrochen wurde. In der zweiten Hälfte erfolgte dann eine enorme Zunahme des Energieverbrauchs, und zwar unabhängig davon, ob man die Brutto-, End- oder Nutzenergiestufe betrachtet. Erst im letzten Jahrzehnt verlief die Steigerung etwas weniger stürmisch. Bei allen Problemen, die mit dieser Zunahme verbunden sind, hat sie doch den Bewohnern unseres Landes auf vielen Gebieten Möglichkeiten eröffnet, an die man am Anfang des Jahrhunderts wohl kaum zu denken gewagt hätte.

Zweifellos haben alle Energieträger ihre ganz speziellen Vorteile, so etwa Holz und Wasserkraft mit ihrer dezentralen Erzeugung im eigenen Land, die Kohle mit den weltweit sehr grossen Vorräten oder die hier als Energieträger nicht vertieft behandelte Sonnenenergie mit der sehr hohen Umweltverträglichkeit. Jeder Energieträger hat aber auch Nachteile, die sich je nach den momentanen Gegebenheiten mehr oder weniger auswirken, so dass keiner von ihnen auf lange Zeit dominierend bleiben kann. Im betrachteten Zeitabschnitt haben sich beispielsweise die engen Reserven im eigenen Land beim Holz und der Wasserkraft oder die sich mengen- oder preismässig auswirkende Auslandsabhängigkeit bei Kohle und Öl als Beschränkung erwiesen.

Die Anforderungen an die Energieversorgung, nämlich dass sie ausreichend und sicher, wirtschaftlich und umweltgerecht sein soll, sind auch zehn Jahre nach ihrer Postulierung durch die Eidg. Kommission für die Gesamtenergiekonzeption weitgehend unbestritten. Unter gegebenen Randbedingungen könnten diese Anforderungen auch zu einer bestimmten Zusammensetzung der eingesetzten Energieträger führen. Ändern sich aber diese Randbedingungen wesentlich, so wäre eine andere Zusammensetzung optimal.

Ein Blick auf die vergangenen 75 Jahre zeigt, dass sich einige der Änderungen klar voraussehen liessen, andere aber völlig überraschend eintraten. Anpassungen brauchten dann jeweils sehr viel Zeit, kurzfristige Massnahmen hatten, wenn überhaupt, meist nur im Verhältnis zu einem rigoros eingeschränkten Gesamtverbrauch eine Bedeutung.

groses pertes. Celles-ci proviennent pour l'essentiel des carburants utilisés pour les transports, dont les rendements de conversion ne dépassent en fait guère 20%.

Cette récapitulation ne tient pas compte de la chaleur fournie par l'énergie solaire qui a été estimée à 60 TJ en 1980 et à 140 TJ en 1985 [5].

5. Considérations finales

La statistique de la consommation d'énergie de la Suisse entre 1910 et 1985 donne l'accroissement de la consommation, d'une part, et la désagrégation d'après les agents énergétiques et les types d'utilisation, d'autre part.

Durant la première moitié de la période considérée, la consommation totale a été marquée par un développement lent, interrompu par deux crises importantes dans l'approvisionnement. Au cours de la seconde moitié, l'évolution fut très rapide, que l'on considère l'énergie brute, l'énergie finale ou l'énergie utile. Ce n'est que pendant la dernière décennie que le développement fut un peu moins tempétueux. Malgré tous les problèmes liés à cet accroissement de la consommation, celui-ci a ouvert aux habitants de notre pays des possibilités dans de nombreux domaines, auxquelles ils n'auraient pu rêver au début du siècle.

Chaque agent énergétique a sans aucun doute ses avantages caractéristiques: le bois et les forces hydrauliques produits de façon décentralisée dans le pays, le charbon avec ses très grandes réserves dans le monde ou l'énergie solaire qui n'est pas prise particulièrement en compte ici avec sa grande compatibilité avec l'environnement. Chaque agent énergétique a cependant aussi des inconvénients avec des incidences plus ou moins marquées suivant les circonstances du moment si bien qu'aucun d'entre eux ne peut dominer la scène énergétique pendant longtemps. Durant la période considérée, les faibles réserves indigènes de bois et de forces hydrauliques se sont par exemple révélées comme des freins, de même que la dépendance de l'étranger pour le charbon et le pétrole, tant en quantité qu'en prix.

Vouloir un approvisionnement en énergie suffisant et sûr, économique et compatible avec l'environnement est une exigence généralement incontestée, même dix ans après que la Commission fédérale de la conception globale de l'énergie l'ait postulée. Dans certaines conditions, elle pourrait conduire à des répartitions déterminées entre les agents énergétiques appelés. Cependant, si les conditions aux limites variaient, la répartition optimale changerait.

La rétrospective des 75 années montre que certains changements pouvaient clairement être prévus mais que d'autres sont survenus à l'improviste. Les adaptations ont toutefois exigé beaucoup de temps; les mesures à court terme n'ont généralement eu une signification, lorsqu'elles en ont eu une, seulement en cas de restriction rigoureuse de la consommation globale.

Unter diesem Gesichtspunkt kann man schliessen, dass keine Verteufelung eines einzelnen, jeweils je nach Situation wechselnden Energieträgers stattfinden sollte. Vor allem in turbulenten Zeiten war man auf alle angewiesen, und das wird sich in Zukunft kaum ändern. Eine Energieversorgung, die sich nur auf ganz wenige oder gar einen einzelnen Energieträger abstützt, mag zwar kurzfristig wirtschaftlich und sogar umweltgerecht sein, ist dies aber vermutlich langfristig nicht und verletzt vor allem das Ziel der Sicherheit. Die Austauschbarkeit unter den Energieträgern sollte wo immer möglich gefordert werden, damit Anpassungen rasch stattfinden können. Ein möglichst kleiner Nutzenergiebedarf, das Sparen im engeren Sinne, und die rationelle Nutzung sind hier eine wesentliche Voraussetzung, denn damit werden auch die zur Bereitstellung eines alternativen Energieträgers notwendigen Investitionen tragbar. Die Verwendung von Energie, deren Vorhandensein sich nur im Rahmen der Schwankungen der Natur bewegen – Umgebungswärme und Sonnenenergie – kann auch wesentlich zur Stabilität der Energieversorgung beitragen. Notwendig ist hier oft die Nutzung des Arbeitsvermögens der trotz allem noch in erheblichen Mengen benötigten «konventionellen» Energieträger.

Mit der zunehmenden Vernetzung unserer Gesellschaft werden auch die Fragen im Zusammenhang mit der Energieversorgung unseres Landes immer komplexer. Ein sachliches Handeln des einzelnen, der Wirtschaft und des Staates muss sich aber jederzeit auf das Wissen abstützen können, welche Mengen von Energie von wem und zu welchem Zweck verbraucht werden. Dass hier noch Verbesserungen erforderlich sind, ist offensichtlich, auch wenn die Energiestatistik der Schweiz in den letzten Jahren beachtliche Fortschritte erzielt hat. Von allen Beteiligten sind deshalb in der nächsten Zeit grosse Anstrengungen nötig, damit diese unbedingt notwendigen Grundlagen bereitgestellt werden können.

De ce point de vue, on peut tout d'abord conclure qu'il ne faudrait pas dénigrer un agent énergétique ou l'autre suivant la situation. Essentiellement dans les périodes troublées, on a dû recourir à tous et l'avenir ne devrait rien y changer.

Une alimentation en énergie qui ne s'appuie que sur peu ou même que sur un agent énergétique pourrait à la rigueur être, à court terme, économique et même compatible avec l'environnement, mais ne le serait vraisemblablement pas à plus longue échéance et passerait avant tout à côté du but de la sécurité. La substitution entre les agents énergétiques devrait être encouragée dans toute la mesure du possible de façon à ce que l'on puisse rapidement s'adapter. Des besoins en énergie utile aussi faibles que possible, les économies dans leur sens propre et l'utilisation rationnelle sont une prémisse importante, car c'est ainsi que les investissements pour la mise à disposition d'une source d'énergie alternative seront supportables. Les applications de l'énergie, dont la disponibilité varie selon les lois de la nature (chaleur de l'environnement et énergie solaire), peuvent aussi contribuer notablement à la stabilité de l'approvisionnement en énergie. Il est cependant indispensable de continuer à recourir aux agents énergétiques «conventionnels» dont nous avons malgré tout besoin en grandes quantités.

Avec l'imbrication croissante de notre société, les questions relatives à l'approvisionnement de notre pays en énergie deviendront aussi de plus en plus complexes. Un comportement objectif de chacun, de l'économie et de l'Etat doit pourtant pouvoir permettre de connaître en tout temps les quantités d'énergie consommées par qui et dans quels buts. Il est clair qu'il est possible d'apporter encore des améliorations dans ce domaine même si la statistique suisse de l'énergie a accompli de notables progrès dans les dernières années. Tous les intéressés devront donc faire de gros efforts ces temps prochains de façon à ce que ces bases indispensables puissent être réunies.

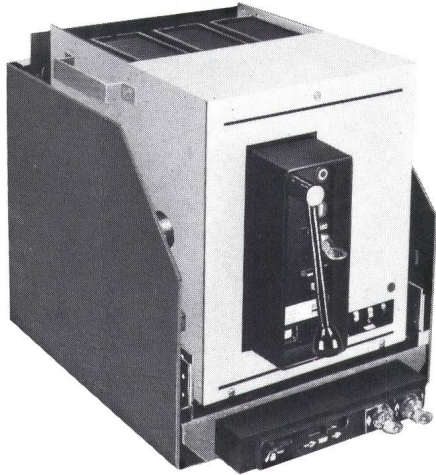
Literaturverzeichnis
Littérature

Nr.	Verfasser	Titel	Zeitschrift/Ort	Jahr	Nr./Seite
Réf.	Auteur	Titre	Publication/lieu	Année	No ou page
[1]	Welt-Energie-Konferenz Conférence mondiale de l'énergie	Energieterminologie, mehrsprachiges Wörterbuch, 2. Auflage Terminologie de l'énergie, dictionnaire multilingue, 2e édition	London Londres	1986 1986	
[2]	SNK-WEK (P. Schläpfer, H. Derendinger, E. Steiner) CNS-CME (P. Schläpfer, H. Derendinger, E. Steiner)	Die energiewirtschaftliche Bedeutung von Brennstoffimport und Brennstoffproduktion in der Schweiz Importation et production de combustibles en Suisse, leur importance dans l'économie de l'énergie	Wasser- und Energiewirtschaft Bulletin technique de la Suisse Romande	1953 1954	12 9
[3]	SNK-WEK (B. Bauer, H. Niesz, E. Steiner) CNS-CME (B. Bauer, H. Niesz, E. Steiner)	Übersicht über den gesamten Energieverbrauch im heutigen Zeitpunkt und Schätzung des künftig zu erwartenden gesamten Energiebedarfes Vue d'ensemble de la consommation d'énergie en Suisse à l'heure actuelle et estimation de la demande future	Wasser- und Energiewirtschaft Bulletin technique de la Suisse Romande	1954 1954	1 9

Nr.	Verfasser	Titel	Zeitschrift/Ort	Jahr	Nr./Seite
Réf.	Auteur	Titre	Publication/lieu	Année	No ou page
[4]	Bundesamt für Energiewirtschaft/SNK-WEK Office fédéral de l'énergie/CNS-CME	Schweizerische Gesamtenergiestatistik 1970-1975 Statistique globale suisse de l'énergie 1970-1975	Bulletin SEV/VSE Bulletin ASE/UCS	1976 1976	23 23
[5]	Bundesamt für Energiewirtschaft/SNK-WEK Office fédéral de l'énergie/CNS-CME	Schweizerische Gesamtenergiestatistik (ab 1976) Statistique globale suisse de l'énergie (depuis 1976)	Bulletin SEV/VSE Bulletin ASE/UCS	jährl. ca. Juni annuel env. juin	
[6]	H. Lienhard, R. Allemann	Die Entwicklung der schweizerischen Energiewirtschaft seit 1910. Teil I: Die Rohenergieaufkommen	Elektrizitätsverwer- tung	1967	6
[7]	Bundesamt für Energiewirtschaft	Die Entwicklung des Energieverbrauches der Schweiz im Zeitraum 1950-1965 und Vorschau auf die Jahre 1970 und 1975	Wasser- und Energiewirtschaft	1967	5
[8]	Bundesamt für Energiewirtschaft	Die Entwicklung des Energieverbrauches der Schweiz im Zeitraum 1950-1969 und Vorschau auf die Jahre 1975 und 1980	Wasser- und Energiewirtschaft	1971	7
[9]	Bundesamt für Energiewirtschaft Office fédéral de l'énergie	Die schweizerische Energiewirtschaft 1930-1980 Economie énergétique suisse 1930-1980	Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale Office central fédéral des imprimés et du matériel	1981 1981	
[10]	SNK-WEK, Komitee für Energiefragen CNS-CME, Comité de l'énergie	Standortbestimmung der schweizerischen Energiewirtschaft und daraus sich abzeichnende Entwicklungstendenzen Tour d'horizon de l'économie énergétique suisse et tendances de développement qui en découlent	Bulletin SEV/VSE Bulletin ASE/UCS	1969 1969	24 24
[11]	SNK-WEK, Komitee für Energiefragen CNS-CME, Comité de l'énergie	Der zukünftige Energiebedarf: eine Herausforderung Les besoins futurs en énergie: un défi	Bulletin SEV/VSE Bulletin ASE/UCS	1974 1974	19 23
[12]	Bundesamt für Forstwesen und Landschaftsschutz/ Bundesamt für Statistik Office fédéral des forêts et de la protection du paysage/Office fédéral de la statistique	Jahrbuch der schweizerischen Wald- und Holzwirtschaft, Forststatistik 1981, 19. Lieferung, 2. Heft Annuaire suisse de l'économie forestière et de l'industrie du bois, 19e livraison, 2e fascicule	Statistische Quellenwerke der Schweiz Statistiques de la Suisse	jährlich annuel	694 694
[13]	H. Zweifel	Der schweizerische Brennstoffmarkt 1939-1946	Dissertation Universität Bern	1948	
[14]	Schweizerischer Energie-Konsumenten-Verband von Industrie und Wirtschaft	Energieverbrauch in der schweizerischen Industrie	EKV	jährlich	
[15]	Erdöl-Vereinigung Union pétrolière	Geschäftsberichte (ab 1971) Rapports annuels (depuis 1971)	EV UP	jährlich annuel	
[16]	Verband der Schweizerischen Gasindustrie Association suisse de l'industrie gazière	Jahresberichte (ab 1969) Rapports annuels (depuis 1969)	VSG ASIG	jährlich annuel	
[17]	Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband	Führer durch die schweizerische Wasserwirtschaft, Ausgabe 1926	SWV	1926	12
[18]	World Power Conference	Statistical Yearbook of the World Power Conference 1933/34	Londres	1936	
[19]	Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband/ Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke Association suisse pour l'aménagement des eaux/Union des centrales suisses d'électricité	Führer durch die schweizerische Wasser- und Elektrizitätswirtschaft. Ausgabe 1949 Guide de l'économie hydraulique et de l'électricité de la Suisse. Edition 1949	SWV SWV	1949 1949	27 27
[20]	A. Härry	Entwicklung der schweizerischen Wasser- und Elektrizitätswirtschaft von Ende 1909 bis Ende 1934	SWV	1935	21
[21]	W. Wyssling	40 Jahre Entwicklung der schweiz. Elektrizitätswerke	Bulletin SEV/VSE	1928	S. 149
[22]	Bundesamt für Energiewirtschaft Office fédéral de l'énergie	Schweizerische Elektrizitätsstatistik Statistique suisse de l'électricité	Bulletin SEV/VSE Bulletin ASE/UCS	jährlich ca. April annuel env. avril	
[23]	Bundesamt für Statistik Office fédéral de la statistique	Allgemeine Systematik der Wirtschaftszweige Nomenclature générale des activités économiques	Bern Berne	1985 1985	



**Ne vous laissez pas
surprendre par vos concurrents...
... choisissez UNELEC avant eux.**



Disjoncteurs boîtiers moulés
100 à 1250 A

Disjoncteurs ouverts
800 à 6400 A

Nouveau:
calcul de distribution
basse tension
avec micro-computer

ALSTHOM Weingartenstrasse 7
(SUISSE) SA 8803 Rüschlikon
groupe ALSTHOM Tél. 01/724 00 66

Profitez de notre très grand potentiel.

Perfektstart 2000

• Sofortstart

- Vorschaltgerät mit elektronischem Starter
- Flackerschutz bei deaktivierter Lampe
- Zündbereich -30°C bis $+70^{\circ}\text{C}$
- Abmessungen wie aktuelles Perfektstart
- auch als Energiespargerät erhältlich



KNOBEL

Hinter gutem Licht steckt KNOBEL

F. Knobel Elektroapparatebau AG, CH-8755 Ennenda
☎ 058-631171, Telex 87 55 92

Ein Unternehmen der **WMH**-Walter Meier Holding AG

Senden Sie uns bitte Unterlagen über

Perfektstart 2000

Name _____

Firma _____

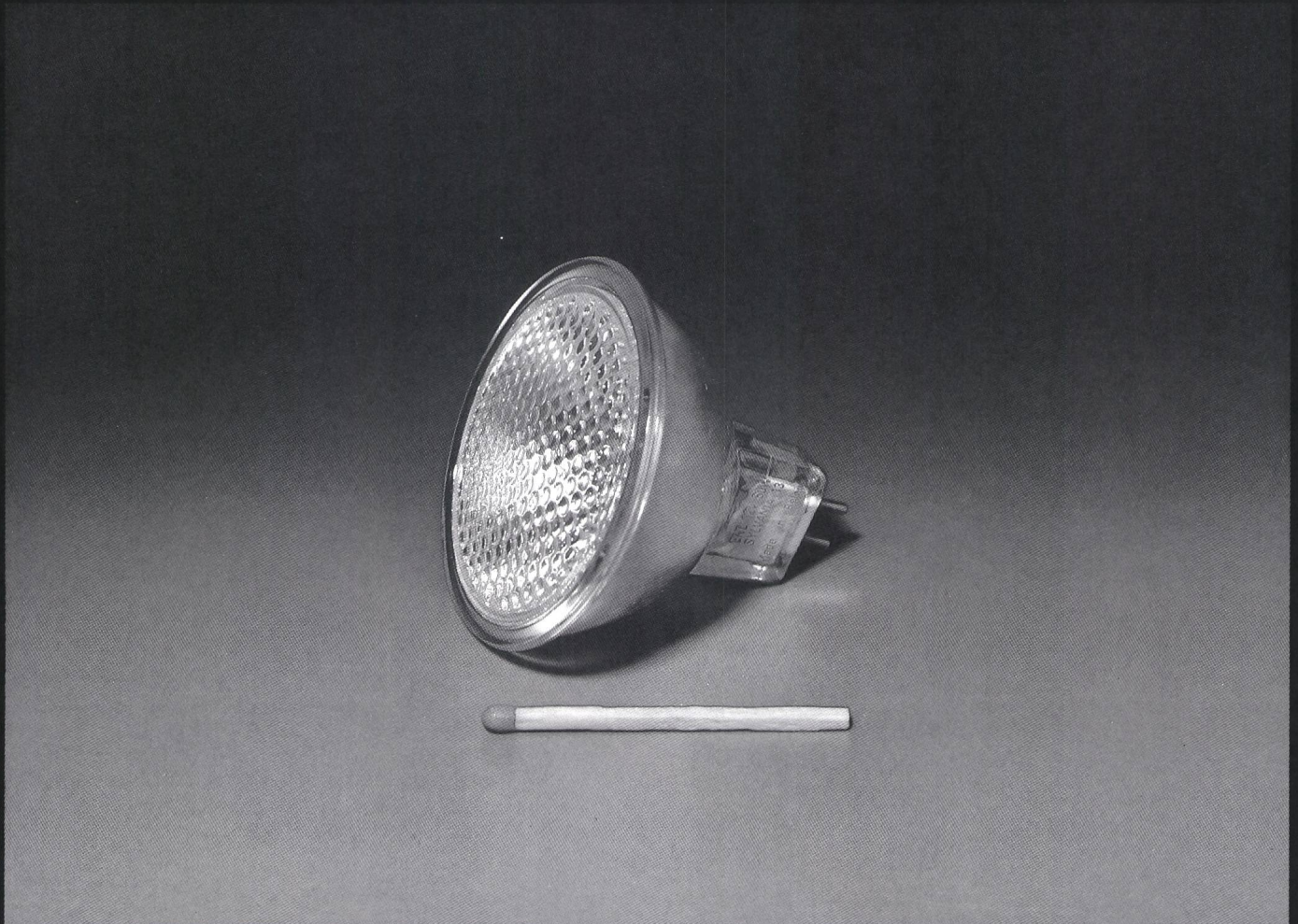
Strasse _____

PLZ/Ort _____

F. Knobel Elektroapparatebau AG
8755 Ennenda Telefon 058/631171

KNZ71

NIEDERVOLT HALOGENLAMPEN HABEN NUN IHREN STAR!



Neu: Tru-Aim Professional

Niedervolt-Halogenlampen vereinigen viele Vorteile: Kompakt, lange Lebensdauer, geringer Energieverbrauch, präzise Lichtverteilung. Alle diese Vorteile werden nun in den Sylvania "Tru-Aim Professional" eingeschlossen. Damit werden sie noch besser und sicherer!

Die Frontlinse verhindert zudem die Degradation des Reflektors und erlaubt mehr Freiheit beim Design der



Leuchten. Durch die Linse wird das Licht gleichmässiger und präziser abgestrahlt.

Die Zukunft gehört den professionellen Niedervolt-Halogenlampen!

Wählen Sie Sylvania "Tru-Aim Professional".

GTE Sylvania AG, 4 chemin des Léchères, CH-1217 Meyrin. Tél. 022/82 00 72.

SYLVANIA

GTE