

Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 56 (1964)
Heft: 9-10

Artikel: Überblick über die gesamte Energiewirtschaft der Schweiz = Panorama de l'économie énergétique Suisse = Survey of the Swiss energy economy
Autor: Siegrist, H.R.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-921825>

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: 15.05.2025

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

1. URSACHEN DES ENERGIEBEDARFS

Der Energieverbrauch pro Kopf der Bevölkerung weist von Land zu Land sehr grosse Unterschiede auf. Diese lassen sich offensichtlich nicht allein mit dem Industrialisierungsgrad oder dem Lebensstandard erklären, sonst müssten Länder, die einen ähnlichen Entwicklungsstand erreicht haben, auch über einen ähnlichen spezifischen Energieverbrauch verfügen, was aber keineswegs zutrifft. Es stellt sich daher die Frage, durch welche Faktoren der Energiebedarf verursacht wird.

Zunächst ist einmal die geographische Lage des Landes zu nennen: Lage auf der Erdkugel und Höhe über Meer bestimmen zusammen mit der Bodenstruktur das Klima, und dieses beeinflusst entscheidend den Energiebedarf für die Raumheizung. Die Schweiz, ungefähr auf halbem Weg zwischen Äquator und Nordpol gelegen, mit Siedlungen zwischen 200 und 2000 Metern über Meer, wovon der Grossteil im Mittelland zwischen 300 und 600 Metern über Meer liegt, weist mittlere Temperaturen auf, die das Heizen während mehr als der Hälfte des Jahres zur Notwendigkeit machen. Geographische Lage und Bodenstruktur beeinflussen aber auch in starkem Masse den Energieverbrauch für den Verkehr. Im Herzen Europas gelegen, ist unser Land der Schnittpunkt wichtiger Nord-Süd- und Ost-West-Verbindungen auf Schiene, Strasse und in der Luft. Berge und Seen, verbunden mit einem angenehmen Klima, machen die Schweiz zu einem beliebten Ferienort, was sich wiederum im Energiebedarf für den Verkehr auswirkt.

Sodann sind auch Verfassung und Struktur der Wirtschaft von grosser Bedeutung für den Energieverbrauch. Einfuhr und Handel mit den verschiedenen Energieträgern sind in der Schweiz frei. Desgleichen hat der Verbraucher die Wahl, welchem Energieträger er den Vorzug geben will. Da auch Kapital für die Erstellung neuer oder den Umbau bestehender Energieverwertungsanlagen normalerweise genügend zur Verfügung steht, kann die Umstellung auf die nach der jeweiligen Marktlage vorteilhaftesten Energieträger verhältnismässig rasch erfolgen. Die Struktur unserer Wirtschaft ist durch beträchtliche Gewichtsverlagerungen zwischen den drei Sektoren Urproduktion (Land- und Forstwirtschaft), Veredelungswirtschaft (gewerbliche und industrielle Produktion) und Dienstleistungswirtschaft (Handel, Bank, Versicherung, Verkehr, Gastgewerbe, Verwaltung, freie Berufe usw.) gekennzeichnet. Während in der Urproduktion im Jahre 1920 noch 26% der aktiven Bevölkerung beschäftigt waren, ist dieser Anteil bis zum Jahre 1960 auf 12% zurückgegangen. Die Produktivität in Land- und Forstwirtschaft ist in dieser Zeit dank weitgehender Mechanisierung stark gestiegen. Der Anteil der gewerblichen und industriellen Produktion an der Gesamtwirtschaft hat (an der Zahl der Beschäftigten gemessen) immer noch wachsende Tendenz. In diesem Sektor waren im Jahre 1920 43%, im Jahre 1960 49%, also rund die Hälfte, der aktiven Bevölkerung tätig. Die in diesem Zeitraum erreichte gewaltige Steigerung der gewerblichen und industriellen Produktion war nur möglich durch unablässige Rationalisierung und Mechanisierung des Arbeitsablaufs, was natürlich eine entsprechende Erhöhung des Energieverbrauchs zur Folge

hatte. Der Anteil der Dienstleistungswirtschaft an der Gesamtwirtschaft ist noch rascher gestiegen. In diesem Sektor waren im Jahre 1920 30%, im Jahre 1960 bereits 39% der Beschäftigten tätig. Auch hier hat eine beträchtliche Produktivitätssteigerung stattgefunden, die im Energieverbrauch ihren Niederschlag findet. Leider sind jedoch über den gesamten und den spezifischen Energieverbrauch der drei Wirtschaftssektoren heute noch keine Zahlen verfügbar. Es lässt sich deshalb auch nicht zuverlässig voraussagen, wie sich die weiteren Gewichtsverschiebungen zwischen den Sektoren auf den Energiebedarf unserer Wirtschaft auswirken werden. Mit grosser Wahrscheinlichkeit darf aber angenommen werden, dass der bestehende Mangel an Arbeitskräften, der sich durch die behördlich verfügte Plafonierung der Fremdarbeiterzahl noch verschärfen dürfte, einen verstärkten Zwang zur Mechanisierung und Automatisierung und damit eine Beschleunigung der Zunahme des Energieverbrauchs in allen drei Sektoren zur Folge haben wird.

Weitere Faktoren, die ausser den bereits genannten bestimmend auf den Energiebedarf einwirken, sind die Bevölkerung, ihre Zahl, ihr Lebensstandard und ihr Konsumverhalten. Sie beeinflussen den Energieverbrauch auf allen Gebieten: Raumheizung, Industrie, Verkehr und Kleinverbrauch in Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft. Die Bevölkerungszahl der Schweiz hat sich seit dem Ende des Zweiten Weltkrieges nicht zuletzt infolge des Zustromes von mehr als 700 000 ausländischen Arbeitskräften verhältnismässig stark vergrössert. Sie beträgt heute rund 5,8 Millionen. Der Lebensstandard ist einer der höchsten Europas.

Abbildung 2 veranschaulicht die Entwicklung der Wohnbevölkerung, der Zahl der Beschäftigten, des realen Netto-sozialprodukts, des verfügbaren persönlichen Einkommens (real), der Arbeitsproduktivität (reales Nettosozialprodukt pro Beschäftigten) und des gesamten Rohenergieverbrauchs in den Jahren 1947–1963. Der betrachtete Zeitraum ist zwar relativ kurz. Während des Zweiten Weltkrieges waren die Verhältnisse aber so sehr gestört, und vor dem Kriege wichen Struktur und Wachstumstempo der Energiewirtschaft derart stark von den gegenwärtigen Zuständen ab, dass diese Perioden für die heute geltenden Entwicklungstendenzen nicht aussagekräftig sind. Deshalb wurde der Untersuchung der erwähnte Zeitraum 1947 bis 1963 zugrunde gelegt.

Die demographische und wirtschaftliche Entwicklung in diesem Zeitraum geht aus folgenden Zahlen hervor:

	Durchschnittliche jährliche Zunahme 1947 bis 1963	
	im ganzen %	pro Kopf der Bevölkerung %
Wohnbevölkerung	1,5	—
Beschäftigte	1,5	—
Reales Netto-Sozialprodukt	4,5	3 0
Verfügbares persönliches Einkommen (real)	3,8	2,3
Arbeitsproduktivität	3,0	—
Gesamter Rohenergieverbrauch	6,0	4,5

Die jährliche Zuwachsrate des Rohenergieverbrauchs im genannten Zeitraum war wesentlich höher als die aller an-

den betrachteten Wirtschaftsgrössen. Die Entwicklung des Rohenergieverbrauchs folgte einem Exponentialtrend entsprechend einer Verdoppelung in 12 Jahren. Die Ausbuchungen in der Entwicklungskurve sind weitgehend temperaturbedingt. Pro Kopf der Bevölkerung hat sich der Rohenergieverbrauch in den erwähnten 16 Jahren ungefähr verdoppelt. Ein Zusammenhang zwischen der Zunahme der Bevölkerung und der Zunahme des Rohenergieverbrauchs lässt sich zwar rechnerisch erfassen; zu Prognosezwecken ist er aber nicht genügend gesichert, da die Bevölkerung in den ersten 12 Jahren fast linear und hernach progressiv zunahm (wie aus Abbildung 2 ersichtlich ist), während die Entwicklung des Energieverbrauchs während des ganzen Zeitraumes progressiv verlief.

Dagegen lässt sich für den untersuchten Zeitraum (1947 bis 1963) ein viel engerer, und zwar annähernd linearer Zusammenhang zwischen der Entwicklung des realen (d. h. kaufkraftbereinigten) Netto-Sozialprodukts und dem gesamten Rohenergieverbrauch feststellen. Auf lange Sicht ist es jedoch unmöglich, dass der Energieverbrauch rascher steigt als das Sozialprodukt. Bei einem bestimmten Reifegrad einer Volkswirtschaft gleicht sich das Wachstum des Energieverbrauchs demjenigen des Sozialproduktes an, um später relativ zu diesem sogar abzunehmen, wie das in den USA der Fall ist, wo der Energieverbrauch in den Jahren 1950 bis 1961 je 1000 Dollar des realen Sozialprodukts von 3865 auf 3679 Steinkohleneinheiten gesunken ist. In der Schweiz sind jedoch noch keinerlei Anzeichen einer solchen «Umkehr» zu erkennen. Im Gegenteil deuten die Ergebnisse aller Untersuchungen darauf hin, dass die bisherige Entwicklung des Energieverbrauchs jedenfalls in den nächsten 5 bis 10 Jahren noch andauern dürfte.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass auch die anderen, in Abbildung 2 und der vorstehenden Tabelle aufgeführten wirtschaftlichen Grössen ihren Einfluss auf den Energieverbrauch haben: Zahl der Beschäftigten, Arbeitsproduktivität, verfügbares persönliches Einkommen, total und pro Einwohner (Lebensstandard). Sie müssen deshalb in spätere Untersuchungen ebenfalls einbezogen werden. Daneben spielen aber auch Imponderabilien wie das Konsumverhalten der Bevölkerung, das im Laufe der Zeit Wandlungen unterworfen ist, eine nicht zu unterschätzende Rolle.

2. DIE ENERGIEBEDARFSTRÄGER UND DIE DECKUNG DES NUTZENERGIEBEDARFS

Wie bereits erwähnt, hat unser Klima zur Folge, dass während mehr als der Hälfte des Jahres geheizt werden muss. Die Raumheizung in Wohn- und Geschäftshäusern, Büros, gewerblichen und industriellen Betrieben beansprucht denn auch 46 % des gesamten Rohenergieverbrauchs. 18% gehen in die Industrie in Form von Wärme, Kraft, Licht und chemischer Energie. Der Verkehr auf Schiene, Strasse, zu Wasser und in der Luft beansprucht 21% in Form von Kraft. Die verbleibenden 15% benötigt der Kleinverbrauch (ohne Raumheizung) in Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft, und zwar in der Form von Wärme, Kraft und Licht.

Da die Nutzenergie «Wärme» ausser für die Raumheizung in unzähligen Anwendungsformen auch im industriellen und gewerblichen Produktionsprozess, im Haushalt und in der Landwirtschaft zur Verwendung gelangt, ist der zu ihrer Erzeugung aufzuwendende Anteil am gesamten Rohenergieverbrauch noch wesentlich grösser als der Anteil der Raumheizung. Die Wärmeerzeugung beansprucht 72% des totalen Rohenergieverbrauchs, und zwar werden

alle Rohenergieträger — Hydroelektrizität, Holz, Kohle und Erdölprodukte — zu ihrer Gewinnung herangezogen. 25% des gesamten Rohenergieverbrauchs werden zur Erzeugung von *K r a f t*, d. h. mechanischer Arbeit aufgewendet. In stationären Anlagen und im Eisenbahnverkehr wird mechanische Arbeit praktisch ausschliesslich aus Elektrizität gewonnen, wobei erwähnenswert ist, dass die Eisenbahnen in der Schweiz heute restlos elektrifiziert sind. Im Strassen-, Luft- und Schiffsverkehr wird das Feld dagegen durch die Erdölprodukte beherrscht. Die mit Kohle beheizte Dampfmaschine ist selbst bei der Schifffahrt auf unseren Seen bis auf einige Veteranen aus dem letzten Jahrhundert verschwunden. Die Erzeugung von *L i c h t* benötigt lediglich 1% des gesamten Rohenergieverbrauchs. Die Elektrifikation des Landes ist so weit fortgeschritten, dass praktisch selbst der abgelegenste Bauernhof über elektrisches Licht verfügt. Petrol- und Kerzenlicht findet man nur noch ganz ausnahmsweise. Unter den Nutzenergien ist schliesslich noch die *chemische Energie* zu erwähnen. Ihre Deckung beansprucht 2% des gesamten Rohenergiebedarfs, und zwar ausschliesslich Elektrizität. Hauptanwendungsfall ist die Elektrolyse zur Erzeugung von Aluminium.

3. DER ROHENERGIEBEDARF UND DIE HERKUNFT DER ENERGIESTRÄGER

Abbildung 3 veranschaulicht die Entwicklung des Rohenergieverbrauchs. Die Kolonne links gibt die Verhältnisse unmittelbar vor dem Krieg (d. h. des Jahres 1938) wieder, die mittlere Kolonne die gegenwärtigen Verhältnisse (wobei auf das Jahr 1962 abgestellt wurde, das repräsentativer ist als das Jahr 1963, in welchem der aussergewöhnlich kalte und trockene Winter gewisse Verzerrungen des Energieverbrauchs zur Folge hatte). Die Kolonne rechts stellt schliesslich das Ergebnis einer Vorausberechnung für das Jahr 1975 dar.

Die Schwierigkeit und zugleich das Unbefriedigende bei der Ermittlung des gesamten Rohenergieverbrauchs liegen in der Notwendigkeit, die einzelnen Energieträger auf eine gemeinsame Einheit umzurechnen. Für diese Umrechnung wurde eine auch von der Europäischen Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen in Genf verwendete Methode benützt, wonach vom physikalischen Energieinhalt der einzelnen Energieträger ausgegangen wird. Jeder Energieträger wird dabei mit derjenigen Wärmemenge (ausgedrückt in Kalorien) eingesetzt, die mit ihm theoretisch erzeugt werden könnte. Das hat zur Folge, dass 1 kWh Elektrizität 860 kcal gleichgesetzt wird. In Ländern, in denen die Elektrizität nicht wie in der Schweiz aus Wasserkraft, sondern vorwiegend thermisch gewonnen wird, ist es demgegenüber üblich, 1 kWh mit derjenigen Wärmemenge in die Bilanz einzusetzen, die zu ihrer Erzeugung in einem Dampfkraftwerk aufgewendet werden müsste, wobei in der Regel 2800 kcal angenommen werden. Je nach dem angewandten Umrechnungsfaktor fallen natürlich die Anteile der einzelnen Energieträger am gesamten Energieverbrauch verschieden hoch aus. Das beleuchtet die Problematik solcher Energiebilanzen, deren Wert denn auch in erster Linie in der Aufzeigung von Entwicklungstendenzen und von Schwergewichtsverlagerungen zwischen den einzelnen Energieträgern liegt. Diese Entwicklungstendenzen und Gewichtsverlagerungen will Abbildung 3 zur Darstellung bringen. Die Grösse der Flächen entspricht dem Energieverbrauch in den betrachteten Jahren, die Höhe der einzelnen Streifen gibt den Anteil der verschiedenen Energieträger am gesamten Rohenergieverbrauch wieder.

Im folgenden sei die Entwicklung der verschiedenen Energieträger im Rahmen der gesamten Energiewirtschaft kurz betrachtet. Dabei beginnen wir mit der wichtigsten einheimischen Energie, der

Elektrizität

Ihre Verbrauchszunahme beträgt nahezu 6% pro Jahr und verläuft damit seit dem Ende des Krieges praktisch parallel mit der Zunahme des gesamten Rohenergieverbrauchs, an dessen Deckung sie seither rund einen Fünftel (19%) beiträgt, während 1938 ihr Anteil erst 13% erreicht hatte. Zur Vermeidung von Missverständnissen sei jedoch nochmals darauf hingewiesen, dass die kWh mit 860 kcal in die Rech-

nung eingestellt ist, d. h. mit derjenigen Wärmemenge, die sie zu erzeugen imstande ist. Würde sie, wie beispielsweise in den Ländern des Gemeinsamen Marktes, mit 2800 kcal eingesetzt, d. h. mit derjenigen Wärmemenge, die zu ihrer Erzeugung aufgewendet werden müsste, so erschiene der Anteil der Elektrizität am gesamten Rohenergieverbrauch der Schweiz mit 43%.

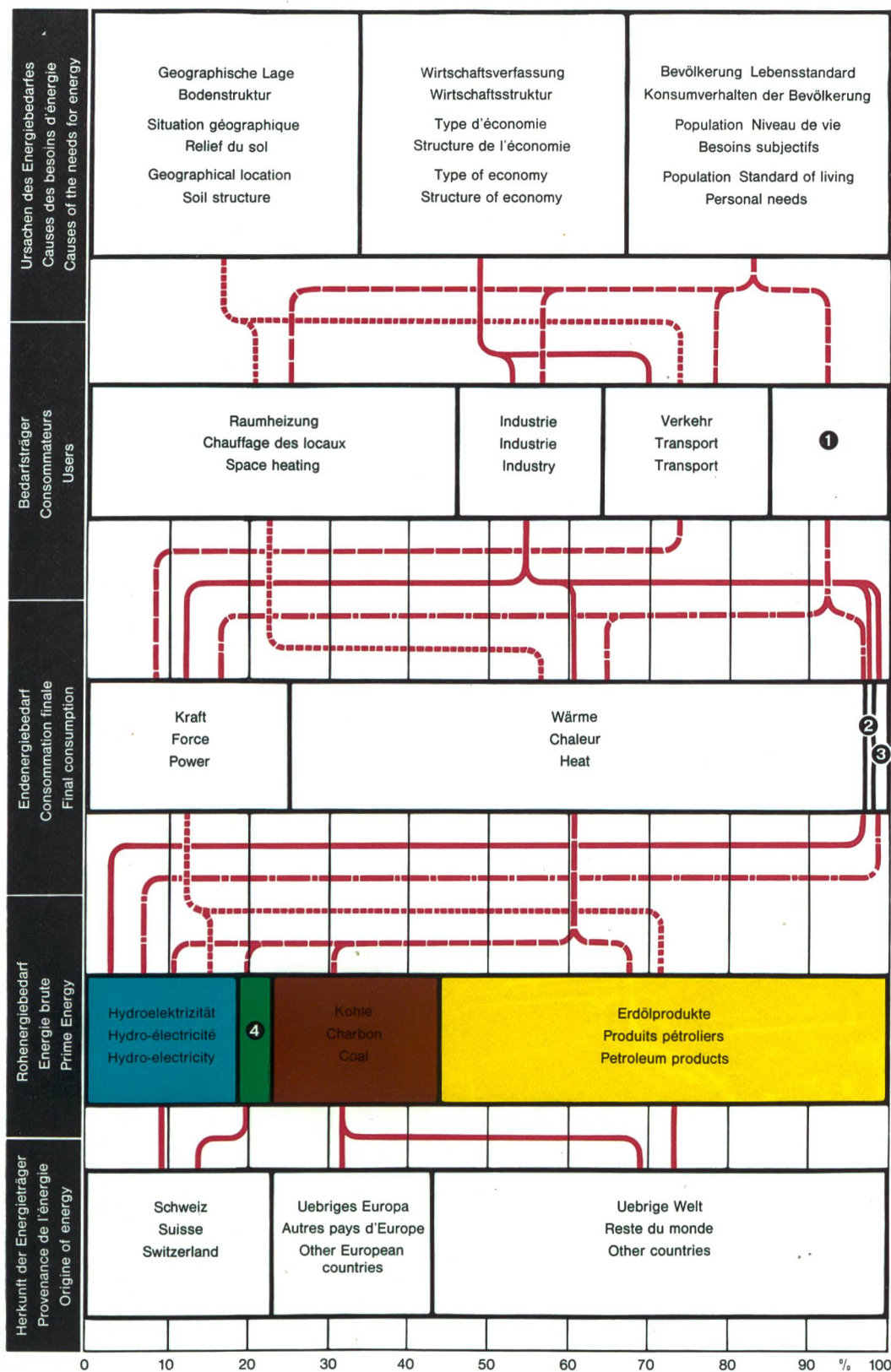
Die elektrische Energie wird in unserem Land zu 99% aus Wasserkraft gewonnen. Im Sommerhalbjahr ist die Wasserführung so reichlich, dass neben der Befriedigung des Inlandbedarfs von gegenwärtig rund 11 Mrd. kWh regelmässig noch wesentliche Strommengen für die Ausfuhr zur Verfügung stehen. Ausserdem werden im Sommer in hoch-

Flugaufnahme des Rheinkraftwerkes Birsfelden, Schiffsschleuse und Hafenanlagen Au vor den Toren der Stadt Basel
 Vue aérienne de l'usine de Birsfelden, de l'écluse et des installations portuaires d'Au sur le Rhin, aux portes de Bâle
 Aerial view of Birsfelden power station on the Rhine with sluice gate and harbour of Au at the door of Basle

(Photo Militärflugdienst)



Fig. 1
Entstehung und Deckung des Energiebedarfs der Schweiz
Origine et couverture des besoins suisses d'énergie
Reasons of the demand for energy, and how it is covered



① Haushalt, Gewerbe, Landwirtschaft (ohne Heizung)
Usages domestiques, artisanat, agriculture (sans chauffage)
Household consumption, handicrafts, agriculture (without heating)

② Licht
Lumière
Light

③ Chemische Energie
Energie chimique
Chemical energy

④ Holz
Bois
Wood

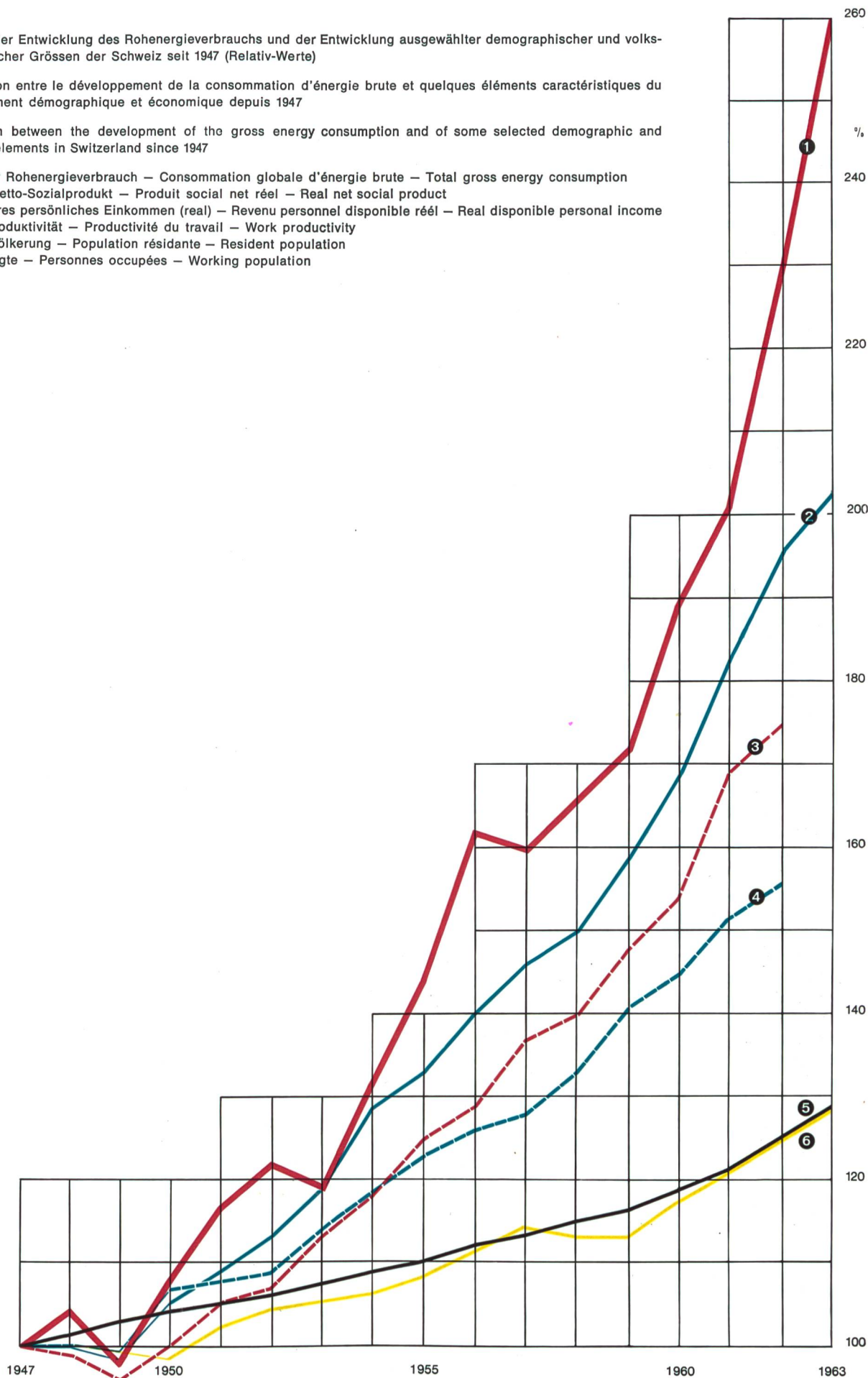
Fig. 2

Vergleich der Entwicklung des Rohenergieverbrauchs und der Entwicklung ausgewählter demographischer und volkswirtschaftlicher Grössen der Schweiz seit 1947 (Relativ-Werte)

Comparaison entre le développement de la consommation d'énergie brute et quelques éléments caractéristiques du développement démographique et économique depuis 1947

Comparison between the development of the gross energy consumption and of some selected demographic and economic elements in Switzerland since 1947

- 1 Gesamter Rohenergieverbrauch – Consommation globale d'énergie brute – Total gross energy consumption
- 2 Reales Netto-Sozialprodukt – Produit social net réel – Real net social product
- 3 Verfügbares persönliches Einkommen (real) – Revenu personnel disponible réel – Real disponible personal income
- 4 Arbeitsproduktivität – Productivité du travail – Work productivity
- 5 Wohnbevölkerung – Population résidante – Resident population
- 6 Beschäftigte – Personnes occupées – Working population



gelegenen künstlichen Stauseen Wassermengen gespeichert, deren Ausnützung im Winter erlaubt, etwa $\frac{2}{5}$ des Verbrauchs des Winterhalbjahres von ebenfalls rund 11 Mrd. kWh zu decken, während $\frac{2}{5}$ bis $\frac{3}{5}$ des Bedarfs aus den natürlichen Zuflüssen zu den Kraftwerken befriedigt werden. Bei überdurchschnittlicher Wasserführung ist auch im Winter ein Stromexport möglich, wogegen bei unterdurchschnittlicher die fehlende Energiemenge durch Stromeinfuhr beschafft werden muss. Dieser durch Stromeinfuhr zu deckende Anteil kann in extremen Fällen bis $\frac{1}{5}$ des Bedarfs erreichen.

Schon heute sind mehr als die Hälfte der schweizerischen Wasserkräfte, die mit wirtschaftlichen Mitteln und unter Berücksichtigung der berechtigten Begehren des Landschaftsschutzes nutzbar gemacht werden können, ausgebaut. Da der Elektrizitätsverbrauch sich in 12 bis 13 Jahren verdoppelt, wird die weitere Bedarfszunahme ungefähr vom Jahre 1975 an (im Winter schon früher) nicht mehr aus Wasserkraftwerken befriedigt werden können. Beim mehrjährigen Zeitaufwand, den Vorbereitung und Erstellung von Kraftwerken beanspruchen, steht die Schweiz deshalb schon heute vor der Notwendigkeit, zu neuen Methoden der Elektrizitätserzeugung überzugehen. Dabei herrscht in den Fachkreisen Einigkeit darüber, dass die weitere Bedarfszunahme nicht einfach durch Stromimporte gedeckt werden darf, denn wir wollen uns mit unserer Elektrizitätsversorgung nicht in eine zu grosse Abhängigkeit vom Ausland begeben. Einigkeit besteht auch darüber, dass die Zukunft der Elektrizitätserzeugung in der *Atomenergie* liegt. Fraglich ist nur, ob der Zeitpunkt für ihren Einsatz im grossen schon gekommen sei, oder ob noch eine Zwischenphase einzuschalten sei, während der thermische Kraftwerke gebaut werden sollen, die mit Kohle oder Oel betrieben werden.

Die Entwicklung, welche die Reaktortechnik in der letzten Zeit durchgemacht hat, berechtigt zur Annahme, dass unter bestimmten, aber durchaus realisierbaren Voraussetzungen Atomkraftwerke, die heute in Auftrag gegeben und gegen Ende des laufenden Jahrzehnts fertiggestellt werden, bereits Strom liefern können, der preislich mit Strom aus konventionellen Dampfkraftwerken konkurrenzfähig ist. Diese Annahme wird erhärtet durch die Ergebnisse einer vergleichenden Studie über die Kosten der Elektrizitätserzeugung bei Oelkraftwerken und Atomkraftwerken, die im Auftrage des Eidgenössischen Amtes für Energiewirtschaft von einer bekannten schweizerischen Ingenieurfirma erstellt und im Frühling dieses Jahres abgeliefert worden ist. Sie stellt ein schweizerisches, mit Schweröl (d. h. dem in unseren Verhältnissen billigsten fossilen Brennstoff) beheiztes Dampfkraftwerk von 250 MW Leistung einem aus dem Ausland bezogenen und in der Schweiz montierten Atomkraftwerk gleicher Leistung gegenüber, bei dem es sich um einen in der Praxis bewährten Typ handelt, der mit angereichertem Uran betrieben und mit leichtem Wasser moderiert wird. Bei einer angenommenen Abschreibungsdauer von 20 Jahren für beide Kraftwerke liefert das Atomkraftwerk von einer bestimmten jährlichen Benützungsdauer an aufwärts billigeren Strom als das Oelkraftwerk. Es sind namentlich zwei Faktoren, die sich in der Schweiz im Vergleich zu vielen ausländischen Staaten bei der Kostenrelation Atomstrom zu Strom aus konventionellen Dampfkraftwerken für den Atomstrom günstig auswirken: Einmal fallen die Vorteile des verhältnismässig niedrigen Zinsfusses und der niedrigen Kapitalsteuern bei den kapitalintensiven Atomanlagen stärker ins Gewicht als bei den weniger kapitalintensiven konventionellen Anlagen, und so-

dann verteuert der lange Weg für den Antransport die voluminösen fossilen Brennstoffe wesentlich stärker als die kompakten nuklearen.

Die Kernbrennstoffe sind derart konzentrierte Energieträger, dass grössenordnungsmässig 1 kg Uran einen Eisenbahnwagen von 10 bis 20 t Heizöl zu ersetzen vermag. Die Lagerung genügender Vorräte für den Fall gestörter Zufuhren ist bei den Kernbrennstoffen viel einfacher und zudem billiger als bei den fossilen Brennstoffen, und sie bringt — im Gegensatz beispielsweise zum Oel — auch keine Gefahr für die Reinheit der Gewässer mit sich. Ein weiterer bedeutender Vorteil der Atomkraftwerke ist, dass bei ihrem Betrieb keine schädlichen Abgase entstehen. Schliesslich muss die Schweiz, für die der Bestand einer international konkurrenzfähigen Exportindustrie lebenswichtig ist, darauf bedacht sein, dass sie auf dem für die Zukunft sehr bedeutungsvollen Gebiet der Erstellung von Atomkraftwerken den Anschluss an die Entwicklung nicht verpasst. Sie muss deshalb der einheimischen Industrie Gelegenheit geben, sich auf diesem Gebiet zu betätigen. Aus diesen Gründen drängt die Landesregierung sehr darauf, dass der Schritt über die Schwelle des Atomzeitalters möglichst rasch unternommen wird.

Brennholz

Der Verbrauch des zweiten inländischen Energieträgers, des Brennholzes, geht von Jahr zu Jahr zurück. Sein Anteil an der gesamten Energiebedarfsdeckung betrug im Jahre 1938 noch 13 %, im Jahre 1962 aber nur noch 4 %. Der Verbrauch ist auch in absoluten Zahlen rückläufig. Diese Entwicklung dürfte kaum aufzuhalten sein.

Beide einheimischen Energieträger — Hydroelektrizität und Brennholz — zusammen deckten 1938 26 % des gesamten Energiebedarfs, 1962 noch 23 %. Der Rückgang des Anteils des Holzes ist also weitgehend durch den seit 1938 erfolgten Vormarsch des Anteils der Elektrizität aufgefangen worden. Für rund $\frac{3}{4}$ ihrer Energieversorgung ist die Schweiz aber heute wie vor 25 Jahren auf importierte Brennstoffe angewiesen. Dieses Verhältnis dürfte sich in den nächsten Jahren zu Ungunsten der inländischen Energieträger ändern, wie aus den für das Jahr 1975 geschätzten Anteilen in Abbildung 3 ersichtlich ist.

Kohle

Der Kohleverbrauch schwankt seit 1913 zwischen rund $2\frac{1}{2}$ und $3\frac{1}{2}$ Mio Tonnen pro Jahr. Eine eindeutige Entwicklungstendenz war bisher nicht festzustellen. Der Anteil der Kohle an der gesamten Rohenergiebedarfsdeckung ist aber von 1938 bis 1962 von 63 % auf 21 % zurückgegangen, was sich aus dem raschen Ansteigen des gesamten Energieverbrauchs erklärt. Nicht nur aus preislichen Gründen, sondern ebenso sehr wegen der einfacheren Bedienung der Oelheizung dürfte die Stellung der Kohle auch in Zukunft noch eine weitere Abschwächung erfahren. Vom Standpunkt der Versorgungssicherheit ist der Rückgang des Anteils der Kohle zu bedauern, denn jedenfalls während des Krieges sind die Kohleneinfuhren prozentual bedeutend weniger zurückgegangen als die Einfuhren von Mineralölprodukten. Der Grund liegt darin, dass die Kohle auf dem europäischen Kontinent zur Verfügung steht, während die Erdölzeugnisse aus überseeischen Gebieten bezogen werden müssen. Auch die Lagerhaltung ist bei Kohle ungleich einfacher und billiger als bei Oel, abgesehen davon,

dass die Kohle im Gegensatz zum Oel keinerlei Gefahren für das Grundwasser mit sich bringt.

Erdölprodukte

Die flüssigen Brenn- und Treibstoffe sind die unbestrittenen Sieger im Wettlauf um den Energiemarkt. Im Jahre 1938 deckten sie lediglich 11% des schweizerischen Rohenergieverbrauchs, noch 1950 waren es mit 1 Mio Tonnen erst 25 %, 1961 betrug ihr Anteil erstmals mehr als die Hälfte des gesamten Energiebedarfs, um 1962 mit etwas über 5 Mio Tonnen bereits 56 % zu erreichen. Es handelt sich hier um eine restlos aus aussereuropäischen Gebieten stammende Energiequelle. Die rasche Verbrauchszunahme führt nun zum Bestreben, nicht mehr Fertigprodukte von ausländischen Raffinerien zu beziehen, sondern durch leistungsfähige Pipelines Rohöl einzuführen und dieses im Inland zu raffinieren. Die erste grössere Erdölraffinerie unseres Landes hat im vergangenen Jahr in Collombey (Kanton Wallis) die Produktion aufgenommen. Das Rohöl wird ihr von Genua her durch eine Rohrleitung zugeführt. Weitere Raffinerieprojekte bestehen für Cressier (Kanton Neuenburg), Sennwald (Kanton St. Gallen) und Mägenwil (Kanton Aargau), dem allerdings aus verschiedenen Gründen eine heftige Opposition erwächst, so dass als Ausweichstandort die Gegend des Wauwilermooses (Kanton Luzern) zur Diskussion steht. Alle diese Raffinerien würden durch Rohrleitungen teils von Frankreich, teils von Italien her mit Rohöl versorgt. Die vorgesehene Verarbeitungskapazität aller vier Anlagen entspricht mit 10 Mio Tonnen ungefähr dem im Jahre 1970 zu erwartenden Landesbedarf an Erdölprodukten. Diese Art der Versorgung wird gegenüber dem heutigen Zustand eine Einsparung an Transportkosten sowie an Devisen gestatten, denn es ist klar, dass für unverarbeitetes Rohöl weniger bezahlt werden muss als für gebrauchsfertige Produkte. Auch die mit den Raffinerien schon aus betrieblichen Gründen verbundenen grossen Tanklager sind vom Standpunkt der Landesversorgung positiv zu würdigen.

Die Träger der Rheinschifffahrt, die bisher nicht ganz die Hälfte der Einfuhren an flüssigen Brenn- und Treibstoffen ins Land brachte, befürchten allerdings, dass ihr durch das neue Konzept mit den durch Rohölpipelines versorgten Inlandraffinerien erhebliche Transportmengen verloren gehen werden. Um den Abtransport vom Umschlagshafen Basel nach den Hauptkonsumgebieten zu verbilligen, bestehen Bestrebungen zur Erstellung einer Produktpipeline von Basel in den Raum von Zürich. Das entsprechende Konzessionsgesuch ist den Bundesbehörden im Juli 1964 eingereicht worden. Es ist das erste Gesuch, das nach dem am 1. März 1964 in Kraft getretenen Bundesgesetz über Rohrleitungsanlagen zu behandeln ist.

Gas

Das Stadtgas ist in den verschiedenen graphischen Darstellungen nicht aufgeführt, weil es eine Sekundärenergie ist, die zur Hauptsache aus Kohle hergestellt wird. Obschon der Gaskonsum langsam steigt, ist der Anteil des Gases am gesamten Energieverbrauch rückläufig. Die zur Gaserzeugung benötigte Kohle (abzüglich verkäufliche Nebenprodukte wie Koks, Teer usw.) macht heute noch 2,6% des gesamten Rohenergieverbrauchs der Schweiz aus.

Die Gaswirtschaft befindet sich ebenfalls in einem Umbruch. Verschiedene Werke stellen von der arbeitsintensiven Kohlevergasung um auf die Verwendung von Erdölprodukten (Flüssiggas und Leichtbenzin), die eine weitge-

hend automatische Gaserzeugung gestatten. Im schweizerischen Mittelland ist ein grosses Gasverbundsystem in Vorbereitung, welches eine zentrale Gasproduktion auf der Grundlage vorwiegend von Steinkohle in Basel und die Zuleitung des Gases zu den angeschlossenen Städten mittels Pipelines vorsieht. Auch in der Ostschweiz befindet sich ein solches Verbundsystem in Prüfung, wobei ein späterer Zusammenschluss dieser Netze unter sich und mit ausländischen Ferngasnetzen angestrebt wird. Die erwähnten Umstellungen werden dazu benutzt, ein ganz oder doch weitgehend ungiftiges Gas herzustellen. Dieser Umstand, zusammen mit der Verbilligung der Gaserzeugung, die aus der Anwendung der neuen Methoden resultiert, lässt für die Zukunft ein verstärktes Ansteigen des Gasverbrauches erwarten. Energiewirtschaftlich ist von Interesse, dass bei der Umwandlung von Kohle oder Erdölprodukten in Gas weniger Verluste entstehen als bei ihrer Umwandlung in Elektrizität. Auch eignet sich das Gas zur Deckung der durch das Kochen bedingten Verbrauchsspitzen insofern besser als die Elektrizität, als es nicht im Augenblick der Verwendung produziert werden muss, sondern vorgefertigt und gespeichert werden kann.

Die grosse Hoffnung der Gasindustrie richtet sich allerdings auf das Erdgas. In den Vereinigten Staaten deckt dieses 30 % des gesamten Energiebedarfs, so dass dort die Erdölprodukte einen geringeren Anteil aufweisen als in der Schweiz. Nachdem heute feststeht, dass sowohl in den Niederlanden als auch in der nördlichen Sahara immense Erdgaslager vorhanden sind, kann mit Bestimmtheit damit gerechnet werden, dass unser Land in einigen Jahren an das im Studium befindliche europäische Erdgasnetz angeschlossen wird. Dies ist im Interesse einer grösseren Vielfältigkeit unserer Energieversorgung sehr zu wünschen. Aber auch unter dem Gesichtspunkt der Reinhaltung des Wassers und der Atmosphäre ist das Erdgas, wie übrigens auch das Stadtgas, als idealer Brennstoff zu betrachten.

4. SCHLUSSBETRACHTUNG

Die Energiewirtschaft der Schweiz macht gegenwärtig sowohl in ihrer Gesamtheit als auch in ihren einzelnen Sparten wichtige strukturelle Wandlungen durch. Der Anteil der festen Brennstoffe (Kohle und Holz) am wachsenden gesamten Rohenergieverbrauch geht seit dem Kriege dauernd zurück. Entsprechend steigt der Anteil der flüssigen Brennstoffe, während die Elektrizität ihren Anteil knapp zu halten vermag. Im Erdölsektor tritt an die Stelle der bisherigen Einfuhr von Fertigprodukten mit Bahn und Schiff die Einfuhr von Rohöl durch Pipelines und dessen Raffination im Inland. Der einzige einheimische Energieträger von Bedeutung, die Hydroelektrizität, muss wegen des bevorstehenden Vollausbaus der wirtschaftlichen Wasserkräfte demnächst durch Elektrizität aus thermischen Kraftwerken ergänzt werden, wodurch auch die Elektrizitätsversorgung in zunehmendem Masse von Importenergien abhängig wird. Da Transport und Lagerung von Kernbrennstoffen dank ihrer gewaltigen Energiekonzentration einfacher und billiger sind als von fossilen Brennstoffen, ist zu wünschen, dass die nötige Ergänzung der hydraulischen Produktion möglichst bald und möglichst umfassend durch Atomkraftwerke erfolgen wird. Solange die systematisch betriebene Suche nach Erdöl und Erdgas in der Schweiz nicht von Erfolg gekrönt ist, muss die Sicherung unserer Energieversorgung im übrigen wie bisher auf dem Wege einer weitgehenden Vieltätigkeit der Bezugsquellen und Zufuhrwege und auf dem Wege der Anlegung von Vorräten gesucht werden.

1. ORIGINE DES BESOINS D'ENERGIE

La consommation d'énergie rapportée au nombre d'habitants varie fortement d'un pays à l'autre. La cause des différences ne s'explique pas entièrement par le degré de développement industriel ou le standard de vie, puisque l'on constate de grands écarts de consommation spécifique entre des pays ayant atteint un degré de développement analogue. Quels sont donc les facteurs qui déterminent le niveau de la consommation?

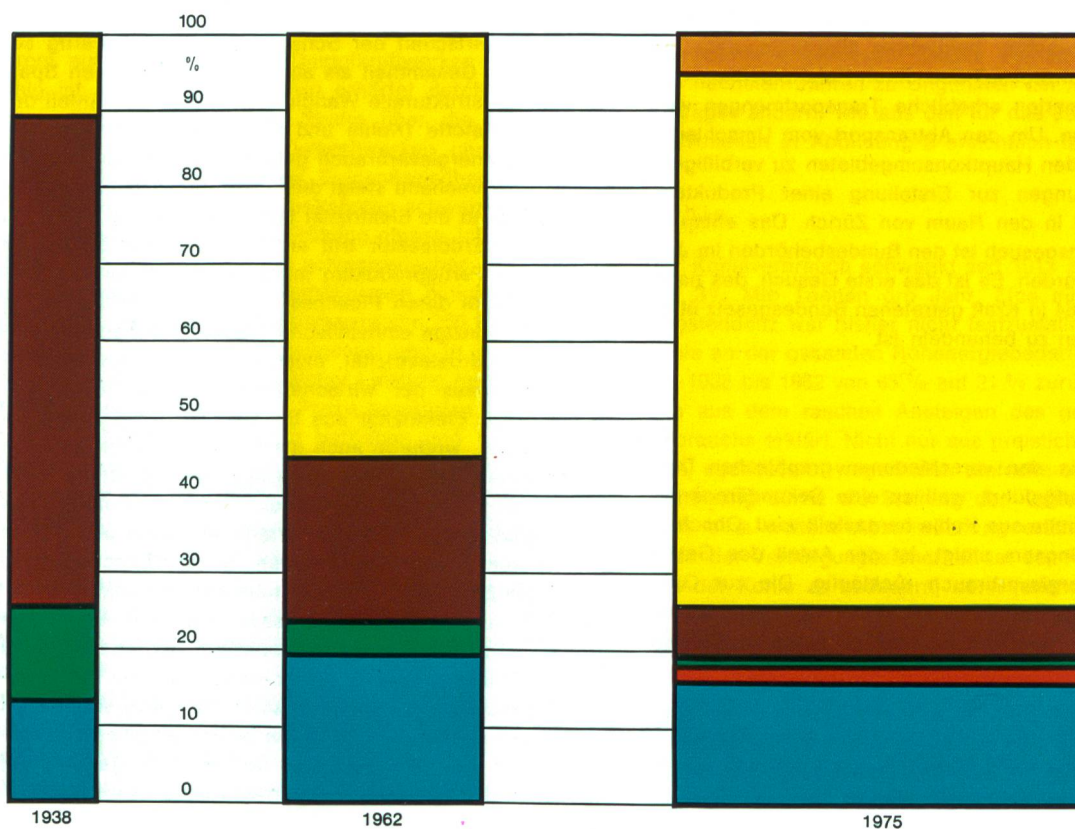
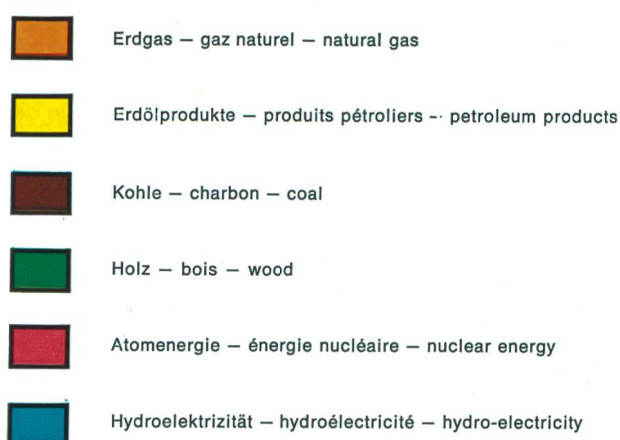
La situation géographique est un premier élément. La latitude et l'altitude du pays, le relief du sol déterminent le climat qui influe d'une manière décisive sur

les besoins de chauffage. A mi-chemin entre le pôle nord et l'équateur, habitée de 200 à 2000 m d'altitude, mais surtout de 300 à 600 m sur le Plateau, la Suisse jouit d'un climat de la zone tempérée qui requiert le chauffage des locaux pendant plus de la moitié de l'année. La consommation d'énergie pour les transports aussi est influencée par la situation géographique et le relief. Au centre de l'Europe, la Suisse se trouve à la croisée de liaisons continentales importantes par rail, par route et par air. Ses montagnes et ses lacs, son climat agréable en font un lieu de villégiature très fréquenté, ce qui entraîne des besoins d'énergie plus importants pour les transports de personnes et de marchandises.

Fig. 3

Gesamter Rohenergieverbrauch und Anteile der verschiedenen Rohenergieträger 1938, 1962 und 1975 (geschätzt)

Consommation globale d'énergie brute et par des divers agents énergétiques primaires, pour les années, 1938, 1962 et 1975 (estimation)
Demand for gross energy in 1938, 1962 and 1975 (estimated), and how it is covered



L'état et la structure de l'économie aussi sont des facteurs déterminants pour la consommation d'énergie. L'importation et le commerce des divers agents énergétiques sont libres en Suisse. Le consommateur peut utiliser l'agent énergétique auquel va sa préférence. Les capitaux nécessaires à la construction de nouvelles installations consommatrices ou à la transformation d'installations existantes étant en règle générale disponibles en suffisance, une réadaptation de l'appareil de consommation pour tirer avantage de l'évolution du marché de l'énergie peut intervenir relativement vite. Notre économie subit une évolution de structure prononcée sous la forme d'une modification de l'importance relative des trois secteurs économiques, la production primaire (agriculture et sylviculture), les activités économiques de transformation (production industrielle et artisanale) et le secteur des services (commerce, banques, assurances, transports et communications, hôtellerie, administration, professions libérales, etc.). La production primaire occupait en 1920 encore 26 % de la population active; jusqu'à 1960 cette part est descendue à 12 %. Grâce à une mécanisation poussée, la productivité de l'agriculture et de la sylviculture a fortement augmenté pendant le même temps. La part de la production industrielle et artisanale, mesurée au nombre des personnes occupées, se trouve toujours en période d'expansion. En 1920, 43 % de la population active faisait partie de ce secteur, en 1960, près de la moitié, soit 49 %. L'énorme augmentation de la production industrielle et artisanale intervenue pendant ces quarante années n'a été rendue possible que par une rationalisation et une mécanisation progressive du travail, qui a provoqué un fort accroissement de consommation d'énergie. La part des services dans l'ensemble de l'économie a crû encore plus rapidement. Elle correspondait en 1920 à 30 % de la population active et à 39 % en 1960. Dans ce troisième secteur également l'augmentation de la productivité a été considérable et a entraîné une augmentation de la consommation d'énergie. Des renseignements chiffrés sur la consommation en valeur absolue d'énergie et sur la consommation spécifique de chacun des trois secteurs ne sont malheureusement pas disponibles. C'est pourquoi il est difficile de prévoir exactement la répercussion qu'aura sur les besoins énergétiques le déplacement des centres de gravité des secteurs économiques. Toutefois, comme la pénurie de main-d'œuvre deviendra sans doute encore plus aiguë à la suite de l'adoption d'une limite supérieure pour l'entrée des ouvriers étrangers en Suisse, il sera nécessaire de mécaniser et d'automatiser encore plus, d'où un accroissement encore plus rapide de la consommation dans chacun des secteurs économiques.

D'autres facteurs encore ont une influence immédiate sur les besoins d'énergie: le nombre d'habitants, le standard de vie de la population, ses besoins subjectifs. Ils déterminent la consommation dans tous les domaines: chauffage proprement dit, industrie, transports, petites utilisations dans les ménages, l'artisanat et l'agriculture. La population de la Suisse s'est accrue très fortement depuis la fin de la deuxième guerre mondiale, notamment par suite de l'afflux de plus de 700 000 ouvriers étrangers. Elle s'élève à 5,8 millions d'habitants. Le standard de vie y est un des plus hauts d'Europe.

La figure 2 illustre le développement de la population résidente, du nombre des personnes occupées, du produit social net réel, du revenu personnel disponible réel, de la productivité du travail (produit social net réel par personne occupée) et de la consommation d'énergie brute pendant

les années 1947 à 1963. L'espace de temps pris en considération peut paraître relativement court. Mais la période de guerre et les années qui l'ont précédée ont présenté du point de vue de la structure économique et de la vitesse d'évolution des conditions tellement différentes de celles qui règnent actuellement que le développement d'avant 1947 n'a pas de valeur indicative pour inférer la tendance présente.

Le développement démographique et économique pendant les années prises en considération ressort des chiffres suivants:

	Accroissement annuel moyen de 1947 à 1963	
	total %	par habitant %
Population résidente	1,5	—
Personnes occupées	1,5	—
Produit social net	4,5	3,0
Revenu personnel disponible réel	3,8	2,3
Productivité du travail	3,0	—
Consommation d'énergie brute	6,0	4,5

Les taux de l'accroissement annuel de la consommation d'énergie brute ont dépassé sensiblement pendant la période considérée les taux relatifs aux autres facteurs économiques. Le développement de la consommation d'énergie a présenté une forme exponentielle correspondant à un doublement en douze ans. Les irrégularités de la courbe de développement sont dues pour une bonne part à l'influence de la température sur la consommation. Par habitant, la consommation d'énergie brute a doublé approximativement pendant les 16 années prises en considération. Il est possible de définir une relation entre l'accroissement de la population et l'augmentation de la consommation d'énergie brute pendant la période en question. Cependant, elle n'est pas suffisamment étroite et régulière pour pouvoir servir à établir des prévisions; ainsi qu'on peut le constater à la figure 2, l'accroissement de la population est presque linéaire pendant les 12 premières années, puis exponentiel, alors que le développement de la consommation d'énergie est constamment exponentiel.

En revanche pour le même temps (de 1947 à 1963) la relation, de forme linéaire, est beaucoup plus rigoureuse entre le développement du produit social net réel et le développement de la consommation totale d'énergie. A longue échéance, il est cependant impossible que la consommation d'énergie augmente plus rapidement que le produit social, comme jusqu'à maintenant. Lorsqu'un certain stade d'expansion de l'économie est atteint, l'accroissement de la consommation d'énergie devient analogue à celui du produit social, puis diminue encore en valeur relative; aux Etats-Unis d'Amérique par exemple, la consommation d'énergie a passé pendant les années 1950 à 1961 de 3 865 à 3 679 unités équivalent charbon pour 1000 dollars de produit social réel. En Suisse, aucun signe d'un tel renversement n'est encore décelable. Tout au contraire, les résultats des études entreprises montrent que le développement en cours devrait se maintenir encore pendant les 5 à 10 prochaines années.

Les autres facteurs économiques mentionnés à la figure 2 et au tableau précédent, soit le nombre des personnes occupées, la productivité du travail, le revenu personnel disponible, le revenu personnel disponible par habitant (standard de vie), ont sans aucun doute une relation directe avec la consommation d'énergie, et la connaissance sous une forme chiffrée des rapports existants permettra d'établir

des prévisions plus précises. Mais des impondérables, tels les besoins subjectifs de la population, se modifient avec le temps et leurs effets sont loin d'être négligeables.

2. CONSOMMATEURS D'ENERGIE ET COUVERTURE DES BESOINS

La période de chauffage s'étend dans notre pays sur plus de 6 mois, comme déjà mentionné. Le chauffage des locaux — des habitations, des locaux commerciaux et administratifs, des ateliers et usines — absorbe 46% de l'énergie brute consommée. L'industrie en utilise 18 autres pour-cent sous forme de chaleur, de travail mécanique, de lumière et d'énergie chimique pour ses fabrications. La part des transports par rail, route, eau et air, qui emploient l'énergie sous forme de travail mécanique, s'élève à 21 %. Les 15 % restants reviennent aux petites utilisations (autres que le chauffage des locaux) dans le ménage, l'artisanat et l'agriculture, sous forme de chaleur, de travail mécanique et de lumière.

La consommation d'énergie pour la production de chaleur ne se confine pas au chauffage des locaux; l'industrie et l'artisanat y recourent pour de nombreux procédés de fabrication, les ménages et l'agriculture, pour des usages multiples. La part totale d'énergie brute utilisée pour la production de chaleur est donc bien plus importante que celle qui est attribuée au chauffage des locaux. Elle atteint 72 % de la consommation totale d'énergie brute et tous les agents énergétiques — hydroélectricité, bois, charbon et produits pétroliers — y participent. 25 % de la consommation totale d'énergie brute engendre du travail mécanique. Dans les installations stationnaires et pour les transports par chemins de fer, le travail mécanique est produit presque exclusivement par l'électricité; les chemins de fer sont entièrement électrifiés en Suisse. Les produits pétroliers servent presque exclusivement aux transports par route, par air et par eau. Même les bateaux à vapeur chauffés au charbon ont disparu de nos lacs, exception faite de quelques vétérans. La production de lumière nécessite 1 % seulement du total de l'énergie brute consommée. L'électrification est à ce point complète que les fermes les plus éloignées disposent pratiquement toutes de l'énergie électrique. L'éclairage au pétrole et aux chandelles est tout à fait exceptionnel. Une dernière catégorie de besoins enfin, l'énergie de transformation chimique utilise, sous la forme d'électricité exclusivement, 2 % de l'énergie brute consommée, principalement pour l'électrolyse de l'aluminium.

3. ENERGIE BRUTE CONSOMMEE ET PROVENANCE DE L'ENERGIE

La figure 3 illustre le développement de la consommation d'énergie brute. La colonne de gauche donne les conditions existant immédiatement avant la guerre (c'est-à-dire celles de l'année 1938), la colonne du milieu, les conditions actuelles (c'est-à-dire de 1962 qui est plus représentatif que 1963, car l'hiver extrêmement rigoureux de 1963 a fait monter démesurément certaines consommations). La colonne de droite enfin indique le résultat des évaluations effectuées pour 1975.

La difficulté et l'insuffisance des estimations globales

de la consommation d'énergie résident dans la nécessité d'utiliser un dénominateur commun pour les différents agents énergétiques. La méthode employée ici attribue à chaque agent énergétique la valeur de son contenu physique en énergie, méthode à laquelle recourt aussi la Commission Economique pour l'Europe de l'Organisation des Nations Unies à Genève. Chaque agent énergétique vaut la quantité de chaleur (exprimée en calories) qu'il peut théoriquement produire. Un kWh est donc égal à 860 kcal. Dans les pays qui ne tirent pas, comme la Suisse, l'essentiel de leur énergie électrique des forces hydrauliques, mais de combustibles, le kWh est compté dans les bilans énergétiques à une valeur équivalant à la quantité de chaleur nécessaire pour produire 1 kWh dans une usine thermique, le plus souvent à 2800 kcal. Les facteurs de conversion adoptés modifient donc la part des divers agents énergétiques à la consommation totale d'énergie. Les bilans d'énergie sont de ce fait problématiques; ils ont surtout un intérêt pour concrétiser les tendances et exprimer en chiffres les modifications de l'importance relative des divers agents énergétiques. Ce sont ces tendances et modifications que la figure 3 a pour objet de présenter. Les surfaces correspondent à la consommation d'énergie pendant les années prises en considération, la hauteur des bandes indique la part revenant aux divers agents énergétiques dans la couverture des besoins totaux d'énergie brute.

Voici, résumé, le rôle tenu par les divers agents énergétiques dans le développement de l'économie énergétique en général, et tout d'abord par l'électricité, notre ressource indigène la plus importante.

Electricité

La consommation d'énergie électrique augmente de près de 6 % par an, accroissement pratiquement parallèle depuis la guerre à celui de la consommation totale d'énergie brute. Sa part à la couverture des besoins totaux, un cinquième environ (19 %), n'a donc pas changé pendant ce temps, mais en 1938 elle ne faisait encore que 13 %. Rappelons bien, pour éviter toute confusion, que le kWh est compté à 860 kcal, équivalent de la chaleur qu'il est susceptible de produire. En admettant 2800 kcal par kWh, quantité d'énergie nécessaire pour le produire (cette méthode est en usage par exemple dans les pays de la Communauté Economique Européenne), la part de l'électricité à la consommation totale d'énergie brute monterait à 43 %.

Les chutes d'eau fournissent 99 % de l'électricité produite dans notre pays. Pendant le semestre d'été, les débits sont abondants et l'énergie électrique disponible dépasse fortement les besoins qui atteignent actuellement 11 milliards de kWh; la production excédentaire est exportée. Les débits d'été servent aussi à remplir les bassins d'accumulation artificiels, situés généralement à haute altitude, dont les réserves suffisent à couvrir $\frac{2}{3}$ des besoins d'énergie électrique du semestre d'hiver. Ceux-ci s'élèvent également à 11 milliards de kWh environ. Les débits naturels d'hiver couvrent $\frac{2}{3}$ à $\frac{3}{4}$ des besoins du semestre. Lorsqu'ils sont abondants, ils fournissent même des excédents d'énergie électrique pour l'exportation. S'ils sont maigres, le déficit qui en résulte est couvert par l'importation, qui peut atteindre, en cas de conditions de production extrêmement défavorables, jusqu'à $\frac{1}{3}$ de la consommation d'électricité du semestre.

Les forces hydrauliques suisses, parmi celles qui sont aménageables tant du point de vue économique qu'en con-

sidération de la protection des sites bien justifiée, sont pour plus de la moitié déjà équipées. La consommation d'énergie électrique doublant en 12 jusqu'à 13 ans, les forces hydrauliques ne suffiront à couvrir les augmentations de la demande que jusqu'en 1975 environ (et même moins longtemps pendant le semestre d'hiver). Compte tenu du temps nécessaire pour établir les projets et construire les usines, la Suisse se trouve aujourd'hui déjà placée devant le choix de nouveaux procédés de production à mettre en œuvre. Les milieux responsables sont tous d'avis que les augmentations de consommation ne peuvent pas simplement être compensées par une augmentation des importations d'énergie électrique, qui mettrait notre approvisionnement par trop sous la dépendance de l'étranger. Ils voient tous aussi l'avenir de la production électrique dans l'énergie nucléaire. Des divergences n'existent que sur le point de savoir s'il est opportun de construire déjà maintenant de grandes usines atomiques ou s'il y a lieu d'envisager une phase intermédiaire pendant laquelle on construirait quelques grandes usines thermiques chauffées au charbon ou à l'huile lourde.

Les développements récents de la technique nucléaire permettent de prévoir que, dans les conditions valables pour la Suisse, une usine atomique commandée aujourd'hui pour entrer en service peu avant 1970 livrerait à cette date du courant dont le prix de revient ne différerait guère de celui fourni par des usines thermiques conventionnelles. Les résultats d'une étude comparative effectuée à la demande de l'Office fédéral de l'économie énergétique par un important bureau d'ingénieurs suisse et qui date de ce printemps concluent également dans le même sens. Cette étude confronte les coûts de production d'une usine conventionnelle suisse d'une puissance de 250 MW exploitée à l'huile lourde (le combustible le meilleur marché pour les conditions propres à notre pays) et les coûts de production d'une usine atomique de provenance étrangère de même puissance, montée en Suisse, choisie parmi les types éprouvés, fonctionnant à l'uranium enrichi et modérée à l'eau naturelle. En admettant pour les deux usines une durée d'amortissement de 20 ans, l'usine atomique fournirait le courant à meilleur marché à partir d'une certaine durée d'utilisation annuelle. Deux éléments avantagent l'énergie atomique en Suisse. C'est tout d'abord le faible taux du loyer de l'argent et la modicité des impôts sur le capital qui sont sensiblement plus bas en Suisse que dans beaucoup d'autres pays. Le faible niveau des frais de capitaux se répercute sur le prix de revient de la production des installations exigeant des investissements importants et favorise les usines atomiques plus que les usines thermiques conventionnelles. En second lieu, la longueur des voies de ravitaillement fait monter plus sensiblement le prix de revient en Suisse des combustibles fossiles, qui sont combien plus volumineux que les « combustibles » atomiques.

Ces derniers se présentent sous une forme si compacte, qu'un kilogramme d'uranium équivaut au chargement d'un wagon d'huile lourde de 10 à 20 tonnes environ. Le stockage du « combustible » nucléaire pour parer à des difficultés de ravitaillement est bien plus simple et meilleur marché que celui des combustibles fossiles et, en outre, il ne constitue pas un danger de pollution pour les eaux, ce qui n'est pas le cas des produits pétroliers. Un autre avantage important des usines atomiques est qu'elles n'émettent pas de gaz nocifs. Enfin, la Suisse a un intérêt vital à ce que son industrie d'exportation se maintienne au niveau de la concurrence internationale. Elle doit veiller à ce que le

large secteur industriel intéressé à la construction des usines atomiques ne reste pas étranger au développement de la technique nucléaire. L'industrie indigène doit pouvoir entrer en compétition dans ce domaine. Pour tous ces motifs, le gouvernement de notre pays s'est prononcé en faveur d'un recours aussi rapide que possible à la technique nucléaire en vue de subvenir à nos besoins d'électricité.

Bois

La consommation de bois de feu, deuxième source d'énergie indigène, diminue d'année en année. Sa part à la couverture des besoins totaux d'énergie, qui se montait encore à 13 % en 1938, ne fait plus que 4 %. Même en chiffres absolus, les quantités consommées diminuent. Cette évolution semble irréversible.

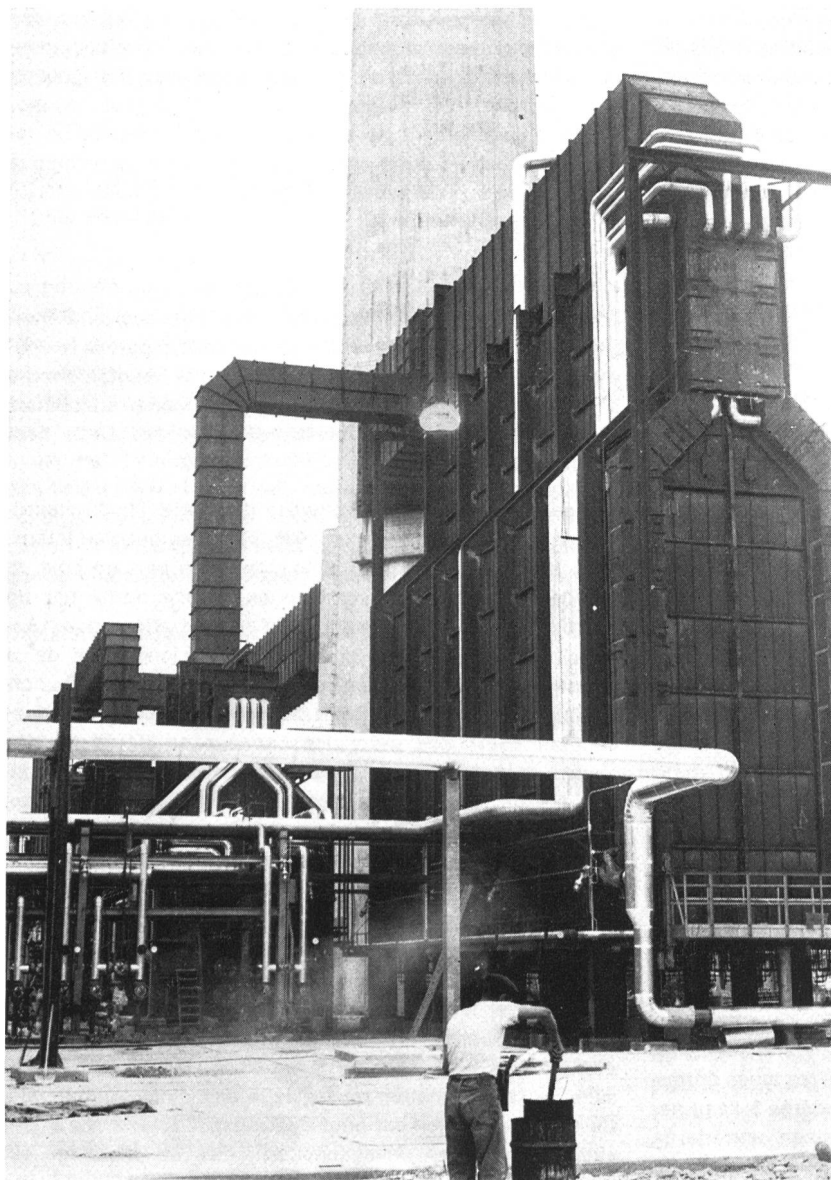
Les deux ressources indigènes d'énergie, l'hydroélectricité et le bois, couvraient en 1938 26 % des besoins totaux, 23 % encore en 1962. La diminution de la part du bois de feu depuis 1938 a été comblée en grande partie par un accroissement des utilisations d'énergie électrique. Aujourd'hui comme il y a 25 ans, l'approvisionnement de la Suisse en énergie dépend pour les trois-quarts de l'importation de combustibles. Cette part devrait s'étendre cependant au cours des prochaines années au détriment des agents énergétiques indigènes, ainsi qu'il résulte des estimations de la répartition probable pour l'année 1975 qui est indiquée à la figure 3.

Charbon

La consommation de charbon oscille depuis 1913 entre 2 1/2 et 3 1/2 millions de tonnes par an. La tendance du développement n'est pas bien définie. En valeur relative, la part du charbon à l'ensemble de la consommation d'énergie est toutefois tombée de 63 % en 1938 à 21 % en 1962 par suite de l'augmentation rapide de la consommation globale. Ce n'est pas seulement pour des raisons de prix, mais tout autant parce que l'utilisation des huiles de chauffage est plus commode que la position du charbon s'affaiblira encore. Du point de vue de la sécurité du ravitaillement en énergie, la régression du charbon est regrettable, les importations de charbon diminuant beaucoup moins que les importations de produits pétroliers en cas de tension internationale, tout au moins selon les expériences de la dernière guerre. En effet le charbon est extrait sur le continent, alors que les produits pétroliers proviennent exclusivement des pays d'outremer. De plus, la constitution de réserves d'énergie est plus simple et meilleur marché sous forme de charbon que sous forme de combustibles liquides et, en outre, les stocks de charbon ne constituent pas un danger pour les eaux souterraines.

Produits pétroliers

Les combustibles et carburants liquides ont dépassé en importance tous les autres agents énergétiques. En 1938, ils couvraient 11 % seulement de la consommation suisse d'énergie brute, puis avec 1 million de tonnes 25 % en 1950, déjà plus de la moitié en 1961, pour atteindre 56 % de la consommation globale en 1962, soit plus de 5 millions de tonnes provenant exclusivement de gisements extra-européens. La rapide augmentation de la consommation rend le transport du pétrole brut par pipe-lines et son raffinage dans le pays plus avantageux que l'importation des produits finis. La première raffinerie importante



Die «Raffineries du Rhône» in Collombey (Wallis)
 Les Raffineries du Rhône à Collombey (Valais)
 The «Raffineries du Rhône» in Collombey (Valais)
 (Copyright Photopress Zürich)

est entrée en exploitation l'année dernière à Collombey (canton du Valais). Le pétrole brut y est acheminé par pipeline à partir de Gênes. D'autres projets de raffineries sont à l'étude à Cressier (canton de Neuchâtel), à Sennwald (canton de St-Gall) et à Mägenwil (canton d'Argovie); ce dernier projet est l'objet d'une forte opposition, si bien qu'une solution de rechange est envisagée dans la région du Wauwilermoos (canton de Lucerne). Le pétrole brut serait acheminé par pipe-lines soit à travers la France, soit à travers l'Italie. La capacité totale de raffinage des quatre installations ensemble atteindrait environ 10 millions de tonnes, chiffre très voisin de la consommation globale de produits pétroliers prévue pour 1970. Ce nouveau mode de ravitaillement a l'avantage de réduire pour notre pays les frais de transport, mais aussi d'économiser des devises, car l'achat de pétrole brut est moins onéreux que l'achat de produits raffinés. De plus, comme les raffineries possèdent de grands réservoirs pour l'exploitation, ceux-ci constitueraient en même temps une capacité de stockage bienvenue pour les cas d'interruption dans le ravitaillement.

La batellerie rhénane qui transportait jusqu'à maintenant près de la moitié des carburants et combustibles liquides importés craint que l'évolution en cours dans le secteur pétrolier ne lui enlève une grande partie de son fret. Pour

diminuer, le coût des transports à partir du port de transbordement de Bâle, un projet envisage la construction d'un pipe-line pour produits raffinés qui relierait Bâle aux centres de consommation importants, avec une station finale aux environs de Zurich. La demande de concession a été adressée aux autorités fédérales en juillet 1964. C'est la première demande de concession faite sous le régime de la loi fédérale sur les installations de transport par conduites entrée en vigueur le 1er mars 1964.

G a z

Le gaz manufacturé ou gaz de ville n'est pas mentionné dans les diverses présentations graphiques de cet exposé, car il constitue une énergie secondaire obtenue principalement à partir du charbon. Bien que la consommation de gaz augmente lentement, sa part dans l'ensemble de la consommation d'énergie diminue. Le charbon utilisé pour la production de gaz (déduction faite des produits récupérables tels que le coke, les goudrons, etc.) représente 2,6 % de la consommation totale d'énergie brute.

L'économie gazière aussi est en pleine transformation. Plusieurs usines à gaz délaissent la gazéification du charbon, qui exige trop de main-d'œuvre, pour recourir aux

produits pétroliers (gaz liquéfié et essence légère) qui permettent une production de gaz plus automatisée. Sur le Plateau suisse, des mesures de centralisation de la production de gaz sont en cours de réalisation. Le gaz continuera à être produit essentiellement à partir du charbon dans l'usine à gaz de la ville de Bâle et il alimentera les villes qui ont adhéré à la nouvelle organisation au moyen de pipe-lines. En Suisse orientale, une centralisation de la production est également à l'étude. Il est envisagé d'interconnecter ensuite ces réseaux entre eux mais aussi, de les relier à des systèmes de distribution étrangers de gaz. A l'occasion de ces modifications, on tend à améliorer les procédés de fabrication afin d'obtenir un gaz aussi peu toxique que possible. Ainsi, et par les réductions de prix que rendent possibles les nouvelles méthodes de production, on espère encourager l'utilisation du gaz et faire augmenter plus rapidement la consommation. Du point de vue de l'économie énergétique, il est intéressant de noter que la transformation du charbon et des produits pétroliers en gaz occasionne moins de pertes d'énergie que leur transformation en électricité, d'où des besoins moins grands d'énergie primaire. En outre, le gaz qui peut être mis en réserve se prête mieux à la couverture des pointes provoquées par la cuisson domestique que l'électricité, dont la production et la consommation sont simultanées.

Mais le grand espoir des usines à gaz est que la Suisse soit bientôt reliée à des sources de gaz naturel. Aux Etats-Unis d'Amérique celui-ci couvre 30 % des besoins d'énergie, de sorte que la part des produits pétroliers est moins importante qu'en Suisse. Après la découverte de réserves de gaz immenses dans le sous-sol des Pays-Bas et du nord du Sahara, on peut considérer comme certain que notre pays sera rattaché d'ici peu d'années au réseau européen de transport de gaz naturel, ce qui est souhaitable en

vue d'une plus ample diversification de notre ravitaillement en énergie. Du point de vue de la protection des eaux et de l'air contre la pollution, le gaz naturel, comme le gaz de ville d'ailleurs, représente le combustible idéal.

4. CONSIDERATIONS FINALES

L'économie énergétique suisse subit actuellement, tant dans son ensemble que pour chacune de ses sources d'énergie, de profondes transformations structurelles. La part des combustibles solides (charbon et bois) dans la consommation grandissante d'énergie brute diminue d'une manière irréversible depuis la guerre. La part des produits pétroliers augmente d'autant plus, alors que l'électricité maintient tout juste son importance relative. Dans le secteur pétrolier, le transport par pipe-lines du pétrole brut et le raffinage dans le pays tendent à remplacer l'importation des produits finis. La seule ressource indigène de quelque importance, l'énergie hydroélectrique, aura besoin d'ici peu d'être complétée par la production d'usines thermiques. Notre ravitaillement en énergie électrique dépendra donc désormais lui aussi d'une manière croissante d'énergies importées. Le transport et le stockage des « combustibles » nucléaires étant plus simples et meilleur marché que celui des combustibles fossiles, il est souhaitable que la relève de l'énergie hydraulique soit assurée dans un avenir aussi peu éloigné que possible par l'énergie atomique. Tant que les recherches systématiques en cours pour la découverte de gisements de pétrole ou de gaz naturel dans le sous-sol suisse ne seront pas couronnées de succès, la sécurité de notre ravitaillement en énergie ne pourra en outre être trouvée que dans la diversification des sources et des voies d'acheminement ainsi que dans la constitution de réserves.

SURVEY OF THE SWISS ENERGY ECONOMY

Dr. H. R. Siegrist, Director of the Federal Office of Energy (Berne)

(Summary)

1. THE CAUSES OF THE NEEDS FOR ENERGY

When examining the various causes of the demand for energy in a country, one must first take into account its geographical location and soil structure. Switzerland is situated half-way between the equator and the North Pole, the inhabitants are living at an altitude between 200 and 2,000 meters above sea-level, most of them, however, on the Swiss «plateau», i.e. between 300 and 600 meters above sea-level. At these altitudes, the average temperatures make it necessary to use space heating during more than half of the year.

Switzerland, being located in the centre of Europe is a crossing point for important north-south and east-west connections by rail, road and air. Mountains and lakes, together with an agreeable climate, attract a large number of holiday-makers. Both these factors influence the amount of energy required for transport.

The type and structure of the national economy are also of basic importance, as far as energy consumption is concerned. The import and trade of the various kinds of fuels, or other forms of prime or gross energy, is free in Switzerland. The choice of which type of gross energy should be given preference, is left to the users. Normally, enough capital is available for the erection of

new energy producing plants, or for the conversion of already existing ones. The switch-over to another, according to the prevailing market conditions, more favourable form of gross energy can, therefore, be achieved comparatively quickly.

Other factors, such as the population, its standard of living and personal needs are also influencing the energy demand. The number of inhabitants in Switzerland has increased considerably since World War II, partly due to the immigration of a foreign labour force of over 700,000. The Swiss population amounts now to roughly 5.8 million, and its standard of living is one of the highest in Europe.

Graph No. 2 illustrates the development of the total gross energy demand, as well as some demographic and economic factors, in the period 1947 to 1963. It shows that the rate of increase of the gross energy demand was higher than that of all other economic factors under consideration, and that this increase followed an exponential trend corresponding to a doubling of the demand within 12 years. The per capita energy consumption has doubled in this period of 16 years. A clear, almost linear, relationship between the real net social product (i.e. based on purchasing power) and the total gross energy consumption is also noticeable.

2. USERS OF GROSS ENERGY, AND HOW THE DEMAND FOR USEFUL ENERGY IS COVERED

46 % of the total gross energy consumption is represented by space heating; 18 % by industrial consumption in the form of heat, power and light, and also chemical energy; 21 % by road, water, rail and air transport. The rest, i. e. 15 %, is absorbed by so-called small users (excluding space heating), such as in household, handicraft and agriculture in the form of heat, power and light.

The production of heat, for which all forms of gross energy are used, represents 72 % of the total gross energy consumption. 25 % of the gross energy consumption is absorbed by power producing plants, in the form of electricity as far as fixed installations and railways are concerned, and in the form of petroleum products in the case of road, water and air transport. The energy production for lightning and for the chemical industry is entirely covered by electricity, and represents 1 % and 2 % respectively of the gross energy consumption.

3. THE DEMAND FOR GROSS ENERGY, AND THE ORIGIN OF THIS GROSS ENERGY

Graph No. 3 illustrates the demand for gross energy in 1938 and 1962, and gives an estimate for 1975. The following remarks apply to the development of the various sources of energy:

Electricity:

The consumption of electrical energy is increasing at the rate of 6 % every year, and since World War II this rate of increase has been the same as for the total gross energy consumption. Today, about one-fifth of the total gross energy consumption is covered by electrical energy, in 1938 this figure was only 13 %. In Switzerland, 99 % of the electrical energy is derived from hydro power. At the present time, over one-half of the hydro-potential of the country is exploited and it can be anticipated that from 1975 onwards (in wintertime even earlier) it will no longer be possible to cover the increased demand for electricity by means of hydro power. A study has shown that a 250 MW nuclear power station of a well-proven type, if ordered now and commissioned by the end of the decade, could produce cheaper power than a conventional oil-fired steam power station, on the assumption of a certain minimum time of utilization. For both types of power station, the calculation has been based on a depreciation time of 20 years. For various reasons the Swiss government would like to restrict the number of future conventional steam power stations, and to accelerate the switch-over to nuclear power generation.

Wood:

The importance of wood as a second national source of energy is declining continuously. In 1938, 13 % of the gross energy consumption was covered by wood; in 1962, only 4 %. The consumption of wood is also declining in absolute figures, and this trend is likely to continue in the future.

These two national sources of energy — hydro power and wood — were able to cover 26 % of the energy consumption in 1938, but only 23 % in 1962.

Coal:

Although the absolute coal consumption has remained about constant over the past 25 years, its relative importance

in the total gross energy consumption has declined from 63 % in 1938 to 21 % in 1962. Coal is available from European sources, whereas petroleum products are imported from overseas. In case of international political troubles, the security of fuel supply is much better with coal than with oil. It must, therefore, be regretted that the importance of coal as a source of energy is continuously declining.

Petroleum products:

The liquid fuels are undoubtedly becoming more and more competitive on the energy market. In 1938, they were covering only about 11 % of the Swiss gross energy demand, in 1962, it was already 56 %, i. e. 5,000,000 tons. All liquid fuels are imported from overseas countries. The very steep increase of the demand for such fuels makes it attractive to restrict the import of refined products from foreign refineries, and to increase the import of crude oil by means of powerful pipeline systems, and to refine this crude oil in the country. The first important Swiss oil refinery in Collombey (Canton du Valais) was commissioned last year. There are proposed schemes for three further refineries. The anticipated capacity of all four projects will be 10,000,000 tons a year, and would correspond to the anticipated demand for petroleum products in 1970.

Gas:

The absolute consumption of gas is increasing slowly, but its relative importance is declining. About 2.6 % of the gross energy consumption is represented by coal required for gas generation, but in this respect big changes are anticipated. A number of gas-works are changing over from coal gasification to the gasification of oil products. Furthermore, a large interconnected gas pipeline system will be erected on the Swiss plateau, allowing to feed different cities by means of pipelines from a single central gas producing plant, working on the coal gasification process. At the same time, modifications are being made to the various gas producing plants in order to produce a non-poisonous gas; but the biggest hope of the gas industry is natural gas. This hope is based on the discovery of very large natural gas deposits in Holland and in the Sahara.

4. CONCLUSION

The Swiss energy economy at the present time is experiencing important changes in its structure. The relative importance of solid fuels is declining continuously since World War II, and the importance of liquid fuels is correspondingly increasing, whereas the relative importance of electricity is about constant. As far as petroleum is concerned, the conventional system of importing refined products by rail and water will have to be changed into a system whereby crude is imported by pipelines and refined in the country. The hydro-potential of the country will be entirely exploited in the near future, so that it will become necessary to add to the installed capacity new thermal power stations. It will be, therefore, more and more necessary to rely on imports in order to cover the increasing demand for electrical energy. For various reasons, it is preferable to switch-over from hydro-power generation to nuclear power generation fairly quickly. As no oil and no natural gas have been found in Switzerland, it will be necessary to rely on a broad diversification of the sources of energy in order to ensure a continuous energy supply for the country.