

**Zeitschrift:** Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 69 (1977)  
**Heft:** 6-7

**Artikel:** Ausmass und Bedeutung der noch ungenutzten Schweizer  
Wasserkräfte = Etendue et signification des forces hydrauliques suisses  
non encore utilisées  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-941492>

### **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:** 17.05.2025

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

# Ausmass und Bedeutung der noch ungenutzten Schweizer Wasserkräfte

ausgearbeitet durch den Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband

## 1. Aufgabenstellung

Bei der Ausarbeitung des Berichtes der Eidgenössischen Kommission für die Gesamtenergiekonzeption (GEK) hat es sich gezeigt, dass einige Fragen zum weiteren Ausbau unserer Wasserkräfte näher abgeklärt werden sollten. Der Präsident der GEK, M. Kohn, ist deshalb Mitte September 1976 mit der Bitte an den Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband herangetreten, die beiden folgenden Fragen zu beantworten:

1. Wie gross ist das noch nicht ausgebaute Wasserkraftpotential unseres Landes? Welcher Anteil davon dürfte noch ausgebaut werden? Dabei interessieren insbesondere die beiden Bezugsdaten 1985 und das Jahr 2000.

2. Die ältesten unserer Wasserkraftanlagen sind über 80 Jahre alt. Viele Anlagen müssen in den nächsten Jahren erneuert und umgebaut werden. Durch moderne Maschineneinheiten, durch Verbesserungen und Erweiterungen im Zuge von Umbauarbeiten können die Energieproduktion und die Leistung vor allem der älteren Anlagen gesteigert werden. Mit welcher Grössenordnung zusätzlicher Energie kann bis zum Jahre 2000 gerechnet werden? Da im Zusammenhang mit der Erneuerung von Wasserkraftwerken die Probleme des Heimfalls bzw. des Rückkaufs von Bedeutung sind, soll auch darauf eingegangen werden. Bei Erneuerungen von bestehenden Wasserkraftanlagen muss der Besitzer immer wieder prüfen, welche Investitionen wirtschaftlich tragbar sind. Der in den Wasserrechtsverleihungen vorgesehene Heimfall oder Rückkauf einer Anlage bzw. der bevorstehende Ablauf einer Konzession beeinflusst solche Erneuerungsentscheide massgebend. Umbau- und Ausbauvorhaben benötigen erfahrungsgemäss meist jahrelange Verhandlungen über die notwendigen Konzessionsanpassungen.

Auf die Fragen der Energieveredelung durch zu erstellende Pumpspeicherwerke sowie die Bereitstellung von zusätzlicher Leistung in bestehenden Anlagen zur Gewinnung von höherwertiger Energie soll in diesem Bericht nicht näher eingetreten werden.

Es ist hier auf die mit dem zunehmenden Einsatz von Kernkraftwerken grosser Leistung steigende Bedeutung der Bereitstellung genügender Reserven hinzuweisen. Pumpspeicherwerke dienen der Umlagerung von Schwachlastenergie in Spitzenenergie, der Frequenzregelung und als Phasenschieber sowie als Leistungsreserve für den Ausfall thermischer Einheiten. Mit dem Ausbau der Pumpspeicherung können im Rahmen von internationalen Abmachungen für den Austausch von Spitzenleistungen gegen ausserhalb der Höchstbelastungszeiten abrufbare Langzeit-Reserveleistung namhafte Beiträge zur Deckung des Landesbedarfs an elektrischer Energie erzielt werden. In Verbindung mit den Bauvorhaben, die der Leistungssteigerung, der Energieveredelung und der Reservehaltung dienen, werden meist gleichzeitig auch die Produktionsmöglichkeiten an Energie gesteigert.

## 2. Einleitung

### 2.1 Der Bericht 1967: Stellungnahme und Thesen des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes zum Ausbau der Schweizer Wasserkräfte

In den Jahren 1966 und 1967 befasste sich der Schweizerische Wasserwirtschaftsverband eingehend mit der Bedeutung, die der Wasserkraft auch im Zeitalter der Kernenergie zukommt. Die damaligen Erkenntnisse wurden in einer Stellungnahme und in Thesen zusammengefasst und veröffentlicht. Diese Aussagen haben ihre Gültigkeit bewahrt und auch kaum an Aktualität eingebüsst.

Für die Ausarbeitung des vorliegenden Berichtes wurde darauf verzichtet, die grundsätzlichen Überlegungen und Feststellungen des Berichtes 1967 neu zu redigieren und darzustellen. Es sei auf den Bericht hingewiesen, der in «Wasser- und Energiewirtschaft» 59 (1967), Heft 4, veröffentlicht ist.

### 2.2 Die Erarbeitung des Berichtes 1977

Zur Erarbeitung des vorliegenden Berichtes wurde ad hoc eine Arbeitsgruppe bestellt, die sich wie folgt zusammensetzte:

G. Weber, Direktor des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes, Baden (Vorsitz)  
Dr. H. Baumberger, Motor-Columbus Ingenieurunternehmung AG, Baden  
Dr. J. Glawitsch, AG Brown, Boveri & Cie., Baden  
S. Gygax, Sektionschef, Eidg. Amt für Wasserwirtschaft, Bern  
H. Hauser, Prokurist, Escher Wyss AG, Zürich  
W. Pfeiffer, lic. oec., Büro für Energiewirtschaft, Neuenhof  
K. Ried, dipl. Ing., Verband Schweiz. Elektrizitätswerke, Zürich  
B. Schwander, dipl. Ing., Chur

Genehmigt wurde der Bericht vom Ausschuss des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes, der sich zurzeit wie folgt zusammensetzt:

Ständerat W. Jauslin, Muttens, Präsident  
Alt Regierungsrat R. Lardelli, Chur, Vizepräsident  
Alt Nationalrat F. Peyrot, Genf, Vizepräsident  
Alt Nationalrat A. Martin, Chamblon  
E. Seylaz, Direktor, SA l'Energie de l'Ouest Suisse, Lausanne  
A. Spaeni, Direktor, Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Zürich  
M. Thut, Direktor, Nordostschweizerische Kraftwerke AG, Baden  
G. A. Töndury, dipl. Ing., Samedan  
Prof. Dr. D. Vischer, Direktor der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie an der ETH, Zürich

Im Ausstand:

Dr. W. Hunzinger, Direktor, Gas- und Wasserwerk, Basel  
M. Kohn, Präsident des Verwaltungsrates der Motor-Columbus AG, Baden

Folgenden Herren danken wir für Unterlagen und Ideen zum Bericht:

Eidg. Amt für Wasserwirtschaft, Bern: Dr. R. Loepfe, Direktor;  
K. Schneider  
Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich, Zürich:  
R. Härrli  
Bernische Kraftwerke AG, Bern: P. Hartmann, Vizedirektor  
Elektrowatt AG, Zürich: Dr. A. Redard, Vizedirektor; Dr. P. Stürzinger;  
W. Morgenthaler  
Escher Wyss AG, Zürich: G. Dolder, Vizedirektor; F. Fischer  
Motor-Columbus Ingenieurunternehmung AG, Baden: Dr. W. Willi;  
A. P. Engel  
Nordostschweizerische Kraftwerke AG, Baden: W. Schneider  
Suisselectra Ingenieurunternehmung AG, Basel: H. Streit, Direktor

### 3. Stand des Ausbaus des Wasserkraftpotentials

#### 3.1 Die heute genutzten Wasserkräfte

Die mittlere jährliche Produktionsmöglichkeit aller schweizerischen Wasserkraftanlagen aus natürlichen Zuflüssen (einschliesslich Saisonspeicherung) beträgt zu Beginn des Jahres 1977 31,74 TWh.

#### 3.2 Die Nutzung der Wasserkräfte nach Fertigstellung der sich im Bau befindlichen Anlagen

Zurzeit befinden sich noch einige wenige Wasserkraftanlagen im Bau bzw. Umbau. Rechnet man die Energieproduktion dieser Anlagen zur heutigen hinzu (+1,2 %), ergeben sich 32,12 TWh mittlere jährliche Produktionsmöglichkeit. Mit der Betriebsaufnahme der ersten Kernkraftwerke 1969, 1971 und 1972 und seit der Kapitalverteuerung 1973/1974 wurden nicht zuletzt auch wegen der starken Bauteuerung nur noch wenige Baubeschlüsse für Wasserkraftanlagen gefasst. Auch heute sind keine solchen für weitere Anlagen bekannt.

Bei den neueren Wasserkraftanlagen stand meist die Erhöhung der möglichen Leistung, sei es durch Einrichtung von Pumpenanlagen oder durch höheren Ausbau im Vordergrund (Gewinnung von Spitzenenergie).

Ueber das ausgebaute und noch im Bau befindliche Wasserkraftpotential der Schweiz per 1. Januar 1977 gibt die Tabelle des Eidgenössischen Amtes für Wasserwirtschaft Auskunft (Tabelle 1). Weitere Angaben finden sich in den Jahresberichten des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes.

#### 3.3 Die Schwankungen der hydraulischen Energieerzeugung

In den vorgehenden Abschnitten war immer von der mittleren Energieproduktion die Rede. Die hydraulische Produktion ist indessen starken witterungsbedingten Schwankungen unterworfen. Der sogenannte *Zehnwerkebericht* vom August 1975 veranschlagt die Abweichungen vom Ergebnis bei mittlerer Wasserführung auf Seite 8 wie folgt:

- Minderproduktion bei ungünstigen Abflussverhältnissen: rund 5 TWh bzw. etwa 15 %,
- Mehrproduktion bei guter Wasserführung: rund 3 TWh bzw. etwa 10 %.

Zwischen guten und schlechten Abflussverhältnissen ergibt sich eine Schwankungsbreite von rund 8 TWh bzw. von etwa 25 % der durchschnittlichen Erzeugung. Das entspricht der Jahresproduktion von etwa 1½ Kernkraftwerken der für Neuanlagen üblichen Leistungsklasse von 900 bis 1000 MW.

Bisher konnten diese Produktionsschwankungen durch Energieaustausch mit dem Ausland weitgehend ausgeglichen werden.

### 4. Erneuerung, Ausbau und Neubau bestehender Anlagen

Der Ausbau der Wasserkräfte zur Erzeugung von elektrischer Energie hat um die Jahrhundertwende eingesetzt, so dass verschiedene Kraftwerke heute überaltert sind. Nur wenige Anlagen wurden in den letzten Jahren grundlegend umgebaut und modernisiert. Es ist zu erwarten, dass in den kommenden Jahren viele ältere Anlagen umgebaut und vor allem den heutigen Sicherheitsvorschriften angepasst werden müssen. Die Wirkungsgrade der neuen Maschinen sind beträchtlich höher als diejenigen der ursprünglichen; die Anlagen können verbessert werden (Vergrößerungen der Ausbauwassermenge und des Gefälles), und der Betrieb wird rationalisiert bzw. weitgehend automatisiert.

Besonders fällt die Verbesserung des Wirkungsgrades der Turbinen ins Gewicht. Im Neuzustand wies z. B. eine im Jahre 1910 erstellte Niederdruck-Francis turbine für ein Flusskraftwerk bei Vollast einen Wirkungsgrad von 78 % auf. Heute ist es möglich, anstelle einer solchen Turbine eine doppeltregulierte Kaplan turbine, vorzugsweise mit horizontaler Achse (Rohrturbine), zu verwenden, deren Vollastwirkungsgrad, je nach Laufraddurchmesser, zwischen 91 % und 92,5 % liegt und deren optimaler Wirkungsgrad sogar 93 % bis 95 % erreicht. Durch den flacheren Verlauf der Wirkungsgradkurve einer Kaplan turbine gegenüber einer Francis turbine kann zudem die Wasserkraft besser ausgenutzt werden (der gute Wirkungsgrad ist über einen längeren Arbeitsbereich der Turbine vorhanden), was zusammen mit dem höheren Wirkungsgrad zu einer beachtlich grösseren jährlichen Energieproduktion führt. Ähnliche Verhältnisse, nur nicht so ausgeprägt wie bei Niederdruck-Francis turbinen, liegen auch bei Hochdruck-Francis turbinen und bei Pelton turbinen vor. Anlagen, die beispielsweise vor 40 Jahren gebaut wurden, lassen mit modernen Turbinen einen bis zu 8 % besseren Wirkungsgrad (bei gleicher Oberflächengüte des hydraulischen Profils) erwarten.

Erhöhungen der Energieproduktion bringen auch der Ersatz alter Druckleitungen sowie verschiedene bauliche Verbesserungen und Umbauten (Beispiele Seiten 135 und 136).

Für diesen Bericht wurde versucht, den mittleren jährlichen Energiegewinn durch Erneuerungen, Ausbauten und Umbauten abzuschätzen. Der Energiegewinn resultiert aus einer grossen Zahl von kleineren und mittleren Anlagen; er wird das Ergebnis von vielen Einzelentscheiden sein, die in den nächsten Jahrzehnten getroffen werden müssen. Aufgrund der Wirkungsgradverbesserungen der Turbinen, welche die vor 1950 gebauten ersetzen, konnte der Energiegewinn auf 1 TWh im Mitteljahr ermittelt werden. Dazu kommen die bessere Ausnutzung der Wasserkräfte durch den höheren Ausbau der Anlagen sowie verschiedenste

Bestehende und im Bau befindliche Wasserkraftwerke in der Schweiz — Stand 1. Januar 1977

Tabelle 1

| Wasserkraftwerke              |   | Installierte Turbinenleistung | Max. mögliche Leistung ab Generator | Speicher                                |                       | Mittlere Erzeugungsmöglichkeit <sup>1)</sup> |                  |                  |
|-------------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------|------------------|------------------|
|                               |   |                               |                                     | Nutzhalt                                | Speicher-<br>vermögen | Winter                                       | Sommer           | Jahr             |
|                               |   | 1000 kW<br>= MW               | 1000 kW<br>= MW                     | Mio m <sup>3</sup><br>= hm <sup>3</sup> | Mio kWh<br>= GWh      | Mio kWh<br>= GWh                             | Mio kWh<br>= GWh | Mio kWh<br>= GWh |
| 1                             |   | 2                             | 3                                   | 4                                       | 5                     | 6                                            | 7                | 8                |
| Bestehend (inkl. Teilbetrieb) | A | 11 450                        | 10 560                              | 3 380                                   | 8 210                 | 14 230                                       | 17 510           | 31 740           |
| Im Bau                        | B | 850                           | 730                                 | 40                                      | 70                    | 170                                          | 210              | 380              |
| Bestehend und im Bau (A+B)    | C | 12 300                        | 11 290                              | 3 420                                   | 8 280                 | 14 400                                       | 17 720           | 32 120           |

<sup>1)</sup> Pumpenergie für Saisonspeicherung nicht abgezogen, ohne Umwälzbetrieb.

Bemerkungen: In der Zusammenstellung sind für Kraftwerke an Grenzgewässern nur die Anteile der Schweiz inbegriffen (ausser in Kolonne 4). Die Werte sind gerundet. Quelle: Eidg. Amt für Wasserwirtschaft, Bern.

bauliche Verbesserungen, die zusätzlich (aufgrund von einigen bekannten Umbauprojekten) auf 1 TWh im Mitteljahr geschätzt werden. Fasst man die beiden Teilgrößen, Erhöhung der Maschinenwirkungsgrade einerseits und Verbesserungen im wasserbaulichen Bereich sowie Steigerung der Ausbauleistungen durch Erneuerungen der bestehenden Anlagen andererseits zusammen, ergibt sich ein möglicher Energiegewinn von 2 TWh im Mitteljahr; davon sind 0,3 TWh bis zum Jahre 1985 zu erwarten.

## 5. Weitere Projekte für Wasserkraftanlagen

### 5.1 Die Projektunterlagen

Die Schweizer Wasserkräfte wurden schrittweise ausgebaut. Dabei wurde entweder eine Flussstrecke der Nutzung unterworfen oder ein grösseres oder kleineres Einzugsgebiet ausgebaut. Meist wurde dabei die Wasserkraft möglichst vollständig ausgenutzt, wenigstens vollständig aus der Sicht der damaligen Erbauer.

Die heute noch nicht genutzten Gefällsstrecken unserer Gewässer sind bekannt. Für die Mehrzahl dieser Nutzungsmöglichkeiten bestehen Vorprojekte oder zumindest Projektstudien unterschiedlichen Alters und unterschiedlicher Bearbeitungsgenauigkeit. Es wurde versucht, diese Projekte zu sammeln, zu sichten und zu beurteilen.

### 5.2 Erste Beurteilung aus der Sicht der Projektverfasser

In einem ersten Arbeitsgang wurden diejenigen Projekte ausgeschieden, deren Verwirklichung als «kaum möglich» bezeichnet werden muss, dies aus Gründen der Wirtschaftlichkeit, technischer Randbedingungen, des Landschaftschutzes, der Politik usw.

Die noch verbleibenden Projekte wurden anhand eines Fragebogens beurteilt. Einmal wurde versucht, festzuhalten, weshalb das Projekt bis heute noch nicht verwirklicht werden konnte (Wirtschaftlichkeit, ungünstig gelagertes Energieangebot, Landschafts- und Naturschutz, Schwierigkeiten beim Konzessionserwerb, politische Hindernisse, andere Gründe).

Als zweites wurde die mögliche Realisierung jedes einzelnen Projektes bis zum Jahre 2000 beurteilt, dies anhand von zwei Stichwortgruppen:

Eine Realisierung des Projektes ist

- kaum möglich (ausgeschieden)
- unwahrscheinlich
- möglich
- wahrscheinlich

Eine Realisierung des Projektes wird wirtschaftlich tragbar, wenn sich der Marktwert der Energie «relativ» erhöht

- um 10 bis 50 %
- um 50 bis 100 %
- um 100 bis 200 %
- bei Steigerungen über 200 %

Diese Frageliste musste meist summarisch und ohne genügende Projekt- und Kostengrundlage beantwortet werden; es wird die Aufgabe der verschiedenen Gesellschaften sein, jedes einzelne der Projekte sorgfältig auf den neuesten Stand zu bringen, zu prüfen und jeweils die besten der Realisierung entgegenzuführen. Dabei ist aber nicht nur das Projekt selbst zu beurteilen; auch die Nachfrage nach der Energie, der Kapitalmarkt, die Entwicklung der Erstellungskosten, die politische Realisierbarkeit im weitesten Sinne sind in die Entscheidungsgrundlagen miteinzubeziehen.

## 5.3 Ergebnis der Umfrage

Die Beurteilung nach der ersten Stichwortgruppe führte zum folgenden Ergebnis:

|                                            | Mittlere jährlich mögliche Energieproduktion in TWh |       |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------|
| als «kaum möglich» beurteilte Projekte     | ausgeschieden                                       |       |
| als «unwahrscheinlich» beurteilte Projekte | 1,8                                                 | } 6,0 |
| als «möglich» beurteilte Projekte          | 3,6                                                 |       |
| als «wahrscheinlich» beurteilte Projekte   | 0,6                                                 |       |

Würden sämtliche in die Zusammenstellung aufgenommenen Projekte verwirklicht, ergäbe sich daraus im Sinne eines technischen Ausbaupotentials eine mittlere jährliche Energieproduktion von 6 TWh.

Die Umfrage konnte nach der zweiten Stichwortgruppe nicht ausgewertet werden, da zuviele Angaben fehlten.

## 6. Verkleinerung des Wasserkraftpotentials

Wenn in diesem Bericht die Frage beantwortet werden soll, um wieviel die Nutzung des Wasserkraftpotentials noch erhöht werden kann, muss die Verminderung der Ausnutzung ebenfalls untersucht werden. Es ist zu erwarten, dass mit der Zeit einige kleinere, meist ältere Wasserkraftanlagen aus wirtschaftlichen Gründen stillgelegt werden, und dass weitere Forderungen nach vermehrten Dotierwassermengen gestellt werden. Allenfalls können durch Verlandung unserer Stauseen gewisse Energieeinsparungen entstehen.

### 6.1 Stilllegung von Wasserkraftanlagen

#### Wirtschaftlichkeit

Bei erneuerungsbedürftigen Wasserkraftanlagen muss die Neuinvestition aufgrund von Kosten-Nutzenanalysen wirtschaftlich verantwortet werden können. Auf der Kosten Seite sind dabei neben den Anlagekosten die Zinssätze, die Lebensdauer und Abschreibungen und die Betriebskosten die massgebenden Faktoren. Dabei dürfen nicht nur Momentanwerte, sondern es müssen auch Tendenzen berücksichtigt werden. Eine Reduktion der Lohnkosten des Betriebspersonals kann mit vermehrter Automation erreicht werden, womit zusätzliche Kapitalkosten verbunden sind und allenfalls Arbeitsplätze aufgegeben werden müssen.

Auf der Nutzenseite sind die Versorgungsbedürfnisse der Kraftwerkeigentümer massgebend; diese sind nicht nur aus der heutigen Sicht, sondern auch im Hinblick auf künftige Mangel- und Ueberschuss-Situationen zu beurteilen. Auch Ueberlegungen, wie die Substitution, werden in Zukunft eine wichtige Rolle spielen.

#### Rechtliches

Massgebend für die Verpflichtungen, die ein Konzessionär auch nach Aufgabe der Werkanlage weiter zu tragen hat, sind die Wasserrechtsgesetzgebungen des Bundes, des oder der Kantone sowie die Konzessionsbestimmungen. Bei verschiedenen Beispielen hat es sich gezeigt, dass durch die Stilllegung anfallende Kosten für den Konzessionär beträchtliche Ausmasse annehmen können:

— Wiederherstellung des ursprünglichen Zustandes und Abbruch der Anlagen;

— Konzessionsverpflichtungen (Ufer- und Strassenunterhalt, Fischerei, Kleinschiffahrt, Hochwasserschutz, Grundwasservorkommen, Wanderwege usw.) allenfalls bis Konzessionsende;

— Aufhebung von Rechten, die Dritte an den Anlagen erworben haben (Ein- und Ableitungen von Wasser, Wegrechte, Natur-, Heimat- und Denkmalschutz usw.).



## Energieeinbussen

Der Eigentümer, der zu entscheiden hat, ob er seine Wasserkraftanlage stilllegen soll oder nicht, wird die Energieeinbusse zu dem während der weiteren Konzessionsdauer zu erwartenden Marktwert oder zum Beschaffungswert aus anderen Energiequellen in seine Berechnungen einsetzen. Zusätzlich müssen aber noch weitere Ueberlegungen angemessen gewürdigt werden:

— Die Umweltbelastung, die sich beispielsweise aus dem Bereitstellen von thermischer Energie ergibt, kann grösser sein als diejenige, die aus dem Weiterbetrieb der Wasserkraftanlagen zu erwarten wäre.

— Die Ersatzenergie aus thermischen Anlagen vergrössert die schweizerische Auslandabhängigkeit (importierte Brennstoffe).

— Je nach der Lage der Zahlungsbilanz sind die Devisenausgaben für die importierten Brennstoffe in die Ueberlegungen miteinzubeziehen.

## Steuern und weitere Leistungen an die öffentliche Hand

Durch die Stilllegung des Werkes entstehen für die betroffenen Gemeinwesen Steuerrückgänge sowie Ausfälle von Nebenleistungen der Wasserkraftbesitzer. Je nach Grösse der Anlage sind diese Einbussen beträchtlich und je nach Finanzkraft der Standortgemeinde können sie sich auf ihre Finanzlage sehr ungünstig auswirken.

## Stilllegung von Wasserkraftanlagen, Folgerungen

Falls Kraftwerksanierungen oder -erneuerungen zu Energiegestehungskosten möglich sind, die mit jenen aus thermischen Kraftwerken zu erwartenden vergleichbar sind, dürfte sich eine Stilllegung unter Verzicht auf die Kraftwerkerneuerung wohl in Einzelfällen aus umweltschützerischen, nicht aber aus sicherheits- und versorgungspolitischen Gründen rechtfertigen. In jedem Einzelfall wäre die Stilllegung eines Wasserkraftwerkes sehr genau zu begründen. Energiemässig wird die Stilllegung von Anlagen (meist werden es kleine Anlagen sein) für den Energiehaushalt der Schweiz kaum ins Gewicht fallen; in den Berechnungen dieses Berichtes wird diese Grösse nicht ausgewiesen.

## 6.2 Energieeinbusse durch Vergrösserung von Dotierwassermengen

Die zwischen der Wasserfassung und der Wasserrückgabe eines Kraftwerkes noch verbleibende Restwassermenge setzt sich zusammen aus dem nicht gefassten Wasser (Fassungsverluste, Ueberlauf, Sickerwasser und Dotierwassermenge) sowie den Zuflüssen aus den Zwischeneinzugsgebieten. Das Eidgenössische Amt für Wasserwirtschaft<sup>3)</sup> hat in einer Untersuchung festgestellt, dass sich das schweizerische Gewässernetz gemäss den offiziellen topographischen Karten 1:50 000 über insgesamt 42 000 km Länge erstreckt. Davon werden nur 2000 km in spürbarer Weise von der Wassernutzung beeinträchtigt. Als Kriterium wird dabei eine Veränderung der jährlichen Wasserfracht von 20 % und mehr bezeichnet.

In der Schweiz sind es in der Regel nicht gesetzliche Bestimmungen, die eine bestimmte minimale Wassermenge verlangen. Es ist vielmehr Aufgabe der Behörde, die ein Wasserrecht verleiht, im Rahmen ihrer Pflicht zur Wahrung der öffentlichen Interessen (Abwägung der Interessen der

<sup>3)</sup> Eidg. Amt für Wasserwirtschaft: Natürliche und durch Ableitungen beeinflusste Wasserführung der schweizerischen Gewässer (Stand 1. 1. 1967), Mitteilung Nr. 45, Bern 1968.

<sup>4)</sup> D. Vischer: Der Einfluss der Wasserkraftnutzung auf die Umwelt «Oesterreichische Wasserwirtschaft» 27/1975, Heft 11/12, S. 268—276.

Energieversorgung gegenüber denjenigen von Gewässerschutz, Fischerei, Natur- und Landschaftsschutz usw.) zu entscheiden, wie weit sie ein Gewässer mit Nutzungsrechten belasten darf und ob sie entsprechend bei der Verleihung einen Restwasservorbehalt aufnehmen soll<sup>4)</sup>.

Ist eine Verleihung einmal erteilt, kann der Umfang eines Nutzungsrechtes auch im öffentlichen Interesse nur gegen Entschädigung eingeschränkt werden. Begehren nach grösseren Dotierwassermengen in den genutzten Bach- und Flusstrecken werden in letzter Zeit vermehrt gestellt. Insbesondere an stark durch Verunreinigungen belasteten Gewässern werden mit Nachdruck bessere Verhältnisse gefordert. Die Reinigung der Abwässer ist gemäss Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer gegen Verunreinigung vom 8. Oktober 1971 ohnehin vorgeschrieben.

Durch jede Erhöhung der Dotierwassermengen vermindert sich die Energieproduktion. Diese Einbusse fällt vor allem in Trockenzeiten ins Gewicht. Wird eine konstante oder sogar eine bei abnehmenden Zuflüssen wachsende Dotierung verordnet, ist der energiewirtschaftliche Nachteil besonders einschneidend. Die damit verbundene Produktionseinbusse fällt insbesondere dann ins Gewicht, wenn infolge der allgemein kleineren Ergiebigkeit der hydraulischen Erzeugung die sich an den Kosten der thermischen Aushilfsproduktion orientierenden Marktpreise der elektrischen Energie Höchstwerte erreichen. Eine Entschädigung für Dotierwassermengen wäre mit erheblichen Kosten verbunden. In der Praxis wird deshalb versucht, auf dem Wege einer gütlichen Vereinbarung zwischen dem Konzessionär und der Verleihungsbehörde zu einer differenzierten Lösung zu gelangen.

Ueber die Minderproduktionen in den Schweizer Wasserkraftanlagen infolge vorgeschriebener Dotierwassermengen, liegt keine systematische Zusammenstellung vor. Eine Vorhersage, wieviel Energie der Schweiz durch zusätzliche Dotierwassermengen verloren gehen wird, ist nicht möglich. Jeder Vergrösserung der Dotierwassermengen wird ein zähes Ringen um den Ausgleich zwischen Energieversorgung und den Interessen an vermehrtem Dotierwasser vorangehen. Die Summe aller Begehren kann die Grössenordnung von einigen 100 Mio kWh/Jahr erreichen, Mengen, die in unserem Energiehaushalt nicht vernachlässigt werden dürfen.

## 6.3 Energieeinbusse durch Verlandung unserer Stauseen

Unsere Alpenflüsse führen meist beträchtliche Feststoffmengen, Geschiebe usw., die sich in den Speicherseen ablagern. Die vorhandenen Spüleinrichtungen der Stauseen haben vielfach nur beschränkte Wirkung. Falls die Auflandungen nicht entfernt werden, können sie mit den Jahren zu Produktionseinbussen führen. Im vorliegenden Bericht wurde auf die Energieeinbusse infolge Verlandung der Stauseen nicht näher eingegangen.

## 7. Einflussgrössen, die den weiteren Ausbau unserer Wasserkraftanlagen bestimmen

Die Elektrizitätswerke sind verpflichtet, in ihren Absatzgebieten eine den Bedürfnissen der Abnehmer genügende und möglichst störungsfreie und preisgünstige Stromversorgung sicherzustellen. Bei der Bereitstellung der dazu erforderlichen elektrischen Energie sind die Marktverhältnisse zu berücksichtigen. Als wirtschaftliche Unternehmungen

<sup>4)</sup> Bundesgesetz über die Nutzbarmachung der Wasserkräfte vom 22. 12. 1916.

gen haben die Elektrizitätsgesellschaften die dauernde Aufgabe, ihr Energiebeschaffungspotential der voraussehbaren Bedarfsentwicklung entsprechend und auf lange Sicht zu möglichst günstigen Kosten zu erhöhen.

Der Weiterausbau der Wasserkräfte wird daher in hohem Masse von der Entwicklung der wirtschaftlichen Einflussgrössen abhängen:

- Zunahme des Elektrizitätsbedarfs; Substitution von anderen Energieträgern durch Elektrizität
- Bau- und Anlagekosten, Energiegestehungskosten
- Kapitalmarkt
- Versorgungssicherheit und Diversifikation der Energiequellen
- Weitere Interessen am Ausbau der Wasserkräfte
- Das Verständnis der Umweltbelange in der Energiepolitik
- Staatliche Lenkungsmaßnahmen
- Probleme des Konzessionsablaufs

### 7.1 Zunahme des Elektrizitätsbedarfs; Substitution von anderen Energieträgern durch Elektrizität

Es ist nicht Aufgabe dieses Berichtes, sich mit der Steigerung des Elektrizitätsbedarfs im einzelnen auseinanderzusetzen. Wir verweisen hier auf den Zwischenbericht vom Mai 1976 der Eidg. Kommission für die Gesamtenergiekonzeption sowie auf den Ende 1977 in Aussicht gestellten Schlussbericht. Aufgrund der dort vorgelegten Bedarfsprognosen ist der durch Wasserkraft mögliche Zuwachs der Energieproduktion wesentlich kleiner als die Zunahme des gesamten Stromverbrauchs. Die in der vorliegenden Untersuchung aufgezeigten weiteren Produktionsmöglichkeiten beeinflussen durch ihre Realisierung, die sich aus rechtlichen und technischen Gründen über viele Jahre hinziehen wird, den einzuschlagenden Weg der Bedarfsdeckung nur wenig.

Die noch zu bauenden Wasserkraftanlagen werden in kleinen Tranchen ihren Beitrag an die Elektrizitätsversorgung liefern und den zeitlichen Ablauf der Bereitstellung von Kernkraftanlagen oder alternativer Energieerzeugungsanlagen nur unwesentlich beeinflussen.

### 7.2 Bau- und Anlagekosten; Energiegestehungskosten

Die Schweizer Ingenieure und Techniker haben im Bau von Wasserkraftwerken eine grosse Erfahrung. Es ist möglich, die Bau- und Anlagekosten einigermaßen zuverlässig abzuschätzen, mit der Einschränkung, dass, wie bei allen länger dauernden Bauvorhaben, die Erstellungskosten der Teuerung unterworfen sind. Die massive Steigerung der Baukosten in den letzten zwanzig Jahren ist beinahe zur Ruhe gekommen, und es ist zu hoffen, dass die Baukosten für Wasserkraftanlagen in nächster Zeit nicht mehr derart stark ansteigen. Steigen diese langsamer an als die Kosten für die Erschliessung anderer und neuer Energiequellen, wie zum Beispiel für den Kernkraftwerkbau und -betrieb, werden Wasserkraftprojekte, die in letzter Zeit als unwirtschaftlich beurteilt wurden, an Interesse gewinnen.

### 7.3 Der Kapitalmarkt

Wasserkraftwerke sind kapitalintensiv. Schon seit jeher sahen sich die Elektrizitätsunternehmen unseres Landes veranlasst, neben der Eigenfinanzierung für den Ausbau der bestehenden Produktions- und Verteilanlagen Fremdgelder aufzunehmen. Die Kapitalkosten bestimmen massgeblich die Energiegestehungskosten aus Wasserkraftanlagen, und die Schwankungen der Zinssätze für Fremdgelder wirken sich direkt auf die Kosten der hydraulischen Energie aus.

In der Schweiz waren die Kapitalkosten lange Zeit sehr niedrig. Nicht zuletzt dank den tiefen Zinssätzen waren wir in der Lage, unsere Wasserkräfte im erreichten Ausmass auszubauen, und somit besitzen wir heute einen Pfeiler unserer Energieversorgung, der auslandunabhängig ist.

Nach Jahren mit hohen Zinssätzen ist in jüngster Zeit das Zinsniveau wieder im Sinken begriffen, so dass verschiedene Wasserkraftprojekte neu beurteilt werden können. Diese neue Beurteilung zeigt, dass einige vor Jahren als unwirtschaftlich nicht weiter verfolgte Projekte heute plötzlich wieder an Aktualität gewonnen haben.

Der Einfluss der Kapitalkosten auf die Energiegestehungskosten lässt sich mit folgender Faustregel veranschaulichen: Eine Veränderung der Kapitalkosten um 1 % beeinflusst die Energiegestehungskosten um rund 10 bis 12 %. Im Bild wurden die mittleren Zinssätze von Anleihen für Wasserkraftanlagen über die letzten zehn Jahre aufgezeichnet. Diese stiegen von 5 % im Jahre 1966 auf 6 1/2 %, sanken auf 5 1/4 % im Jahre 1972, erreichten wiederum neu eine Spitze von 8 1/2 % Ende 1974 und sind Ende 1976 wieder unter 5 % gefallen.

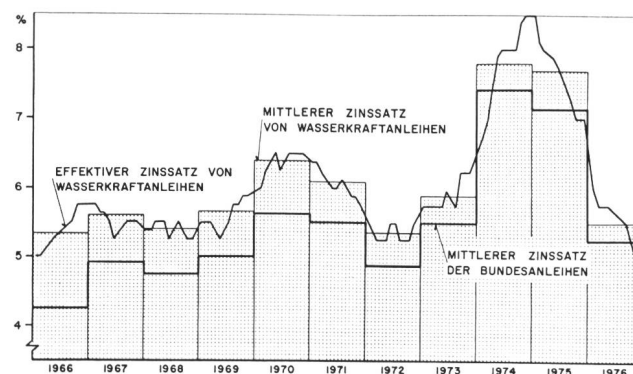
### 7.4 Versorgungssicherheit und Diversifikation der Energiequellen

Spätestens seit der sogenannten Oelkrise vom Spätherbst 1973 ist auch der schweizerischen Öffentlichkeit bewusst geworden, wie einseitig ausgerichtet unsere Energieversorgung mit einem Erdölanteil von gegen 80 % wirklich ist. Auch die Elektrizitätsversorgung, die bis vor wenigen Jahren ausschliesslich auf Wasserkraft basierte, wird mit wachsender Nuklearproduktion in steigendem Masse auslandabhängig. Die Uranförderung und -aufbereitung sowie die Wiederaufbereitung von Kernbrennstoffen werden von wenigen Ländern kontrolliert, und auch hier sind massive Störungen des Gleichgewichtes und Liefererschwernisse nicht auszuschliessen.

Der Energieanteil aus den einheimischen Wasserkräften ist auslandunabhängig. Es liegt somit im Interesse der Versorgungssicherheit, dass dieser Anteil möglichst gross bleibt. Im Moment eines Baubeschlusses für eine Wasserkraftanlage lässt sich diese Auslandunabhängigkeit nur schwer bewerten und die Wirtschaftlichkeitsberechnung miteinbeziehen.

### 7.5 Weitere Interessen am Ausbau der Wasserkräfte

Die volkswirtschaftliche Bedeutung der Erstellung von Wasserkraftanlagen ist nicht bestritten. Die grossen Investitionen bringen einen besonders in wirtschaftlich wenig entwickelten Landesgegenden erwünschten wirtschaftlichen



Entwicklung der Zinssätze für öffentlich aufgelegte Obligationen anleihen von Wasserkraftwerken. Quelle: Monatsberichte der Schweizerischen Nationalbank.

Aufschwung. Der Bau von Wasserkraftanlagen hat viel zum Einkommensausgleich zwischen wirtschaftlich starken und schwachen Gebieten beigetragen, und der weitere Ausbau kann, von dieser Seite her gesehen, nur begrüsst werden. Die Behörden der betroffenen Kantone und Gemeinden haben auch ihr Interesse am Weiterausbau immer wieder bekundet und die Projekte der Elektrizitätsgesellschaften meist tatkräftig unterstützt. Die fiskalischen und volkswirtschaftlichen Auswirkungen der Wasserkraftnutzung wurden verschiedentlich an Beispielen dargestellt. Hier sei auf den Bericht 1967 des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes verwiesen, wo diese Probleme zusammengefasst sind<sup>5)</sup>. Es sind jedoch nicht nur die Berggebiete, die einen weiteren Ausbau von Wasserkraftanlagen befürworten. Die schweizerische Industrie und vor allem die schweizerische Bauwirtschaft haben an der Nutzbarmachung der Wasserkräfte grosses Interesse. Durch den «Multiplikatoreffekt» der Investitionen wird auch die Wirtschaft auf breiter Basis neue Impulse erhalten.

### 7.6 Das Verständnis der Umweltbelange in der Energiepolitik

Mit jedem grösseren Bauwerk tritt der fortschreitende Eingriff der Zivilisation, die unser Leben im Wohlstand begründet, auf das bestehende Gefüge von Natur- und Landschaft erneut zutage und über solche Beispiele wird meist heftig diskutiert. Die Wasserbauer hatten sich immer wieder mit den Fragen des Natur- und Heimatschutzes auseinanderzusetzen, und beim Bau der heute bestehenden Wasserkraftanlagen wurde stets mit Erfolg versucht, die verschiedensten, oft divergierenden Interessen in einer sinnvollen Synthese zu berücksichtigen.

Die Umweltbelange stossen in jüngster Zeit von allen Seiten auf grosses Verständnis. Die qualitative Beurteilung von wenigen augenfälligen Einzelaspekten ist einer vermehrt quantifizierenden Gesamtbetrachtung gewichen. Dabei werden immer mehr nicht nur einzelne Bauwerke, sondern umfassende Tätigkeitsgebiete des Menschen neu überdacht und untersucht. Gerade die Arbeiten der Kommission für die Gesamtenergiekonzeption räumen dieser gesamtökologischen Betrachtungsweise den ihr gebührenden Platz ein. Im Zwischenbericht der GEK vom Mai 1976 heisst es auf Seite 29:

*«Umweltgerecht heisst nicht mehr: nur Schutz der Landschaft, der Gewässer und der Luft, sondern: der Umwelt in umfassendem Sinne gerecht werdend, z. B. auch im Blick auf die Ressourcen und die Nachwelt (gesamtökologische Betrachtungsweise).»*

Die hydraulischen Kraftwerke nützen eine von Natur aus sich stets erneuernde Energiequelle der Sonne. In der Wasserkraft bietet sich ein Teil der Sonnenenergie in stark gebündelter Form dem Menschen zu wirtschaftlich nutzbaren Bedingungen geradezu an. Die Wasserkraftnutzung verschmutzt weder Luft, Boden noch Gewässer. Das Wasser wird nicht «verbraucht», sondern nur seine Energie wird genutzt. Die Wasserkraft erfüllt somit die Ansprüche, die man an eine «sanfte Technologie» stellt.

Wie alle grossen Bauvorhaben hat auch der Ausbau der Wasserkraft seine Gegner. Es ist nicht zu erwarten, dass derart grosse Projekte nur Vorteile versprechen; auch Nachteile sind dabei in Kauf zu nehmen. Vor- und Nachteile aus wirtschaftlicher, ökologischer und menschlicher Sicht sind sorgfältig gegeneinander abzuwägen.

Die bestehenden Wasserkraftanlagen sind mit der Umwelt verwachsen, sie sind ein Bestandteil der Landschaft ge-

worden. Die Bewirtschaftung hat sich gut eingespielt, und die Nachteile der Anlagen halten sich in einem vertretbaren Rahmen.

Oft gruppiert sich eine Opposition im Einzelfall um die lokalen Interessen oder um bestimmte Anliegen. Kreise des Landschaftsschutzes haben denn auch schon wesentliche Vorbehalte für jeden weiteren Ausbau der Wasserkräfte angemeldet. Massgebend wird der Ausbau der Wasserkräfte beeinflusst vom Zeitplan der Realisierung der nötigen Kernkraftwerke. Sollte sich durch die Verzögerung der Erstellung weiterer Kernkraftwerke eine empfindliche Energielücke abzeichnen, so müssten die noch brachliegenden Wasserkraftreserven raschmöglichst ausgebaut werden.

### 7.7 Staatliche Lenkungsmassnahmen

Die Auslandabhängigkeit unserer Energieversorgung und konjunkturpolitische Momente können dazu führen, den Weiterausbau durch die öffentliche Hand zusätzlich zu fördern. Solche Schritte sind eingehend und gründlich zu prüfen. Die eingesetzten Mittel kämen dabei produktiven Betrieben zugute, die zum grössten Teil der öffentlichen Hand gehören und wichtige öffentliche Aufgaben erfüllen. Insbesondere können Entgegenkommen und Konzilianz der Behörden in den Verhandlungen um neue Wasserrechtsverleihungen und um die Erweiterung bestehender Rechte den Weiterausbau der Wasserkräfte massgebend fördern.

Wir erwarten, dass die Eidgenössische Kommission für die Gesamtenergiekonzeption den Weiterausbau der Wasserkräfte in ihr Programm aufnimmt.

### 7.8 Probleme des Konzessionsablaufes

Der Bau von Wasserkraftanlagen ist ein derart kapitalintensives Unterfangen, dass die Inhaber der Wasserhoheit (Kantone oder Gemeinden) in der Regel nicht in der Lage sind, Wasserkräfte grösseren Ausmasses selbst zu nutzen. Dazu kommt der erschwerende Umstand, dass sich grössere hydraulische Anlagen nur im Verbund mit anderen Kraftwerken und Versorgungsgebieten wirtschaftlich optimal betreiben lassen. Der Inhaber der Wasserhoheit nutzt diese deshalb nur ausnahmsweise selbst. Wo dies zutrifft, entfällt das ganze Problem der Konzessionierung und mithin der zeitlichen Befristung der Nutzungsrechte<sup>6)</sup>.

Im Normalfall verleiht der Hoheitsträger das Nutzungsrecht einer öffentlich-rechtlichen oder einer privatrechtlichen Körperschaft für eine bestimmte Dauer in der Form einer Konzession. In den Konzessionsbedingungen sollen die oft divergierenden Interessen zwischen Konzedent und Konzessionär ihren Ausgleich finden. Zwischen dem 1. Januar 1977 und dem 31. Dezember 1999 laufen über 50 Konzessionen von Werken ab, die zusammen jährlich rund 3 TWh produzieren.

Beim Ablauf einer Wasserrechtsverleihung muss über das weitere rechtliche und wirtschaftliche Schicksal des betreffenden Kraftwerks entschieden werden. Ein Wassernutzungsrecht darf höchstens auf die Dauer von 80 Jahren verliehen werden. Die wesentlichen Anlässe, die zum Erlöschen der Konzession führen, sind die *Ausübung des Rückkaufrechts* oder der *Eintritt des Heimfalls*. Der Gesetzgeber hat dem Konzedenten diese beiden Instrumente in die Hand gegeben, damit er bei der Rücknahme der Nut-

<sup>5)</sup> Siehe «Wasser- und Energiewirtschaft» 59 (1967), Heft 4, S. 98.

<sup>6)</sup> Siehe auch W. Pfeiffer: Zur energiewirtschaftlichen Bedeutung der frühzeitigen Neuregelungen von ablaufenden Wasserrechtsverleihungen. «Wasser, Energie, Luft» 69 (1977), S. 13–15.



zungsrechte auch die Kraftwerkanlagen zu günstigen Bedingungen erwerben kann. Der Wortlaut der Konzessionen enthält in der Regel lediglich die Heimfall- oder Rückkaufgrundsätze und allgemeine Verfahrensnormen, die dann Jahrzehnte später wirksam werden sollen. Dies hat zur Folge, dass die konkreten wirtschaftlichen Bedingungen erst in einer Schlussphase der Verleihungsdauer genau festgelegt werden. Im Interesse der Sache ist zu wünschen, dass das in gegenseitigem Einvernehmen geschieht. Die lange Konzessions- und Betriebsdauer von Wasserkraftanlagen und die entsprechende, übliche Abschreibungspraxis wirken sich auf deren Wirtschaftlichkeit günstig aus.

Das Herannahen des Konzessionsablaufs dämpft aus naheliegenden Gründen die Investitionsfreudigkeit; der Beliehene ist lediglich verpflichtet, die Anlagen und Einrichtungen, an denen ein Heimfallrecht besteht, in betriebsfähigem Zustand zu halten. Ein Ausbau, eine Erweiterung oder eine tiefgreifende Modernisierung der Anlage kann kurz vor Ablauf der Konzession — auch wenn technisch angezeigt — vom Konzessionär wirtschaftlich kaum mehr verantwortet werden, weil die Abschreibungsdauer dafür zu kurz geworden ist.

Die besten Voraussetzungen für eine umfassende Erneuerung und gegebenenfalls für den Weiterausbau von Wasserkraftwerken ist die Verleihung einer neuen Konzession an den bisherigen Konzessionär, unter Umständen auch vor dem Ablauf der Konzession.

Als zweite Möglichkeit ist eine Verständigung mit aufschiebender oder einschränkender Wirkung für die Ausübung der Heimfall- oder Rückkaufsrechte denkbar. Als drittes Modell sei der Einbezug des Konzedenten in eine neu zu formierende Nutzungspartnerschaft erwähnt, die im Rahmen einer neuen Verleihung als Konzessionär fungiert.

Die zweckmässige Neuregelung von Wasserrechtsverleihungen ist ein anspruchsvolles Unterfangen, das neben fundierter Sachkenntnis vor allem auch die Bereitschaft erfordert, sich ohne Zeitdruck im umfassenden Gespräch in die Lage des Kontrahenten hineinzudenken. Das gemeinsame Interesse von Konzedent und Konzessionär an einer möglichst vollständigen und rationellen Nutzbarmachung der Wasserkräfte muss auch in Zukunft für die Verständigung zwischen Verleiher und Beliehenem wegleitend bleiben.

## 8. Gesamtbeurteilung

Das in den ersten Teilen dieses Berichtes zusammengestellte Ausbaupotential muss im Gesamtrahmen beurteilt werden. Neben der Wirtschaftlichkeit spielen dabei politische, rechtliche und ökologische Überlegungen mit.

### *Umbauten, Erneuerungen, Erweiterungen bestehender Wasserkraftanlagen*

Durch Umbauten, Erneuerungen und Erweiterungen bestehender Anlagen kann gesamtschweizerisch die jährliche Energieproduktion um rund 2 TWh vergrössert werden. Die zeitliche Verteilung dieser Erhöhung hängt eng mit dem Ablauf der Konzessionen der Wasserkraftanlagen zusammen. Technisch notwendige und gesamtwirtschaftlich vorteilhafte Umbauten älterer Anlagen werden oft hinausgeschoben, weil die Kraftwerkeigentümer grössere Investitionen angesichts des näherkommenden Konzessionsablaufes nicht mehr verantworten können. Frühzeitige und in gegenseitigem Vertrauen geführte Verhandlungen über solche Umbauten, insbesondere über Heimfall und Rückkauf, sind zwischen dem Konzedenten und dem Konzessionär nötig,

um eine den verschiedenen Interessenlagen Rechnung tragende Lösung zu finden.

Etwa die Hälfte der Mehrproduktion entfällt dabei auf Erhöhung der Wirkungsgrade durch den Einbau neuer Maschineneinheiten, die andere Hälfte auf wasserbauliche Verbesserungen und weiteren Ausbau der Anlagen. Die erste Teilmenge kann als gesichert angesehen werden, denn die elektromechanischen Teile müssen altershalber ersetzt werden. Verbesserungen an den baulichen Anlagen sind für den Kraftwerkbesitzer meist wirtschaftlich wenig interessant, unterliegen diese Anlagen in der Regel doch dem unentgeltlichen Heimfall. Jede Erhöhung des Ausbaugrades (Vergrösserung der Wassermenge, der Fallhöhe, zusätzliche Fassungen) verlangt eine Anpassung der Konzession; erfahrungsgemäss gehen solchen Änderungen eingehende Studien und langwierige Verhandlungen voraus. Dabei müssen zusätzliche ökologische wie wirtschaftliche Forderungen abgeklärt werden. Für Untersuchungen über die Deckung des zukünftigen Elektrizitäts- bzw. Energiebedarfes kann man realistischerweise annehmen, dass ohne staatliche Unterstützung durch Erneuerung und Erweiterung alter Wasserkraftanlagen bis zur Jahrhundertwende insgesamt 1,5 TWh/Jahr nutzbar gemacht werden können. Bei gezielter Förderung und Unterstützung solcher Massnahmen durch Bund, Kantone und Gemeinden im Rahmen der bestehenden Gesetzgebung kann mit einer Zunahme der jährlichen gesamtschweizerischen Produktion von 2 TWh bis zum Jahre 2000 gerechnet werden.

### *Neue Wasserkraftanlagen*

Neben den Umbauten und Erneuerungen sind Projekte und Projektstudien von Wasserkraftanlagen bekannt, die bei vollständiger Verwirklichung eine mittlere jährliche Energieproduktion von 6 TWh ergeben würden. Davon könnten die als «möglich» oder «wahrscheinlich» erachteten 4,2 TWh bringen; die als «unwahrscheinlich» beurteilten 1,8 TWh.

Beim bisherigen Ausbau der Wasserkräfte wurden jeweils die günstigsten Anlagen zuerst gebaut. Die noch zu erstellenden, weniger günstigen Werke werden demzufolge zu höheren Gestehungskosten Energie liefern als die bereits vorhandenen Anlagen. Bei einer Verknappung und Verteuerung der Energie sowie bei vermehrtem Bedarf an Elektrizität zur Substituierung von Erdöl kann auf die noch wirtschaftlich auszubauenden Wasserkräfte zurückgegriffen werden. Dabei hängt der Umfang des weiteren Ausbaus wesentlich vom Ausmass der Verteuerung der Energie ab. Von diesen projektierten Anlagen würde nur ein Teil hochwertige Energie liefern und könnte dadurch die Kernkraftwerke ergänzen<sup>7)</sup>. Ein grosser Teil würde vorwiegend Bandenergie liefern und steht dadurch in direkter Konkurrenz zu den nuklearthermischen Kraftwerken, ohne qualitative Vorteile aufzuweisen. Für diese Bandenergie wäre meist mit hohen Gestehungskosten zu rechnen. Von den wirtschaftlich vertretbaren Projekten wird aus ökologischer und landschaftlicher Rücksichtnahme auch nur ein Teil gebaut werden können, jedenfalls sind bis 1985 über die bereits im Bau stehenden Werke hinaus gegenwärtig keine Baubeschlüsse für Neuanlagen bekannt.

Unter diesen Voraussetzungen wird der Produktionszuwachs durch neue Wasserkraftanlagen bis zum Jahre 2000 mit 1,5 TWh veranschlagt.

<sup>7)</sup> Die Bereitstellung vermehrter Leistung, die Energieveredelung und die Reservehaltung (Saisonspeicher, Ausgleichbecken, Pumpspeichernanlagen) wurden im vorliegenden Bericht gemäss der Fragestellung der Eidgenössischen Kommission für die Gesamtenergiekonzeption nicht behandelt. Der weitere Ausbau wird sowohl der Gewinnung zusätzlicher Energie als auch der Energieveredelung dienen.

## Zusammenstellung

Erhöhung des mittleren jährlichen Produktionspotentials  
aus Wasserkraftanlagen in TWh

Tabelle 2

|                                                                  | Eingrifflose<br>Entwicklung | Entwicklung<br>bei gezielter<br>Förderung<br>des Ausbaus |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------|
| Bis zum Jahre 1985                                               |                             |                                                          |
| Aus Fertigstellung begonnener Anlagen                            | 0,38                        | 0,38                                                     |
| Aus Ausbauten, Umbauten und<br>Erweiterung bestehender Anlagen   | 0,3                         | 0,3                                                      |
| Aus Neuanlagen                                                   | —                           | —                                                        |
| Zusammen                                                         | 0,68                        | 0,68                                                     |
| Bis zum Jahre 2000                                               |                             |                                                          |
| Aus Fertigstellung begonnener Anlagen                            | 0,38                        | 0,38                                                     |
| Aus Ausbauten, Umbauten und<br>Erweiterungen bestehender Anlagen | 1,5                         | 2,0                                                      |
| Aus Neuanlagen                                                   | 1,5                         | 1,5                                                      |
| Zusammen                                                         | 3,38                        | 3,88                                                     |

## 9. Schlussfolgerungen

Wenige Flussstrecken und einzelne Talschaften können der Energieerzeugung noch dienstbar gemacht werden. Durch Umbauten, Erneuerungen und Erweiterungen von bestehenden Wasserkraftanlagen kann die schweizerische Energieproduktion gesteigert werden. Dieser erwünschte Beitrag der Wasserkraft an den auch in den nächsten Jahren zu-

nehmenden Energiebedarf erfüllt weitgehend die Forderung nach umweltfreundlicher Energiebereitstellung. Die Auswirkungen auf die Umwelt sind bekannt, sie halten sich in vertretbarem Rahmen. Der Bau von Wasserkraftanlagen bringt der schweizerischen Industrie und der Bauwirtschaft grosse Aufträge; Bergregionen erhalten eine gesunde wirtschaftliche Grundlage. Der Weiterausbau ist weitgehend abhängig von der Unterstützung durch Bevölkerung, Bund, Kantone und Gemeinden.

Der Beitrag an die Deckung des künftigen Energiebedarfs erlaubt es nicht, auf die Bereitstellung von Kernenergie sowie den Import von fossilen Brennstoffen zu verzichten. Immerhin ist die Wasserkraftnutzung eine wesentliche, vom Ausland unabhängige Möglichkeit der Elektrizitätserzeugung.

Der zusätzliche Energiebeitrag aus Wasserkraft setzt sich aus vielen kleineren, zeitlich gestaffelt verfügbaren Teilbeiträgen zusammen. Ueber die nächsten 25 Jahre zusammengerechnet kann die zusätzliche hydraulische Energie etwa die Hälfte des Produktionsvermögens eines Kernkraftwerkes heute üblicher Leistungsklasse von 1000 MW erreichen.

Es ist zu wünschen, dass die Eidgenössische Kommission für die Gesamtenergiekonzeption sich für die Förderung des weiteren Ausbaus der schweizerischen Wasserkräfte ausspricht.

# Etendue et signification des forces hydrauliques suisses non encore utilisées

préparée par l'Association suisse pour l'aménagement des eaux

## 1. Problèmes à résoudre

Il est apparu lors de l'élaboration du rapport de la Commission fédérale de la conception globale de l'énergie (GEK), que certaines questions concernant le développement futur de notre énergie hydraulique devaient être étudiées de plus près. C'est ainsi que M. Kohn, président de la GEK, s'est adressé, à mi-septembre 1976, à l'Association suisse pour l'aménagement des eaux lui demandant de bien vouloir répondre aux deux questions suivantes:

1. Quel est le potentiel d'énergie hydraulique encore inutilisé dans notre pays? Quelle fraction pourrait encore en être récupérée, en particulier jusqu'en 1985, respectivement 2000?

2. Nos plus anciennes centrales hydrauliques ont quelque 80 ans. De nombreuses installations devront être renouvelées ou transformées dans les années à venir. Il est possible d'augmenter la production d'énergie et la puissance, surtout des installations les plus vétustes, en utilisant des unités modernes, ainsi que par des améliorations et des développements lors des travaux de transformation. Quel est l'ordre de grandeur de l'énergie supplémentaire sur laquelle on pourrait tabler jusqu'en l'an 2000? Les problèmes du droit de retour, respectivement de rachat, qui sont importants dans le cadre du renouvellement des centrales hydrauliques, devront également être considérés. Lors du renouvellement de centrales hydrauliques existantes, le propriétaire devra déterminer, dans chaque cas particulier, quels sont les investissements économiquement justifiables. Les droits de retour ou de rachat pré-

vus lors le l'octroi d'une concession hydraulique, respectivement l'expiration imminente d'une telle concession, ont une influence prépondérante sur les décisions à prendre. L'expérience montre que les projets de transformation et d'extension exigent plusieurs années de discussion pour l'adaptation nécessaire des concessions.

Le présent rapport ne traitera pas de la valorisation de l'énergie au moyen de nouvelles usines à accumulation par pompage, ni de la mise à disposition dans des centrales existantes de puissance supplémentaire pour la production d'une énergie de valeur plus élevée.

Etant donné l'utilisation de plus en plus marquée de centrales nucléaires de grande puissance, il convient ici d'attirer l'attention sur l'importance toujours plus grande de la mise à disposition de réserves suffisantes. Les centrales à accumulation par pompage transforment l'énergie d'heures creuses en énergie de pointe, règlent la fréquence, servent de compensateur de phase ainsi que de réserve de puissance en cas de panne d'un ou de plusieurs groupes thermiques. Le développement de l'accumulation par pompage permet, dans le cadre d'accords internationaux basés sur l'échange de puissance de pointe contre la mise à disposition, en dehors des heures de pointe, de réserves de longue durée, d'assurer une contribution sensible à la couverture du pays en énergie électrique. Les projets de construction ayant pour but l'augmentation de puissance, la valorisation de l'énergie et le maintien de réserves, permettent en général d'augmenter simultanément les possibilités de production d'énergie.



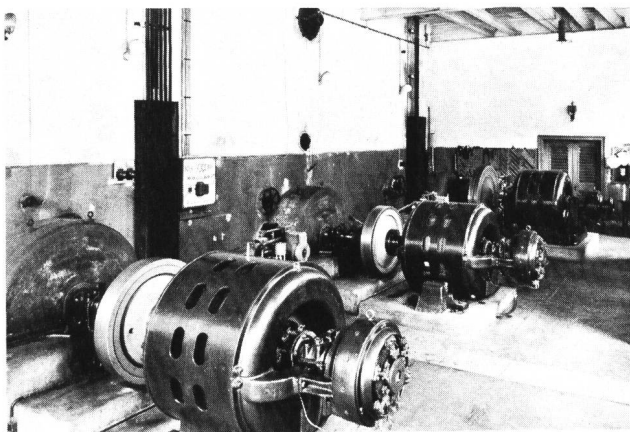


Bild 1. Der Maschinensaal des alten Kraftwerks Waltensburg, das den Flem- und den Ladrabach nutzt, aus dem Jahre 1907. Installierte Maschinenleistung 1180 kVA, Ausbauwassermenge 0,6 m<sup>3</sup>/s. Bruttogefälle 261 m. Vergleiche auch «Wasser, Energie, Luft — Eau, énergie, air» 68 (1976) Heft 4, S. 101—106.

Fig. 1. La salle des machines de l'ancienne centrale de Waltensburg, construite en 1907, utilisant les eaux du Flem- et du Ladrabach. Puissance installée 1180 kVA, débit utilisé 0,6 m<sup>3</sup>/s. Chute brute: 261 m. Voir aussi «Wasser, Energie, Luft — Eau, énergie, air» 68 (1976), no 4, p. 101—106.

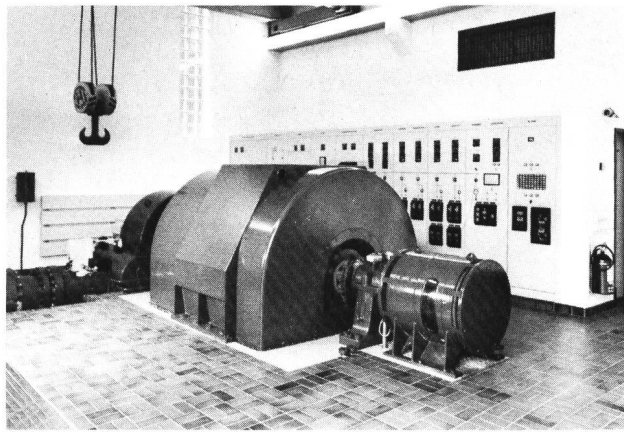


Bild 2. Maschinensaal des neuen Kraftwerks Ladrach, das den Ladrabach als Einstufenwerk mit wesentlich grösserem Gefälle nutzt, als das alte Werk Waltensburg. Installierte Maschinenleistung 6250 kVA, Ausbauwassermenge 0,9 m<sup>3</sup>/s, Bruttogefälle 666 m.

Fig. 2. Salle des machines de la nouvelle centrale de Ladrach, utilisant les eaux du Ladrabach sur un seul palier avec une chute considérablement plus grande que celle utilisée dans la vieille centrale de Waltensburg. Puissance installée 6250 kVA, débit utilisé 0,9 m<sup>3</sup>/s. Chute brute: 666 m.

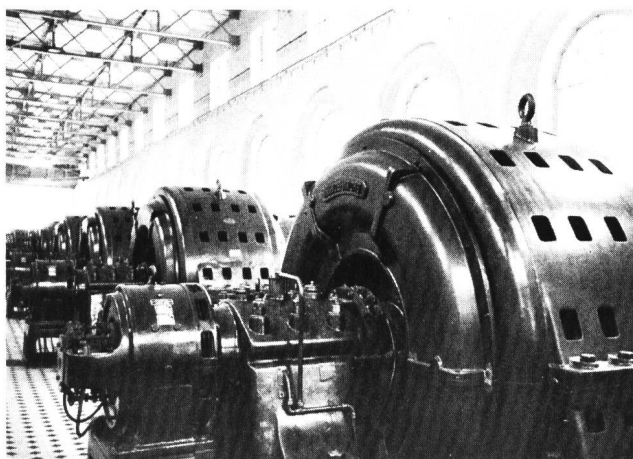


Bild 3. Maschinensaal des 1904 bis 1906 erbauten Kraftwerks Campocologno der Kraftwerke Brusio AG.

Fig. 3. Salles des machines de la centrale de Campocologno (Forces Motrices de Brusio S. A.) construite de 1904 à 1906.



Bild 4. Der neue Maschinensaal des 1969/70 erneuerten Kraftwerks Campocologno. Die mittlere jährliche Erzeugungsmöglichkeit konnte von 112 Mio kWh auf 174 Mio kWh gesteigert werden.

Fig. 4. La nouvelle salle des machines de la centrale de Campocologno rénovée en 1969/70. La capacité moyenne de production annuelle a pu être augmentée de 112 mio kWh à 174 mio kWh.

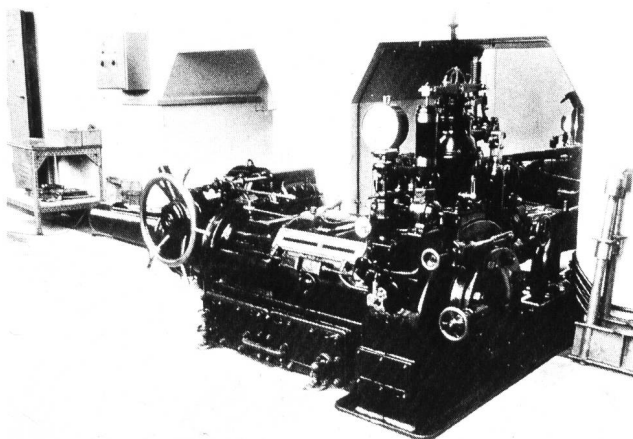


Bild 5. Turbinenregler aus dem Jahre 1920 im Kraftwerk Mühleberg an der Aare.

Fig. 5. Régulateur de turbine datant de 1920 (centrale Mühleberg/Aar).

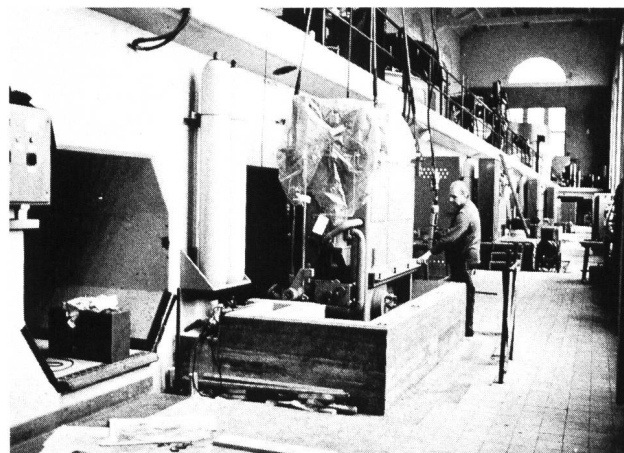


Bild 6. Im Zuge einer Generalrevision wurden in Mühleberg 1972/73 auch die alten Turbinenregler durch neue elektronische Steuerwerke ersetzt.

Fig. 6. Lors d'une revision générale en 1972/73, les vieux régulateurs de turbine furent remplacés par des groupes régulateurs électroniques.



Bild 7. Maschinensaal des 1893–94 erbauten Reusskraftwerks Zufikon. Dieses wurde 1908 erweitert; 1928–31 wurden neue Turbinen eingebaut und die Generatoren umgebaut; 1938–43 wurden die Fundationen am Stauwehr und die Schaltanlage erneuert.

Fig. 7. Salle des machines de la centrale de Zufikon, sur la Reuss, construite en 1893/94. Elle fut agrandie en 1908. De 1908 à 1931, de nouvelles turbines furent installées et les alternateurs modifiés; de 1930 à 1943, les fondations du barrage et le poste de distribution furent renouvelés.



Bild 8. Das alte Maschinenhaus des Kraftwerks Zufikon, das nach 80jährigem Betrieb ausgedient hatte und 1974 stillgelegt wurde. Das Stauwehr und die alte Zentrale wurden abgebrochen und der 350 m lange Zulaufstollen zugemauert.

Fig. 8. Le vieux bâtiment de la centrale de Zufikon qui, après 80 ans, a été mis hors service en 1974. Le barrage et l'ancienne centrale furent démolis et la galerie d'amenée, d'une longueur de 350 m, fut murée.

Bild 9. Das neue, 1971 bis 1975 gebaute Kraftwerk Bremgarten-Zufikon berücksichtigt in vorbildlicher Weise die Interessen des Naturschutzes und diejenigen der Energieproduktion. Es erfüllt eine wichtige Aufgabe im Gesamtrahmen der Reusstalsanierung. Die Energieproduktion im Durchschnittsjahr beziffert sich auf 100 Mio kWh gegenüber 12 Mio kWh der alten Anlage Zufikon. (Foto Comet)

Siehe auch «Wasser, Energie, Luft — Eau, énergie, air» 68 (1976) Heft 8/9, S. 203: Einweihung des Kraftwerks Bremgarten-Zufikon, mit ausführlichem Literaturhinweis.

Fig. 9. La nouvelle centrale de Bremgarten-Zufikon, construite de 1971 à 1975, tient compte de façon exemplaire des intérêts de la protection de la nature ainsi que de ceux de la production d'énergie. Elle remplit un rôle important dans le cadre général de l'assainissement de la vallée de la Reuss. La production d'énergie durant une année moyenne atteint 100 mio kWh contre les 12 mio kWh de l'ancienne centrale de Zufikon.

Voir aussi «Wasser, Energie, Luft — Eau, énergie, air» 68 (1976), no 8/9, p. 203: Inauguration de la centrale de Bremgarten-Zufikon, avec bibliographie détaillée.



## 2. Introduction

### 2.1 Rapport 1967: Prises de position et thèses de l'Association suisse pour l'aménagement des eaux, concernant le développement des forces hydrauliques suisses

Durant les années 1966 et 1967, l'Association suisse pour l'aménagement des eaux s'est occupée de façon minutieuse de l'importance revenant à l'énergie hydraulique, même à l'ère de l'énergie nucléaire. Les constatations faites donnèrent lieu à une prise de position et à un certain nombre de thèses, qui furent ensuite publiées. Ces déclarations ont conservé toute leur valeur et leur actualité.

Dans l'élaboration du présent rapport, on a renoncé à exposer à nouveau les considérations et les remarques du rapport de 1967, en renvoyant le lecteur au rapport publié dans «Wasser- und Energiewirtschaft — Cours d'eau et énergie» 59 (1967), no. 4.

### 2.2 L'élaboration du rapport 1977

Pour l'élaboration du présent rapport, un groupe de travail ad hoc a été formé. Il était constitué de Messieurs:

G. Weber, Directeur de l'Association suisse pour l'aménagement des eaux, Baden (Président),  
Dr. H. Baumberger, Motor-Columbus S. A., Baden,  
Dr. J. Glawitsch, S. A. Brown, Boveri & Cie., Baden,  
S. Gygas, Chef de section, Office fédéral de l'économie hydraulique, Berne,  
H. Hauser, Fondé de procuration, Escher Wyss S. A., Zurich,  
W. Pfeiffer, lic. oec., Bureau pour l'économie énergétique, Neuenhof,  
K. Ried, Ing. dipl., Union des centrales suisses d'électricité, Zurich,  
B. Schwander, Ing. dipl., Coire.

Le rapport a été approuvé par le Comité de l'Association suisse pour l'aménagement des eaux, composé actuellement de Messieurs:

W. Jauslin, Conseiller aux Etats, Muttens (Président),  
R. Lardelli, a. Conseiller d'Etat, Coire (Vice-président),  
F. Peyrot, a. Conseiller national, Genève (Vice-président),  
A. Martin, a. Conseiller national, Chamblon,  
E. Seylaz, Directeur, S. A. l'Energie de l'Ouest-Suisse (EOS), Lausanne,  
M. Thut, Directeur, Forces Motrices du Nord-Est de la Suisse S.A., Baden,  
G. A. Töndury, Ing. dipl., Samedan,  
Prof. Dr. D. Vischer, Directeur, Station d'essai pour la construction hydraulique, l'hydrologie et la glaciologie à l'EPF, Zurich

Par ailleurs:

Dr. W. Hunzinger, Directeur, Service du gaz et des eaux, Bâle,  
M. Kohn, Président du Conseil d'administration de Motor-Columbus S. A., Baden,  
tous deux membres de la GEK, ne se sont pas prononcés sur le contenu du présent rapport.

Nous remercions en outre pour leur contribution au rapport, apportée sous la forme de documentations ou d'idées:

Office fédéral de l'économie hydraulique, Berne: Dr. R. Loepfe, Directeur; K. Schneider  
Office de la protection et de l'aménagement des eaux du canton de Zurich, Zurich: R. Härrli  
Forces Motrices Bernoises S. A.: P. Hartmann, Sous-directeur  
Electrowatt S.A., Zurich: Dr. A. Redard, Sous-directeur; Dr. P. Stürzinger; W. Morgenthaler  
Escher Wyss S.A., Zurich: G. Dolder, Sous-directeur; F. Fischer  
Motor-Columbus S.A., Bureau d'ingénieurs, Baden: Dr. W. Willy; A. P. Engel  
Forces Motrices du Nord-Est de la Suisse S.A., Baden: W. Schneider  
Suisselectra, Bureau d'ingénieurs S.A., Bâle: H. Streit, Directeur.

## 3. Etat de la mise en valeur du potentiel des forces hydrauliques

### 3.1 Les forces hydrauliques utilisées actuellement

La productivité moyenne annuelle de l'ensemble des centrales hydrauliques suisses, provenant d'apports naturels (accumulation saisonnière comprise), a atteint 31,74 TWh au début de l'année 1977.

### 3.2 L'utilisation des forces hydrauliques après achèvement des aménagements en cours de construction

Il n'y a actuellement que peu d'ouvrages hydrauliques en cours de construction ou de transformation. En tenant compte de leur production d'énergie (+1,2%), on arrive à une capacité de production annuelle moyenne de 32,12 TWh. Après la mise en service des premières centrales nucléaires en 1969, 1971 et 1972 et depuis le renchérissement des capitaux en 1973/74, étant donné aussi l'augmentation du prix de la construction, peu de décisions de construire des centrales hydrauliques furent prises. A notre connaissance, aucune nouvelle décision de construire de nouveaux ouvrages hydrauliques n'a été prise à ce jour.

Dans les nouvelles centrales hydrauliques on a cherché avant tout à augmenter la puissance pouvant être atteinte, soit au moyen d'installations de pompage d'accumulation, soit par agrandissement des installations (accroissement de la production d'énergie de pointe).

Dans le tableau 1, établi par l'Office fédéral de l'économie hydraulique, à Berne, on trouve les informations voulues sur le potentiel des forces hydrauliques suisses en exploitation ou en construction, au 1er janvier 1977. D'autres données se trouvent dans les rapports annuels de l'Association suisse pour l'aménagement des eaux.

### 3.3 Les fluctuations de la production d'énergie hydraulique

Dans les paragraphes précédents, il a toujours été question de la production moyenne possible d'énergie. Or, la production hydraulique dépend toutefois dans une large mesure de la variation des conditions atmosphériques. Le

Centrales hydro-électriques en exploitation et en construction — Etat au 1. 1. 1977

Tableau 1

| Centrales hydro-électriques                    | Puissance installée (turbines)<br>1000 kW<br>= MW | Puissance max. possible bornes alternateur<br>1000 kW<br>= MW | Accumulation volume utile<br>mio m <sup>3</sup><br>= Mm <sup>3</sup> | capacité d'accum.<br>mio kWh<br>= GWh | Productivité moyenne <sup>1)</sup> |                         |                           |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|---------------------------|
|                                                |                                                   |                                                               |                                                                      |                                       | hiver<br>mio kWh<br>= GWh          | été<br>mio kWh<br>= GWh | année<br>mio kWh<br>= GWh |
| 1                                              | 2                                                 | 3                                                             | 4                                                                    | 5                                     | 6                                  | 7                       | 8                         |
| en exploitation (incl. exploitation partielle) | A 11 450                                          | 10 560                                                        | 3 380                                                                | 8 210                                 | 14 230                             | 17 510                  | 31 740                    |
| en construction                                | B 850                                             | 730                                                           | 40                                                                   | 70                                    | 170                                | 210                     | 380                       |
| en exploitation et en construction (A+B)       | C 12 300                                          | 11 290                                                        | 3 420                                                                | 8 280                                 | 14 400                             | 17 720                  | 32 120                    |

<sup>1)</sup> Y compris énergie de pompage pour accumulation saisonnière et sans exploitation alternée.

Remarque: Pour les centrales hydro-électriques frontalières, seule la part suisse est indiquée (excl. rubrique 4). Les chiffres sont arrondis.  
Source: Office fédéral de l'économie hydraulique.



rapport des «Dix entreprises», daté d'août 1975, évaluée en page 8 les fluctuations par rapport au débit moyen d'eau comme suit:

- sous-production lors de conditions hydrologiques défavorables: env. 5 TWh, respectivement env. 15 %,
- sur-production dans de bonnes conditions hydrologiques: env. 3 TWh, respectivement env. 10 %.

La plage de fluctuations selon les conditions hydrologiques atteint donc env. 8 TWh, respectivement env. 25 % de la production moyenne, ce qui correspond à une production annuelle de l'ordre de 1 1/2 centrale nucléaire de la classe 900—1000 MW, usuelle dans les installations actuelles.

Jusqu'ici, ces fluctuations dans la production ont pu être compensées pour une large part au moyen des échanges d'énergie avec l'étranger.

#### 4. Rénovation, agrandissement et reconstruction d'aménagements existants

Le développement des forces hydrauliques pour la production d'énergie électrique a commencé au début du siècle, de sorte que les installations de diverses centrales sont actuellement vétustes. Ces dernières années, rares sont les installations qui ont été entièrement transformées et modernisées. Il faut s'attendre dans les années à venir à ce que de nombreuses installations vieillies doivent être transformées et avant tout adaptées aux prescriptions actuelles de la sécurité. Les rendements des machines actuelles sont sensiblement plus élevés que ceux des machines d'origine; les installations peuvent être améliorées (augmentation de la capacité d'utilisation des débits et de la chute), et l'exploitation rationalisée, respectivement en grande partie automatisée.

C'est surtout l'amélioration du rendement des turbines qui est importante. A l'état de neuf par exemple, une turbine Francis à basse pression, construite en 1910 pour une centrale au fil de l'eau, atteignait à pleine charge un rendement de 78 %. Il est possible aujourd'hui de la remplacer par une turbine Kaplan à réglage double, de préférence à axe horizontal (turbine tubulaire) dont le rendement à pleine charge, selon le diamètre de la roue, varie entre 91 % et 92,5 % et dont le rendement optimum peut même atteindre 93 % à 95 %. La courbe de rendement beaucoup plus plate d'une turbine Kaplan comparée à celle d'une turbine Francis permet en plus de mieux utiliser l'énergie hydraulique (le bon rendement s'étend sur une plage d'utilisation plus vaste) ce qui, conjointement avec le meilleur rendement général, conduit à une production annuelle d'énergie sensiblement plus grande. Des conditions similaires, quoique moins marquées, existent aussi dans les turbines Francis à haute pression et les turbines Pelton. On peut estimer que l'augmentation de rendement d'une installation moderne par rapport à celle construite il y a par exemple 40 ans, peut atteindre 8 % (pour des conditions similaires de qualité des surfaces des profils hydrauliques).

Une augmentation de la production d'énergie peut également être obtenue par le remplacement de vieilles conduites forcées ainsi que par diverses améliorations et modifications.

On a tenté dans ce rapport d'estimer le gain moyen annuel d'énergie provenant de rénovations, d'agrandissements et de reconstructions. Ce gain d'énergie provient d'un grand nombre d'installations petites et moyennes; il sera le fruit de nombreuses décisions isolées qui devront être prises durant les deux prochaines décennies. Sur la base de l'augmentation de rendement des turbines remplaçant celles d'avant 1950, on peut estimer le gain d'énergie du-

rant une année moyenne à 1 TWh. On peut y ajouter la meilleure utilisation des forces hydrauliques obtenue par l'agrandissement et par l'amélioration des installations les plus variées. En se basant sur quelques projets connus, l'augmentation d'énergie qui en résulterait serait de l'ordre de 1 TWh/an en moyenne.

En réunissant les deux facteurs, augmentation du rendement des machines d'une part, et d'autre part amélioration dans le domaine de la construction hydraulique et augmentation de la puissance installée par renouvellement des installations existantes, on obtient un gain possible d'énergie de 2 TWh en année moyenne, dont 0,3 TWh réalisable d'ici à 1985.

#### 5. Nouveaux projets d'aménagements hydrauliques

##### 5.1 Bases du projet

Les forces hydrauliques suisses ont été équipées au fur et à mesure. A cet effet, on a soit équipé le tronçon d'un cours d'eau, soit mis en valeur un bassin versant d'une importance plus ou moins grande. Dans tous les cas, la force hydraulique fut utilisée aussi complètement que possible, en fonction des possibilités techniques et économiques de l'époque.

Les sites non encore utilisés de nos cours d'eau sont connus. Des avant-projets ou tout au moins des études existent pour l'utilisation de la plupart d'entre eux, études plus ou moins actuelles et élaborées. On a essayé de rassembler ces divers projets, de les examiner et de les apprécier.

##### 5.2 Première appréciation, du point de vue des auteurs de projets

Dans un premier temps, on a éliminé les projets dont la réalisation n'apparaissait guère possible pour des raisons d'ordre économique, de conditions limites du point de vue technique, de protection de l'environnement, de politique, etc.

Les autres projets furent appréciés par le truchement d'un questionnaire. On a d'abord cherché à déterminer pourquoi le projet n'avait pu être réalisé jusqu'à ce jour (économie, hydrologie locale peu avantageuse, protection de la nature et du paysage, difficultés à obtenir la concession, obstacles politiques, autres raisons).

En second lieu fut examinée la possibilité de réaliser chaque projet jusqu'en l'an 2000, à l'aide de deux groupes de repères:

- La réalisation du projet est  
guère possible (éliminé)  
improbable  
possible  
probable.
- La réalisation du projet est possible économiquement si la valeur de l'énergie est en augmentation «relative» sur le marché  
de 10 à 50 %  
de 50 à 100 %  
de 100 à 200 %  
de plus de 200 %.

Les réponses à ces questions ont été en général sommaires, étant donné le manque de données suffisantes tant sur le projet lui-même que sur les bases du coût; ce sera l'affaire des diverses sociétés d'adapter soigneusement chaque projet aux conditions actuelles, de les apprécier et de faire réaliser les meilleurs d'entre eux. Toutefois, il y aura lieu d'estimer ici non seulement le projet lui-



même, mais d'inclure dans les considérants l'incidence de la demande d'énergie, du marché des capitaux, du développement des coûts d'exécution, des possibilités politiques de réalisation au sens le plus large.

### 5.3 Résultats de l'enquête

L'examen du premier groupe de repères a conduit au résultat suivant:

|                          | Production moyenne<br>d'énergie annuelle<br>possible en TWh |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Projets «guère possible» | éliminés                                                    |
| Projets «improbable»     | 1,8                                                         |
| Projets «possible»       | 3,6                                                         |
| Projets «probable»       | 0,6                                                         |
|                          | 4,2                                                         |
|                          | 6,0                                                         |

Si tous les projets considérés ci-dessus étaient réalisés, on en obtiendrait une production moyenne d'énergie annuelle supplémentaire de 6 TWh, qui représente le potentiel technique d'extension.

L'estimation selon le second groupe de repères n'a pas pu être faite, faute de données suffisantes.

## 6. Diminution du potentiel d'énergie hydraulique

Si ce rapport doit répondre à la question de savoir de combien l'utilisation du potentiel d'énergie hydraulique peut encore être augmentée, il faut aussi considérer les cas de diminution de cette utilisation. Il est à prévoir qu'avec le temps un certain nombre de petites centrales hydrauliques, en général surannées, seront mises hors service pour des raisons économiques, et que des exigences plus strictes seront émises concernant les eaux de dotation. Les dépôts alluvionnaires se produisant dans nos bassins d'accumulation pourront également provoquer une diminution de la production d'énergie.

### 6.1 Mise hors service d'aménagements hydrauliques

#### Economie

Dans les aménagements hydrauliques nécessitant des rénovations, les nouveaux investissements doivent être justifiés sur la base d'une analyse économique. Les facteurs essentiels à considérer du côté dépenses sont, outre les frais de rénovation, les taux d'intérêt, la durée de vie et les amortissements ainsi que les frais d'exploitation. Il est nécessaire ici de tenir compte non seulement des valeurs momentanées, mais également des tendances. Une diminution des frais de salaires du personnel d'exploitation peut être obtenue en poussant l'automatisation, ce qui correspond d'une part à une augmentation des frais d'investissement et d'autre part à une certaine diminution du nombre des postes de travail.

En ce qui concerne l'utilisation de l'énergie productible, celle-ci est évidemment déterminée en premier lieu par les besoins propres des propriétaires de centrales et est estimée en tenant compte également de l'incidence de situations futures de pénuries ou de pléthores d'énergie. D'autres considérations, comme celles des énergies de substitution, joueront un rôle important à l'avenir.

#### Considérations juridiques

Les législations fédérale et cantonale sur les cours d'eau, ainsi que les prescriptions de la concession font autorité en ce qui concerne les obligations auxquelles le concessionnaire reste soumis même après avoir renoncé à l'exploitation de la centrale. Divers exemples ont montré que pour le concessionnaire, les frais provenant de la mise

hors service de l'aménagement pouvaient être considérables:

- Rétablissement de l'état original et démolition des installations;
- Frais découlant de la concession (entretien des rives et des routes, pêche, petite batellerie, protection contre les hautes eaux, nappe phréatique, sentiers touristiques, etc.), au plus jusqu'à l'expiration de la concession;
- Révocation des droits acquis par des tiers sur les installations (entrées et sorties d'eau, droits de passage, protection de la nature, des paysages et des monuments, etc.).

#### Pertes d'énergie

Le propriétaire qui doit décider de mettre sa centrale hydraulique hors service ou non, tiendra compte dans ses calculs de la perte d'énergie correspondante au prix probable du marché pendant le reste de la période de concession, ou au prix d'achat d'une énergie de remplacement. D'autres points doivent encore être retenus:

— La pollution de l'environnement, provenant par exemple de la mise à disposition d'énergie thermique, peut être plus élevée que celle résultant du maintien en exploitation de la centrale hydraulique.

— L'énergie de remplacement provenant d'installations thermiques augmente la dépendance de la Suisse vis-à-vis de l'étranger (combustibles importés).

— Suivant la situation de la balance des paiements, il faudra tenir compte des dépenses en devises pour les combustibles importés.

#### Impôts et autres contributions aux communautés publiques

La mise hors service de la centrale provoque pour la communauté concernée une diminution des rentrées d'impôts et la suppression de certaines prestations accessoires des propriétaires de la centrale. Selon l'importance des installations, ces pertes peuvent être sensibles et même avoir une influence très défavorable sur la situation financière des communes concernées.

#### Mise hors service d'aménagements hydrauliques, conséquences

Si une amélioration ou des transformations des installations conduisent à un prix de revient de l'énergie comparable à celui d'une centrale thermique, la mise hors service de la centrale hydraulique peut être justifiée, non pas pour des raisons de sécurité ou de politique d'approvisionnement, mais uniquement dans certains cas particuliers et pour des raisons de protection de l'environnement. Dans chaque cas, la mise hors service d'une centrale hydraulique devrait être soigneusement motivée. Au point de vue énergétique, la mise hors service de telles centrales, en général de faible puissance, n'aurait guère d'influence sur l'économie énergétique du pays; les chiffres de ce rapport n'en tiennent pas compte.

### 6.2 Pertes d'énergie par augmentation des débits de dotation

La quantité d'eau restant entre la prise et la restitution à l'aval d'une centrale est constituée par l'eau non captée (pertes des installations de captage, déversements, eaux d'infiltration et eaux de dotation), et par les apports hydrauliques provenant des bassins versants intermédiaires. L'Office fédéral de l'économie hydraulique<sup>2)</sup> <sup>3)</sup> a estimé

<sup>2)</sup> Office fédéral de l'économie hydraulique: Débit naturel ou influencé par des dérivations, des eaux suisses (Etat au 1. 1. 67) comm. no 45, Berne 1968.

<sup>3)</sup> D. Vischer: L'influence de l'utilisation des forces hydrauliques sur l'environnement. «Oesterreichische Wasserwirtschaft» 27/1975, cahier 11/12, p. 268—276.

que le réseau suisse des eaux, selon les cartes topographiques au 1/50 000, s'étendait sur une longueur totale de 42 000 km, dont 2000 seulement sont influencés de façon sensible par les aménagements hydrauliques. Le critère adopté dans ce sens est basé sur une variation annuelle de l'hydrologie de 20 % et plus.

En Suisse, ce ne sont en général pas des prescriptions légales qui exigent un débit d'eau minimal, mais c'est bien plus l'affaire de l'autorité qui confère un droit d'eau, dans le cadre de ses obligations pour la protection de l'intérêt public (comparaison des intérêts de la production d'énergie à ceux de la protection des eaux, de la pêche, de la protection de la nature et des paysages, etc.). Cette autorité décide jusqu'à quel point un cours d'eau peut être soumis à un droit de jouissance et si elle doit exiger, lors de son octroi, une réserve d'eau résiduelle<sup>4</sup>).

Si un droit d'eau est octroyé, les limites de son utilisation ne peuvent être restreintes, même dans l'intérêt public, que contre indemnisation. Il y a lieu de relever que les demandes visant à l'augmentation de la quantité d'eau de dotation dans les tronçons utilisés des ruisseaux et des rivières, sont devenues plus nombreuses au cours de ces dernières années. Une amélioration des conditions est requise avec insistance dans le cas de cours d'eau fortement pollués. L'épuration des eaux usées est d'ailleurs prescrite par la loi fédérale du 8 octobre 1971 sur la protection des eaux contre la pollution.

Tout accroissement des eaux de dotation entraîne une diminution correspondante de la production d'énergie. Cette perte est particulièrement ressentie en période de sécheresse. Au point de vue économique, cet inconvénient est particulièrement marqué lorsqu'une dotation constante ou même croissante est prescrite lors de la diminution du débit des affluents. La perte de production qui lui est associée est particulièrement ressentie lorsqu'à la suite de la baisse générale de la productivité hydraulique, les prix du marché de l'énergie électrique, qui s'adaptent à ceux de la production thermique d'appoint, atteignent des valeurs maximales. Une indemnisation de compensation des eaux de dotation serait extrêmement onéreuse. C'est pourquoi dans la pratique, on cherche plutôt à obtenir une solution différenciée par un arrangement amiable entre concessionnaire et autorité concédante.

Il n'existe pas de statistique générale des pertes de production des centrales hydrauliques suisses résultant de la prescription d'une certaine quantité d'eau de dotation. Par ailleurs, il n'est pas possible non plus d'estimer combien d'énergie serait perdue en Suisse à la suite d'une augmentation des eaux de dotation. Toute augmentation des débits de dotation sera précédée de pourparlers ardu avant d'obtenir un équilibre raisonnable entre intérêts de l'économie électrique et ceux concernés par une augmentation de la quantité d'eau de dotation. L'ensemble des demandes d'augmentation des débits de dotation peut représenter un ordre de grandeur de quelques centaines de millions de kWh/an, quantités qui ne peuvent être négligées dans notre budget énergétique.

### 6.3 Pertes d'énergie résultant de dépôts alluvionnaires dans les bassins d'accumulation

Nos rivières alpines transportent des quantités importantes d'éléments solides, d'éboulis, etc., qui se déposent dans les bassins d'accumulation. Les installations de nettoyage de ces bassins ne présentent souvent qu'une efficacité ré-

duite. Si ces dépôts ne sont pas enlevés, il est possible que des pertes de production se produisent au fil des ans. Ce problème n'a pas été traité dans ce rapport.

## 7. Paramètres déterminant le développement futur des centrales hydrauliques

Le devoir des entreprises d'électricité est d'assurer, sur le territoire qu'elles desservent, la couverture des besoins de leurs clients aux meilleures conditions possibles et avec un minimum de perturbations. La mise à disposition de l'énergie électrique correspondante est évidemment liée aux conditions du marché. En leur qualité d'entreprises responsables, les sociétés d'électricité doivent en permanence augmenter le potentiel de leur production d'énergie en fonction du développement prévisible à long terme de la consommation, et cela à des conditions aussi favorables que possible.

Le développement des forces hydrauliques (non encore utilisées ou améliorées) dépendra donc dans une large mesure de celui de paramètres économiques, soit:

- Augmentation de la consommation d'électricité; substitution de l'électricité à d'autres agents énergétiques
- Marché du capital
- Sécurité d'approvisionnement et diversification des sources d'énergie
- Autres facteurs favorables au développement des forces hydrauliques
- Respect de l'environnement par la politique énergétique
- Mesures dirigistes de l'Etat
- Problèmes en liaison avec l'échéance des concessions.

### 7.1 Augmentation de la consommation d'électricité; substitution de l'électricité à d'autres agents énergétiques

Ce rapport n'a pas pour tâche de s'occuper de façon détaillée de l'augmentation de la demande en électricité. Nous renvoyons à ce propos au rapport intermédiaire de mai 1976 de la Commission fédérale de la conception globale de l'énergie, ainsi qu'au rapport final prévu pour la fin de l'année 1977. Sur la base des prévisions de consommation établies par cette Commission, l'augmentation possible de la production d'énergie par les forces hydrauliques est sensiblement plus faible que celle de la consommation globale de courant. Les autres possibilités de production mentionnées dans cette étude, et dont la réalisation s'étagera sur de nombreuses années pour des raisons juridiques et techniques, n'influenceront que peu le chemin à suivre pour couvrir les besoins.

La contribution des centrales hydroélectriques susceptibles d'être encore réalisées, à la couverture des nouveaux besoins de la consommation, s'échelonnera par paliers de faible importance. Celles-ci n'influenceront donc que très faiblement les disponibilités mensuelles d'énergie qui résulteront de la mise en service de centrales nucléaires ou autres.

### 7.2 Frais de construction et de premier établissement; prix de revient de l'énergie

Les ingénieurs et techniciens suisses possèdent une grande expérience dans la construction des centrales hydrauliques. Il est possible de déterminer les frais de construction et de premier établissement avec une certaine précision, à la réserve près que, comme pour toute construction de longue durée, le prix de revient dépend du renchérissement. L'aug-

<sup>4</sup>) Loi fédérale sur l'utilisation des forces hydrauliques du 22. 12. 1916.

mentation massive des frais de construction durant les vingt dernières années s'est presque entièrement résorbée et l'on peut espérer que les frais de construction des centrales hydrauliques n'augmenteront plus dans une telle mesure. S'ils augmentent plus lentement que ceux de mise à disposition d'autres sources nouvelles d'énergie, tels par exemple ceux liés à l'énergie nucléaire et à l'exploitation de ces centrales, il est possible que des projets de centrales hydrauliques, considérés ces dernières années comme n'étant pas économiques, retrouvent un regain d'intérêt.

### 7.3 Le marché du capital

La réalisation de centrales hydrauliques nécessite des fonds importants. Depuis toujours, les entreprises électriques de notre pays se sont vues obligées, en plus de l'autofinancement, d'avoir recours aux emprunts obligataires pour être en mesure de développer les installations existantes de production et de distribution. Les frais de capitaux déterminent le prix de revient de l'énergie hydraulique et les variations du taux d'intérêt des capitaux étrangers influent directement sur le coût de l'énergie hydraulique.

Pendant longtemps, les frais de capitaux ont été très bas. C'est en bonne partie grâce à ces faibles taux d'intérêt qu'il a été possible de développer nos forces hydrauliques, ce qui nous permet de posséder aujourd'hui un pilier de production d'énergie indépendant de l'étranger.

Après plusieurs années de taux d'intérêt élevés, le niveau de ces derniers est à nouveau en baisse depuis peu, ce qui permet de reconsidérer certains projets de centrales hydrauliques; certains d'entre eux, abandonnés il y a quelques années, retrouvent brusquement une certaine actualité.

L'influence des frais de capitaux sur le prix de revient de l'énergie peut être estimée au moyen de la règle approximative suivante: une différence de 1 % des frais de capitaux entraîne une variation d'env. 10 à 12 % du prix de revient de l'énergie. Dans la figure sont représentés les taux moyens d'intérêt des emprunts d'ouvrages hydrauliques pour les dix dernières années. Ces taux, qui étaient de 5 % en 1966, ont augmenté à 6 1/2 %, puis sont retombés à 5 1/4 % en 1972 pour s'élever à un maximum de 8 1/2 % à fin 1974 et retomber enfin en dessous de 5 % à fin 1976.

### 7.4 Sécurité d'approvisionnement et diversification des sources d'énergie

Lors de la fameuse crise du pétrole, dans l'arrière-automne 1973, l'opinion publique en Suisse a enfin réalisé à quel point notre approvisionnement énergétique était unilatéral, puisque le pétrole en représentait presque 80 %. De même l'alimentation en électricité qui, jusqu'il y a peu d'années, était assurée entièrement par la force hydraulique, devient de plus en plus dépendante de l'étranger, avec le développement de la production d'énergie nucléaire. La production et le traitement de l'uranium, de même que le retraitement des combustibles nucléaires sont sous le contrôle de quelques pays seulement, et là aussi, on ne peut exclure la possibilité de perturbations de l'état d'équilibre et des livraisons.

La quote-part d'énergie provenant des centrales hydrauliques indigènes est indépendante de l'étranger. Il est par conséquent dans l'intérêt de la sécurité d'approvisionnement de faire en sorte que cette quote-part soit aussi grande que possible. Il est malheureusement difficile, lors de prise de décision de construire une centrale hydrau-

lique, d'évaluer cette indépendance et d'en tenir compte dans les calculs économiques.

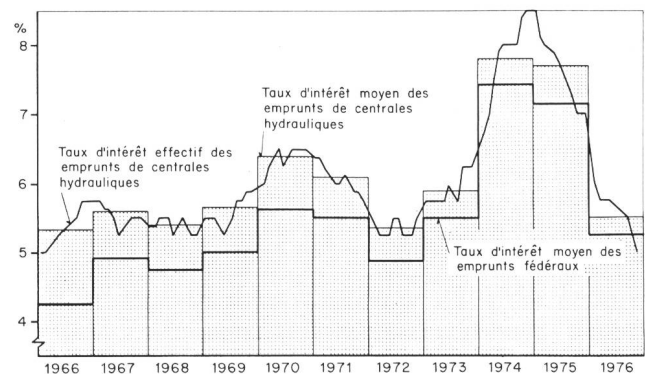
### 7.5 Autres facteurs favorables au développement des forces hydrauliques

Personne ne conteste l'importance économique de la construction des centrales hydrauliques. L'importance des investissements contribue à l'essor économique des régions du pays économiquement peu développées. La construction de centrales hydrauliques a contribué dans une large mesure à l'égalisation des revenus entre contrées économiquement fortes et faibles, de telle sorte qu'à ce point de vue le développement futur ne peut être que soutenu. Les autorités des cantons et des communes concernés ont toujours manifesté leur intérêt au développement et, en général, soutenu énergiquement les projets des entreprises d'électricité. Les conséquences fiscales et économiques de l'utilisation des forces hydrauliques ont souvent été soulignées. Nous renvoyons ici le lecteur au rapport 1967 de l'Association suisse pour l'aménagement des eaux, où ces problèmes sont résumés<sup>5)</sup>. Ce ne sont toutefois pas seulement les régions montagneuses qui préconisent un développement additionnel des forces hydrauliques. L'industrie suisse et en particulier l'industrie du bâtiment témoignent d'un grand intérêt à leur utilisation. Par l'effet «multiplicateur» des investissements, c'est donc une large partie de l'économie suisse qui recevra ainsi un nouvel élan.

### 7.6 Respect de l'environnement par la politique énergétique

Toute nouvelle construction importante améliore notre prospérité. Toutefois, lorsque la nature et le paysage s'en trouvent modifiés, il en résulte souvent des discussions. Les hydrauliciens ont depuis toujours eu des démêlés sur les questions de protection de la nature et des paysages et, lors de la construction des aménagements hydrauliques actuels, se sont toujours efforcés avec succès de tenir compte des intérêts les plus divers et souvent contradictoires.

Récemment, les intérêts écologiques ont trouvé partout une large compréhension: l'appréciation qualitative de quelques aspects apparents particuliers a fait place à une vue générale plus quantitative. On considère ainsi et on étudie de plus en plus non pas des projets isolés, mais de larges domaines de l'activité humaine. Les travaux de



Evolution du taux d'intérêt des emprunts obligataires publics des centrales hydrauliques.

<sup>5)</sup> Voir «Wasser- und Energiewirtschaft — Cours d'eau et énergie» 59 (1967), p. 106.

la Commission fédérale de la conception globale de l'énergie donnent ainsi à cette conception écologique générale la place qui lui revient. Dans le rapport intermédiaire de la GEK de mai 1976, on trouve à la page 29:

*«Tenir compte de l'environnement ne signifie plus uniquement: protection du paysage, des eaux et de l'atmosphère, mais respecter l'environnement dans un sens global, c'est-à-dire en tenant compte aussi des ressources et de la postérité (conception générale de l'écologie).»*

Les centrales hydrauliques utilisent une source d'énergie naturelle, provenant du soleil et qui se renouvelle constamment. L'énergie hydraulique offre à l'homme de l'énergie solaire sous une forme très concentrée et économique. L'eau n'est pas «consommée», on ne fait usage que de son énergie. L'énergie hydraulique remplit ainsi les conditions d'une «technologie douce».

Comme tous les grands projets, le développement de l'énergie hydraulique a ses adversaires. On ne peut espérer que des projets d'une telle importance ne présentent que des avantages; il faudra s'accommoder aussi de certains défauts. Les avantages et les inconvénients seront à soupeser soigneusement aux divers points de vue économique, écologique et humain.

Les aménagements hydro-électriques existants se sont intégrés dans l'environnement, ils sont devenus un élément du paysage. L'exploitation s'est bien stabilisée et les inconvénients restent confinés dans les limites acceptables. Souvent, dans un cas particulier, l'opposition se concentre sur certains intérêts locaux ou sur certaines revendications. C'est ainsi que les protagonistes de la protection des sites ont déjà fait des réserves importantes pour tout développement futur des forces hydrauliques. Le programme de réalisation des centrales nucléaires nécessaires aura une influence déterminante sur le développement des forces hydrauliques. Si une lacune sensible devait se produire dans la production d'énergie, à la suite d'un retard prolongé dans la construction de nouvelles centrales nucléaires, on serait contraint d'avoir recours le plus rapidement possible à toutes les réserves encore inutilisées d'énergie hydraulique.

### 7.7 Mesures dirigistes de l'Etat

La dépendance de l'étranger à laquelle est soumis notre approvisionnement énergétique ainsi que des motifs de politique conjoncturelle peuvent contribuer à accélérer le développement futur de la part des pouvoirs publics. De telles mesures sont à examiner soigneusement et à fond. Les fonds utilisés dans ce but seraient à l'avantage d'entreprises appartenant pour la plupart aux pouvoirs publics et remplissant des fonctions d'utilité publique importantes.

En particulier le développement futur des forces hydrauliques peut être favorisé par la bienveillance et l'appui des autorités lors des discussions concernant l'octroi de nouveaux droits d'eau ainsi que l'extension des droits existants.

Nous attendons de la Commission fédérale de la conception globale de l'énergie qu'elle tienne compte dans son programme du développement des forces hydrauliques.

### 7.8 Problèmes en liaison avec l'échéance des concessions

La construction d'aménagements hydrauliques est une entreprise nécessitant de tels capitaux que les propriétaires des droits d'eau (cantons ou communes) ne sont en règle générale pas en mesure de les aménager eux-mêmes.

A cela s'ajoute la circonstance aggravante que les grandes installations hydrauliques ne peuvent être exploitées de façon économiquement optimale qu'en commun avec d'autres centrales et d'autres régions d'approvisionnement. C'est la raison pour laquelle le propriétaire de droits d'eau n'est qu'exceptionnellement en mesure de les exploiter lui-même. Lorsque c'est le cas, tout le problème de la concession et avec lui celui de la limitation temporelle des droits d'utilisation est éliminé<sup>4)</sup>.

Dans le cas normal, le propriétaire accorde le droit de jouissance à une corporation de droit public ou privé, pour une période donnée, sous forme de concession. Les conditions de la concession doivent permettre d'équilibrer les intérêts souvent divergents du propriétaire et du concessionnaire. Dans la période allant du 1. 1. 1977 au 31. 12. 1999, plus de 50 concessions, correspondant à une production globale d'environ 3 TWh/an, arriveront à échéance.

Lors de l'échéance d'une concession hydraulique, il faut décider du sort de la centrale concernée tant du point de vue juridique qu'économique. Un droit d'eau peut être concédé pour une durée maximale de 80 ans. Les raisons principales pouvant conduire à l'expiration de la concession sont l'exercice du droit de rachat ou celui du droit de retour. Le législateur a pris ces dispositions pour permettre au propriétaire des droits d'eau, à l'échéance de la concession, d'acquiescer à des conditions avantageuses les ouvrages concernés. Le libellé des concessions ne contient en général que les principes du droit de rachat ou de retour, ainsi que les généralités sur les normes de procédure. Celles-ci n'entreront en action qu'après des décennies seulement. Il en résulte que des conditions économiques concrètes ne pourront être fixées de façon précise que lors de la dernière phase de la durée de la concession. Dans cet esprit, il est souhaitable qu'on accord réciproque soit obtenu.

La longue durée des concessions et de l'exploitation des centrales hydrauliques, ainsi que la pratique usuelle d'amortissement constituent un facteur économique avantageux.

Lors de l'approche de l'échéance de la concession, il est clair que le désir de procéder à des investissements s'estompe; le concessionnaire est uniquement tenu à conserver les installations et les équipements auxquels le droit de retour s'applique, en état de service. Peu avant la fin de la concession, il est clair qu'on ne pourra guère s'attendre de la part du concessionnaire à un développement, un agrandissement ou une modernisation sérieuse, même souhaitable du point de vue technique, car le temps d'amortissement devient alors trop court.

Les meilleures conditions pour une rénovation complète et éventuellement pour l'extension d'une centrale hydraulique sont réunies lorsqu'on accorde une nouvelle concession au bénéficiaire de celle-ci, éventuellement même avant son échéance.

Une seconde possibilité est de conclure un accord renvoyant ou limitant l'application du droit de retour ou de rachat. Une troisième solution consisterait à associer propriétaire et bénéficiaire des droits d'eau dans le cadre d'une nouvelle société.

Un nouveau règlement approprié des concessions hydrauliques est une tâche difficile qui exige, outre de solides connaissances de la spécialité, d'avoir aussi la volonté de se mettre à la place de l'interlocuteur, et de discuter l'ensem-

<sup>4)</sup> Voir aussi W. Pfeiffer: Zur energiewirtschaftlichen Bedeutung der frühzeitigen Neuregelung von ablaufenden Wasserrechtsverleihungen. «Wasser, Energie, Luft — Eau, énergie, air» 69 (1977), p. 13—15.



ble des problèmes avec lui pendant tout le temps nécessaire. L'intérêt commun des deux parties pour une utilisation aussi complète que rationnelle des forces hydrauliques doit montrer, à l'avenir aussi, la voie à suivre pour arriver à une bonne entente entre les partenaires concernés.

## 8. Appréciation générale

Il faut considérer dans un cadre général l'ensemble du potentiel d'amélioration des installations qui figure dans la première partie de ce rapport. Outre la rentabilité, des facteurs politiques, juridiques et écologiques entrent également en jeu.

### *Transformation, rénovation, agrandissement des aménagements hydro-électriques existants*

Au moyen de rénovations, de reconstructions et d'agrandissements des installations existantes, il serait possible d'augmenter la production annuelle d'énergie de 2 TWh. La répartition dans le temps de cette augmentation dépend étroitement de la date d'échéance des concessions des centrales hydrauliques. Il arrive fréquemment que l'on retarde l'exécution de transformations — nécessaires par ailleurs du point de vue technique et économiquement avantageuses — de vieilles installations, uniquement parce que, compte tenu de l'échéance proche de la concession, les propriétaires ne peuvent pas assurer de pareils investissements. Dans de tels cas, des négociations doivent être entreprises très tôt et dans un esprit de confiance mutuelle entre les parties, en particulier en ce qui concerne le droit de retour et de rachat, afin de trouver une solution tenant compte de tous les intérêts en cause.

Environ la moitié de la production supplémentaire provient du renouvellement d'unités de machines, d'où une augmentation du rendement; l'autre moitié résulte d'améliorations de constructions hydrauliques et d'extensions des installations. La première partie du gain peut être considérée comme certaine, car les éléments électromécaniques doivent être remplacés en raison de leur vieillissement. Les améliorations des installations de génie civil ne sont dans la plupart des cas pas économiquement intéressantes pour le propriétaire; en effet, en règle générale, elles sont soumises au droit de retour. Chaque agrandissement (contenu du bassin, hauteur de chute, captages complémentaires) nécessite une adaptation de la concession; la pratique nous démontre que de tels changements sont précédés d'études approfondies et de négociations difficiles. En outre, il faut examiner divers aspects écologiques et économiques. En ce qui concerne les études sur la couverture des besoins futurs en électricité, respectivement en énergie, on peut réellement admettre que, sans l'aide de l'Etat, la rénovation et l'extension d'anciennes installations hydrauliques apporteront au total 1,5 TWh par année jusqu'à la fin du siècle. Avec un soutien de l'Etat, des cantons et des communes, dans le cadre de la législation actuelle, on peut compter que la production annuelle globale suisse sera augmentée de 2 TWh jusqu'en l'an 2000.

### *Nouvelles installations hydrauliques*

Outre les transformations et les rénovations, on connaît des projets et des études d'installations hydrauliques qui, s'ils étaient réalisés, conduiraient à une production moyenne annuelle de 6 TWh; 4,2 TWh correspondent à des projets «possibles» ou «probables», 1,8 TWh à des projets «improbables».

Lors du développement des forces hydrauliques, on a jusqu'ici réalisé d'abord les installations les plus avanta-

geuses. Celles qui restent à construire, moins avantageuses, fourniront donc du courant plus cher que les centrales existantes. En cas de pénurie ou de renchérissement de l'énergie, ainsi que pour couvrir les besoins accrus dus à la substitution du pétrole, on pourra recourir aux aménagements hydrauliques rentables non encore réalisés. Le volume de ces réalisations dépend essentiellement de l'importance du renchérissement de l'énergie. Seule une partie des installations projetées pourrait livrer de l'énergie de haute qualité, et compléter ainsi la production des centrales nucléaires<sup>7)</sup>. Une grande partie de ces réalisations livrerait avant tout de l'énergie en ruban et serait de ce fait en concurrence directe avec les centrales thermiques nucléaires, sans en avoir les avantages qualitatifs. Pour obtenir cette énergie en ruban, il faut compter avec des prix de construction souvent très élevés; il semble donc indiqué de ne pas inclure cette contribution d'énergie hydraulique en ruban dans le dispositif de couverture des besoins. De ces projets économiquement valables, seule une partie pourrait être réalisée en raison des exigences de l'écologie et de la protection des sites; actuellement et jusqu'en 1985, aucune mise en service d'installations nouvelles n'est prévue en plus des constructions déjà entreprises.

Dans ces conditions, l'augmentation de la production hydraulique par de nouvelles installations est estimée, jusqu'en l'an 2000, à 1,5 TWh.

### *Résumé*

Estimations de l'augmentation du potentiel de production voir tableau 2.

Augmentation du potentiel moyen de production annuelle des ouvrages hydrauliques en TWh. Tableau 2

|                                                               | Développement sans intervention | Avec mesures limitées pour favoriser le développement |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Jusqu'en 1985                                                 |                                 |                                                       |
| Achèvement des installations en construction                  | 0,38                            | 0,38                                                  |
| Transformation et agrandissement des installations existantes | 0,3                             | 0,3                                                   |
| Nouvelles installations                                       | —                               | —                                                     |
| Au total                                                      | 0,68                            | 0,68                                                  |
| Jusqu'en l'an 2000                                            |                                 |                                                       |
| Achèvement des installations en construction                  | 0,38                            | 0,38                                                  |
| Transformation et agrandissement des installations existantes | 1,5                             | 2,0                                                   |
| Nouvelles installations                                       | 1,5                             | 1,5                                                   |
| Au total                                                      | 3,38                            | 3,88                                                  |

## 9. Conclusions

Peu de cours d'eau et quelques vallées peuvent encore être aménagés pour la production d'énergie.

En transformant, modernisant et agrandissant des centrales existantes, on peut augmenter la production suisse d'énergie. Cette contribution souhaitée des forces hydrauliques à la couverture de la consommation croissante d'énergie des prochaines années répond largement aux exigences d'un développement de la production d'énergie tenant compte de la protection de l'environnement. Les répercus-

<sup>7)</sup> La mise à disposition de puissances accrues, l'amélioration de la qualité de l'énergie et le stockage (accumulations saisonnières, bassins de compensation, accumulations par pompage) ne sont pas traités dans le présent rapport, et ceci conformément au questionnaire de la Commission fédérale de la conception globale de l'énergie. L'extension des installations servira aussi bien à augmenter la production qu'à améliorer la qualité de l'énergie.

sions sur l'environnement sont connues, et restent dans les limites justifiables. La construction d'aménagements hydro-électriques apporte des commandes importantes à l'industrie suisse et au secteur du génie civil; la situation économique des régions de montagne est assainie. Le développement futur de l'équipement hydroélectrique dépend, dans une large mesure, de l'appui que lui apporteront le public, la Confédération, les cantons et les communes intéressées.

La contribution des aménagements hydrauliques à la couverture des besoins futurs en énergie ne permet pas de renoncer au développement de l'énergie nucléaire, ni à

l'importation des combustibles fossiles. Toujours est-il que l'utilisation des forces hydrauliques représente un moyen de production d'énergie indépendant de l'étranger. La contribution supplémentaire d'énergie d'origine hydraulique se compose de nombreuses fractions échelonnées dans le temps. Calculée sur les 25 prochaines années, la contribution d'énergie hydraulique supplémentaire correspond environ à la moitié de la production d'une centrale nucléaire actuelle d'une puissance de 1000 MWe.

Nous émettons l'espoir que la Commission fédérale de la conception globale de l'énergie se déclarera en faveur du développement futur des forces hydrauliques suisses.

## Consommation d'énergie 1976 en Suisse

### Ueberblick über den Energieverbrauch in der Schweiz im Jahre 1976

Communiqué par l'Office fédéral de l'économie énergétique à Berne

Consommation finale et structure de la consommation finale d'énergie

| Consommation finale d'énergie <sup>1)</sup> | Consommation en unités originales       | en TJ <sup>2)</sup> | en Tcal | %     |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------|---------|-------|
| Combustibles et carburants                  |                                         |                     |         |       |
| liquides                                    | 11 406 600 t                            | 477 571             | 114 066 | 76,6  |
| Electricité                                 | 29 488 GWh                              | 106 157             | 25 360  | 17,0  |
| Gaz                                         | 646,3 Mrd. m <sup>3</sup> <sup>3)</sup> | 22 730              | 5 429   | 3,7   |
| Charbon                                     | 294 700 t                               | 8 637               | 2 063   | 1,4   |
| Bois                                        | 570 000 t                               | 8 351               | 1 995   | 1,3   |
| Total de la consommation finale d'énergie   |                                         | 623 446             | 148 913 | 100,0 |
| Par rapport à l'année précédente            |                                         | +1,4 %              |         |       |

<sup>1)</sup> Consommation des secteurs ménages, artisanat, agriculture, services, industrie, transports

<sup>2)</sup> 1 TJ (Térajoule) 278 000 kWh ~ 239 millions de kilocalories

<sup>3)</sup> Hypothèse admise: 1 m<sup>3</sup> = 8400 kcal

tableau 1

| Structure de la consommation totale d'énergie                              | 1976 TJ | 1975 TJ | Modification 1975/76, % |
|----------------------------------------------------------------------------|---------|---------|-------------------------|
| Consommation d'énergie primaire et équivalente <sup>4)</sup>               | 780 655 | 765 087 | + 2,0                   |
| moins:                                                                     |         |         |                         |
| — consommation et pertes du secteur énergie                                | 119 483 | 126 794 | — 5,8                   |
| — consommation finale non énergétique <sup>5)</sup> et écarts statistiques | 37 726  | 23 528  | + 60,3                  |
| Consommation finale d'énergie                                              | 623 446 | 614 765 | + 1,4                   |

<sup>4)</sup> Charbon, bois, pétrole brut, produits pétroliers (importations seulement), gaz naturel, forces hydrauliques, énergie nucléaire

<sup>5)</sup> Consommation non énergétique de produits pétroliers (bitume, lubrifiants, paraffines, etc.)

Combustibles et carburants liquides

tableau 2

|                                                                                                              | 1000 t                 | TJ                    | Différence par rapport à l'année précédente % |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------|
| Combustibles liquides (sans la consommation propre des raffineries et les pertes)                            |                        |                       |                                               |
| Huile de chauffage extra-légère                                                                              | 6 410,3 <sup>1)</sup>  |                       | + 3,0                                         |
| Huile de chauffage moyenne                                                                                   | 171,9                  |                       | — 0,6                                         |
| Huile de chauffage lourde                                                                                    | 1 427,1                |                       | — 2,5                                         |
| Autres combustibles liquides                                                                                 | 104,4                  |                       | — 9,2                                         |
| Total des combustibles liquides                                                                              | 8 113,7 <sup>2)</sup>  | 339 704 <sup>3)</sup> | + 1,7                                         |
| Carburants liquides                                                                                          |                        |                       |                                               |
| Essence normale                                                                                              | 436,6                  |                       | + 6,4                                         |
| Super carburant                                                                                              | 2 002,9                |                       | — 1,5                                         |
| Essence d'aviation                                                                                           | 6,5                    |                       | +14,0                                         |
| Carburéacteurs                                                                                               | 668,3                  |                       | + 1,8                                         |
| Carburant Diesel                                                                                             | 635,6                  |                       | + 2,4                                         |
| Total des carburants liquides                                                                                | 3 749,9                | 157 001               | + 0,6                                         |
| Total des combustibles et carburants liquides sans la consommation propre des raffineries et les pertes      | 11 863,6 <sup>4)</sup> | 496 705 <sup>5)</sup> | + 1,4                                         |
| Consommation propre des raffineries et les pertes                                                            | 242,3                  | 10 143                | —12,9                                         |
| Total des combustibles et carburants liquides y compris la consommation propre des raffineries et les pertes | 12 105,9 <sup>6)</sup> | 506 848 <sup>7)</sup> | + 1,0                                         |

Notices <sup>1)</sup> à <sup>7)</sup>: Valeurs révisées pour 1975. <sup>1)</sup> 6 223,5; <sup>2)</sup> 7 975,4; <sup>3)</sup> 333 914; <sup>4)</sup> 11 703,0; <sup>5)</sup> 489 981; <sup>6)</sup> 11 981,1; <sup>7)</sup> 501 625.

Gaz

tableau 5

|                                                                                                                                    | Mio m <sup>3</sup> <sup>1)</sup> | TJ     | Différence par rapport à l'année précédente % |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------|-----------------------------------------------|
| 1. Production de gaz                                                                                                               |                                  |        |                                               |
| Agents énergétiques affectés à la production de gaz                                                                                |                                  |        |                                               |
| Essence légère 16 127 t                                                                                                            |                                  | 723    | — 4,8                                         |
| Propane/Butane 7 416 t                                                                                                             |                                  | 372    | —11,7                                         |
| Utilisation de gaz naturel comme matière première                                                                                  |                                  | 917    | —11,9                                         |
| Total des agents énergétiques affectés à la production de gaz de ville                                                             |                                  | 2 012  |                                               |
| Production totale de gaz                                                                                                           | 42,3                             | 1 489  | —23,2                                         |
| 2. Importation de gaz                                                                                                              | 717,9                            | 25 251 | + 4,9                                         |
| A déduire:                                                                                                                         |                                  |        |                                               |
| Exportation                                                                                                                        |                                  | 108    |                                               |
| Utilisation de gaz naturel comme matière première                                                                                  |                                  | 917    |                                               |
| Consommation propre des usines à gaz (y compris les différences de comptage et de remplissage/soutirage), pertes de transformation |                                  | 1 260  |                                               |
| Pertes de réseaux                                                                                                                  | 63,9                             | 2 248  | —22,0                                         |
| 3. Consommation de gaz                                                                                                             | 647,3                            | 22 730 | + 8,4                                         |

<sup>1)</sup> Hypothèse admise: 1m<sup>3</sup> = 8400 kcal

|                                                    | 1000 t | TJ   | Différence<br>par rapport<br>à l'année<br>précédente<br>‰ |
|----------------------------------------------------|--------|------|-----------------------------------------------------------|
| Charbon flambant, Anthracite                       | 96,3   |      | —17,1                                                     |
| Briquettes de houille                              | 15,9   |      | — 7,6                                                     |
| Briquettes de lignite                              | 42,9   |      | — 9,3                                                     |
| Coke de houille, Coke de fonderie,<br>Autres cokes | 139,6  |      | — 4,5                                                     |
| Total                                              | 294,7  | 8637 | — 9,8                                                     |

<sup>1)</sup> Les chiffres relatifs aux matières importées tiennent compte du mouvement des stocks.

|                                                             | 1000 m <sup>3</sup> | TJ    | Différence<br>par rapport<br>à l'année<br>précédente<br>‰ |
|-------------------------------------------------------------|---------------------|-------|-----------------------------------------------------------|
| Consommation de bois de feu<br>selon statistique forestière | 600                 |       |                                                           |
| Déchets de façonnage du bois                                | 150                 |       |                                                           |
| Déboisages hors forêts                                      | 200                 |       |                                                           |
| Total                                                       | 950                 | 8 352 | 0,0                                                       |

## Electricité

tableau 4

|                                                           | Pour toute la Suisse en GWh |             |                | Différence<br>par rapport<br>à l'année<br>précédente<br>‰ |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------|----------------|-----------------------------------------------------------|
|                                                           | Hiver<br>1975/76            | Eté<br>1976 | Année<br>hydr. |                                                           |
| Production d'énergie                                      |                             |             |                |                                                           |
| Centrales hydrauliques dont:                              | 13 549                      | 13 238      | 26 787         | —19,0                                                     |
| (production du semestre d'hiver provenant d'accumulation) | (6 790)                     |             |                |                                                           |
| Centrales thermiques classiques                           | 1 164                       | 690         | 1 854          | + 0,8                                                     |
| Centrales nucléaires                                      | 4 218                       | 3 252       | 7 470          | + 1,3                                                     |
| Pompage d'accumulation (—)                                | 171                         | 1 107       | 1 278          | — 2,4                                                     |
| Production du pays                                        | 18 760                      | 16 073      | 34 833         | —15,0                                                     |
| Importation                                               | 4 267                       | 3 103       | 7 370          | +43,5                                                     |
| Production du pays et importation                         | 23 027                      | 19 176      | 42 203         | — 8,5                                                     |
| Utilisation de l'énergie                                  |                             |             |                |                                                           |
| Ménages, artisanat et agriculture                         | 9 311                       | 7 821       | 17 132         | + 3,7                                                     |
| Industrie dont                                            | 5 206                       | 5 174       | 10 380         | — 2,6                                                     |
| (Industrie en général)                                    | (3 267)                     | (3 089)     | (6 356)        | + 0,7                                                     |
| (Electrochimie, électrometallurgie et électrothermie)     | (1 939)                     | (2 085)     | (4 024)        | — 7,4                                                     |
| Chemins de fer                                            | 1 011                       | 923         | 1 934          | + 2,3                                                     |
| Chaudières électriques                                    | 11                          | 31          | 42             | —55,3                                                     |
| Pertes de transport                                       | 1 690                       | 1 410       | 3 100          | — 0,5                                                     |
| Consommation du pays                                      | 17 229                      | 15 359      | 32 588         | + 1,0                                                     |
| Exportation                                               | 5 798                       | 3 817       | 9 615          | —30,5                                                     |
| Consommation du pays et exportation                       | 23 027                      | 19 176      | 42 203         | — 8,5                                                     |

## Zehn Jahre Bundesgesetz über Natur- und Heimatschutz

Alt Bundesrat Prof. Dr. H. P. Tschudi, Basel

Dem Umweltschutz, dem Schutz des Menschen und seiner natürlichen Umwelt kommt entscheidende Bedeutung zu. Wenn spätere Generationen unter menschenwürdigen Bedingungen leben sollen, müssen noch vor Ende des Jahrhunderts die grössten Gefahren für die Umwelt beseitigt werden. Durch die Annahme des Umweltschutz-Verfassungsartikels hat sich das Schweizer Volk dieses Ziel gesteckt.

### Föderalistischer Grundgedanke

Das Bundesgesetz über Natur- und Heimatschutz, das am 1. Januar 1967 in Kraft getreten ist, stützt sich auf Art. 24sexies der Verfassung. Eine entsprechende Bestimmung war vom Bundesrat in seinem Bericht zur sogenannten Rheinau-Initiative in Aussicht gestellt worden. In den eidgenössischen Räten fand dieser Gedanke Zustimmung; sie beauftragten deshalb durch eine Motion die Regierung, einen Entwurf zu einem entsprechenden Verfassungsartikel vorzulegen. Als mir anfangs 1960 die Leitung des Eidgenössischen Departements des Innern übertragen wurde, lag dieser zwar vor, doch erhob sich dagegen inner-

halb der Bundesverwaltung und aus den Kantonen Opposition. Nicht die Zielsetzung des Natur- und Heimatschutzes war umstritten, sondern die Zuständigkeit des Bundes. Im föderalistischen System muss die Kulturpolitik im Kompetenzbereich der Kantone bleiben. Einsichtige erkannten jedoch, dass ohne tatkräftige Mitwirkung des Bundes weder unsere herrliche Landschaft noch wertvolles Kulturgut erhalten werden konnten. In gründlichen Beratungen innerhalb der Landesregierung gelang es, eine Formulierung zu finden, die auch bei überzeugten Föderalisten nicht mehr auf Widerstand stiess und in der Abstimmung von Volk und Ständen gebilligt wurde.

Die Tendenz, alle Möglichkeiten zur Förderung des Natur- und Heimatschutzes entschlossen zu benützen, war auch bei der Anwendung des Gesetzes massgebend, so insbesondere hinsichtlich der finanziellen Unterstützung von Vereinigungen des Natur- und Heimatschutzes sowie bei der Gewährung von Bundesbeiträgen zur Erhaltung von schützenswerten Objekten. Der Bundeskredit konnte jährlich gesteigert werden, bis die jetzt notwendig gewordenen, rigorosen Sparmassnahmen die Entwicklung gebremst haben.