

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 55 (1964)
Heft: 2

Artikel: Schweden's Elektrizitätserzeugung in den 70er Jahren
Autor: Etienne, E.H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-916674>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 04.04.2026

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

Energie-Erzeugung und -Verteilung

Die Seiten des VSE

Schweden's Elektrizitätserzeugung in den 70er Jahren

Von E. H. Etienne, La Conversion

I. Allgemeines

Der Internationale Exekutivrat der Weltkraftkonferenz hielt seine letzte Jahresversammlung am 15. und 16. Juli in Stockholm ab. Es war das dritte Mal, dass dieses Gremium in Schweden tagte; 1933, anlässlich der Teiltagung der Weltkraftkonferenz in Skandinavien und 1948 war es schon in diesem Lande versammelt.

Der letzte Aufenthalt in Schweden gab somit Gelegenheit, die freundschaftlichen Beziehungen zu vertiefen und dabei Interessantes über die Energiepolitik Schwedens zu vernehmen und bedeutende Anlagen zu besichtigen, u. a. das Kernkraftwerk Ägesta und neueste Wasserkraftwerke im Norden des Landes.

Von besonderem Interesse für die Schweiz ist die Studie des «Central Operating Management»¹⁾ (CDL) über die Elektrizitätserzeugung in Schweden in den 70er Jahren. Das CDL ist die zentrale Betriebsleitung, die in Schweden sowohl die staatlichen und Gemeindeelektrizitätsunternehmen, als auch die privaten Elektrizitätsunternehmen umfasst. Die Ersteren sind mit 42, die Letzteren mit 50 Prozent an der Elektrizitätserzeugung des Landes beteiligt. Die Studie stützt sich auf 9 einschlägige Berichte, die von prominenten Fachspezialisten verfasst wurden, und zwar:

1. Mutmassliche Entwicklung des Elektrizitätsbedarfes bis 1980,
2. Verfügbare Wasserkraftvorkommen und ihre Ausbaukosten,
3. Jahreskosten der Wasserkraftanlagen,
4. Entwicklung der Elektrizitätserzeugung in Gegendruckanlagen in den 60er und 70er Jahren,
5. Dampfkraftwerke der herkömmlichen Art in den 70er Jahren,
6. Kernkraftwerke in Schweden in den 70er Jahren,
7. Ausbau und Kosten des Höchstspannungsübertragungsnetzes,
8. Gesichtspunkte betreffend die notwendige Leistungsreserve für den Verbundbetrieb,
9. Berechnungsmethoden und Studienergebnisse für die optimale Deckung des Energiebedarfes auf lange Sicht.

Die Studie wurde Ende Oktober 1961 beschlossen und hierzu ein Komitee aus Vertretern des CDL und der AG

¹⁾ Siehe «Blue-White Series» Heft 35 der schwedischen Wasserkraftverwaltung.

Atomenergie (schwedische Atomenergiegesellschaft) gegründet. Dieses aus je zwei Vertretern der privaten Elektrizitätsunternehmen, der staatlichen Kraftwerksverwaltung und der Atomenergie-A.G. zusammengesetzte Komitee hatte zur Aufgabe, von vernünftigen Annahmen betreffend die Zunahme des Energiebedarfes ausgehend, die für die Deckung günstigste Kombination von Wasser- und Wärmekraftwerken in den 70er Jahren abzuklären, und zwar sowohl von Gegendruck- und Kondensationsanlagen, als auch von Kernkraftwerken.

Hierbei wurde besonders Gewicht auf die Notwendigkeit der Aufstellung und Durchführung eines schwedischen Kernenergie-Programms, in erster Linie mit Rücksicht auf die Maschinenindustrie, gelegt. Nun ist jede Vorausschau auf lange Sicht mit allerlei Unsicherheiten behaftet, insbesondere was die Schätzungen der Bedarfszunahme und der ausbauwürdigen Wasserkräfte, die Annahmen betreffend die Fortschritte in der Technik der Wärmekraftwerke — vor allem der Kernkraftwerke — die verfügbaren Kapitalien und deren Kosten, sowie die Amortisations- und Brennstoffkosten anbelangt.

Der Zweck der Studie ist eine Darstellung der zukünftigen optimalen Gestaltung der Elektrizitätserzeugung auf Grund der heutigen Erkenntnisse, bei Wahrung eines grösstmöglichen Spielraumes für spätere Anpassungen des Ausbauprogrammes an die unvermeidlichen Änderungen der energiewirtschaftlichen Grundlagen. «Optimal» ist hier im Sinne der geringsten Energiekosten zu verstehen.

II. Ausgangslage und Berechnungsgrundlagen

Im Jahre 1960 erreichte der Elektrizitätsverbrauch 32 TWh²⁾ — 4500 kWh pro Einwohner — bei einer beanspruchten Höchstleistung von 5,9 GW¹⁾. Die nutzbare Abgabe betrug 28 TWh; davon entfielen 64 % auf Industriebetriebe, 30 % auf Haushalt, Gewerbe, Landwirtschaft sowie sonstige Kleinverbraucher und 6 % auf die Bahnen.

Der damalige Ausbaustand der Wasserkraftwerke entsprach einer maximal verfügbaren Leistung von nahezu 7 GW bei einer Erzeugungsmöglichkeit im Normaljahr von 34 TWh.

²⁾ 1 TWh (Terawattstunde) = 10⁹ kWh = 1 Milliarde kWh.
1 GW (Gigawatt) = 10⁹ kW = 1 Million kW.

In den *Wärme­kraftwerken* waren 1,2 GW installiert, und zwar 0,4 GW in Gegendruckanlagen (Industrie und Heizkraftwerke) und 0,8 GW in Kondensations-Dampfkraftwerken.

In den Gegendruckanlagen werden jährlich 1,5 TWh erzeugt; die übrigen Wärme­kraftwerke sind in der Hauptsache zum Ausgleich des Produktionsrückganges der Wasserkraftwerke bei ungünstiger Wasserführung bestimmt.

Auf dem Gebiete der *Kernkraftwerke* sind die Entwicklungsarbeiten einstweilen auf die nachfolgenden Anlagen beschränkt:

Der 65 MW Schwerwasserreaktor für das Heizkraftwerk Ågesta mit einer elektrischen Leistung von 10 MW wurde im Juli 1963 kritisch und wird in nächster Zeit den Normalbetrieb aufnehmen.

Der als Prototyp für zukünftige Grossreaktoren von 300...500 MW Leistung entwickelte schwerwassermoderierte Versuchsreaktor Marviken für eine elektrische Leistung von 150...200 MW soll bis 1969 betriebsbereit sein.

Ferner der Siedewasser- (BWR-) Reaktor in Simpsvarp mit 60 MW dürfte bis 1967 in Betrieb gesetzt werden.

Das *Fernübertragungsnetz* besteht aus vier 380 kV und sechs 200 kV Höchstspannungsleitungen zum Abtransport der im Norden des Landes verfügbaren Wasserkräfte nach den in der Hauptsache im Süden liegenden Konsumzentren.

Für die *Kapitalkosten* wurden für Zins und Unkosten 7 % eingesetzt und für die *Abschreibungen* eine Zeitperiode von 40 Jahren für Wasserkraftwerke, von 25...30 Jahren für Wärme­kraftwerke der herkömmlichen Art, sowie für die Höchstspannungsübertragungsanlagen, und von 20...25 Jahren für Kernkraftwerke angenommen.

Sämtliche *Kostenberechnungen* beruhen auf dem Preisstand von 1961 und sind also in erster Linie als relative Preise für Kostenvergleiche zu betrachten.

III. Entwicklung in den 60er Jahren

1. Elektrizitätsbedarf und dessen Deckung aus Wasserkraft

Für die Entwicklung des Elektrizitätsbedarfes in den 60er Jahren wurde eine durchschnittliche jährliche Zunahme von 5,9 % — das sind 2,5 TWh — verglichen mit solchen von 6,7 %, d. h. von 1,5 TWh in den 50er Jahren, angenommen. Daraus ergibt sich für das *Jahr 1970* ein Gesamtbedarf von 57 TWh mit einer Höchstbelastung von 11 GW bei einer Benützungsdauer der Letzteren von 5200 h.

Für den Ausbau der Wasserkräfte wurde für die 5jährige Periode von 1962...1967 eine durchschnittliche Steigerung der maximal verfügbaren Leistung von 320 MW pro Jahr entsprechend einer zusätzlichen Jahreserzeugungsmöglichkeit von 1,6 TWh und für den Zeitraum 1967...1970 eine solche von 1,2 TWh angenommen. Gegenüber der im Zeitraum 1958...1962 erreichten Steigerung der Jahreserzeugungsmöglichkeit von durchschnittlich 2,9 TWh (575 MW) wird also das Ausbauprogramm der Wasserkräfte für die Jahre 1963...1970 um beinahe die Hälfte gekürzt.

Auf Grund der vorgenannten Annahmen wird die Erzeugungsmöglichkeit der Wasserkraftwerke bis 1970 im Normaljahr auf 54 TWh entsprechend einer maximal verfügbaren

Leistung von 10,8 GW ansteigen, und zwar einschliesslich des vertraglich gesicherten Importes aus norwegischen Wasserkraften von einer TWh entsprechend einer Leistung von 0,2 GW.

2. Wärme­kraft

a) Gegendruckanlagen

Die Erzeugungsmöglichkeit der Gegendruckanlagen, die 1960 1,5 TWh betrug, dürfte 1970 auf 4,5 TWh bei einer maximal verfügbaren Leistung von 1,4 GW ansteigen.

b) Dampfkraftwerke

Bis 1970 wird der in Aussicht genommene Ausbau der Dampfkraftwerke einschliesslich Gasturbinen auf 1,8 GW ansteigen.

c) Kernkraftwerke

Wie unter II. oben dargelegt, wird damit gerechnet, dass bis 1970 in Kernkraftwerken eine Leistung von 200 MW zur Verfügung stehen wird.

3. Höchstspannungsübertragungsnetz

Das 380 kV-Netz soll in der Hauptsache durch den Neubau von 220 kV-Leitungen, die in den 30er Jahren erstellt wurden und zu erneuern sind, verstärkt werden.

4. *Insgesamt* wird im Jahre 1970 zur Deckung des unter 1. aufgeführten Energiebedarfes zur Verfügung stehen (Tabelle I):

Voraussichtliche Ausbauleistung und durchschnittliche jährliche Erzeugung im Jahre 1970

Tabelle I

| | Ausbauleistung GW | Durchschnittliche jährliche Erzeugung | |
|--|----------------------|---------------------------------------|-------|
| | | TWh | % |
| Wasserkraft einschliesslich Einfuhr aus Norwegen | 10,8 | 54,0 | 90,0 |
| Gegendruckanlagen | 1,4 | 4,5 | 7,5 |
| Dampfkraftwerke | 1,8 | 0,5 | 0,8 |
| Kernkraftwerke | 0,2 | 1,0 | 1,7 |
| Total | 14,2 | 60,0 | 100,0 |

Die für die Untersuchung der Entwicklung in den 70er Jahren gut fundierte Ausgangslage für das Jahr 1970 ist durch die bereits im Bau befindlichen bzw. zum Bau in Aussicht genommenen Anlagen weitgehend bestimmt.

IV. Entwicklung in den 70er Jahren

1. Elektrizitätsbedarf und dessen Deckung aus Wasserkraft

Die der Studie zu Grunde gelegte jährliche Zunahme wurde zu 5,5 % angesetzt. Daraus ergibt sich für 1980 ein Elektrizitätsbedarf von 97 TWh und eine Höchstbelastung von 18 GW. Als Varianten wurden ferner 4,5 % als Minimum und 6,5 % als Maximum der durchschnittlichen jährlichen Zunahme angenommen. Je nach diesen Zuwachsraten stellt sich der Bedarf im Jahre 1980 auf 89 bzw. 107 TWh.

Für den weiteren Ausbau der Wasserkräfte in den 70er Jahren wird mit einer Steigerung der Erzeugungsmöglichkeit im Normaljahr von je 1,2 TWh bis 1975 und von je 0,8 TWh nach 1975 gerechnet. Auf Grund dieser Annahmen würden in den Wasserkraftwerken im Normaljahr zur Verfügung stehen: ab 1975: 10,9 GW bzw. 60 TWh und ab 1980: 12,7

GW bzw. 64 TWh. Das sind zwei Drittel des oben erwähnten Bedarfs von 97 TWh.

Die Erzeugungsmöglichkeit der ausbauwürdigen Wasserkräfte im Normaljahr wird insgesamt auf 85 TWh geschätzt. Für die im Jahre 1970 noch ausbaufähigen Wasserkräfte wurden die Jahreskosten zu 8,2 % der Erstellungskosten angenommen; hierzu kommen + Fr. 3,75 pro kW + Fr. 330.— pro Million m³ nutzbaren Inhaltes der Ausgleichs-Speicherbecken für die Kosten der Wasser-Regulierung.

Das nach Erstellungskosten gegliederte Inventar der nach 1970 noch wirtschaftlich ausbauwürdigen Wasserkräfte ist in der Tabelle II zusammengestellt.

Voraussichtliche Erstellungskosten und Erzeugungsmöglichkeiten der nach 1970 noch ausbauwürdigen Wasserkräfte

Tabelle II

| Erstellungskosten | | Erzeugungsmöglichkeit TWh |
|---------------------------|-------------|------------------------------|
| in Rp./kWh | in Fr./kW | |
| unter 21 | unter 1100 | 5,0 |
| 21...25 | 1100...1350 | 8,0 |
| 25...29 | 1350...1550 | 7,6 |
| 29...33 | 1550...1750 | 4,0 |
| über 33 | über 1750 | 3,2 |
| keine Angaben erhältlich: | | 6,2 |
| Total | | 34,0 |

2. Wärmekraft

a) Gegendruckanlagen

Nach der für die Entwicklung in den 60er Jahren angenommenen Verdreifachung der Elektrizitätserzeugung in Gegendruckanlagen wird für die 70er Jahre auf Grund von Umfragen bei Industriebetrieben und Fernheizwerken eine Steigerung von 4,5 auf 6 TWh bis 1975 und eine solche von 6 auf 7 TWh bis 1980 erwartet.

b) Kondensations-Dampfkraftwerke

Die Brennstoffkosten betragen im Jahre 1961 rd. Fr. 5,50 pro Gcal. Für die nachfolgenden Kostenberechnungen wurden diese um 40 % erhöht, um allfälligen Preissteigerungen bis 1980 Rechnung zu tragen. Als Variante wurde auch ein Preiszuschlag von 10 % gegenüber 1961 angenommen. Es wurde also für die Kondensations-Dampfkraftwerke mit Brennstoffpreisen von Fr. 7,50 pro Gcal³⁾ und Fr. 6,00 pro Gcal gerechnet.

Für die Erzielung geringster Energiekosten bei Dampfkraftwerken ist die zweckmässigste Steigerung der Einheitsleistung der Maschinenblöcke ausschlaggebend. Darum wurde diese Leistung neuerdings bereits von 160 auf 275 MW heraufgesetzt. Für die weitere Entwicklung wurden Einheiten von 300 MW und im Laufe der 70er Jahre solche von 450 und 600 MW in Aussicht genommen, und zwar je 4 Einheiten pro Kraftwerk; diese werden auch für Kohlenstaubfeuerung ausgerüstet.

Zur Berücksichtigung der im Bau von Dampfkraftwerken zu erwartenden weiteren technischen Fortschritte wurde mit einer jährlichen Verringerung der Erstellungskosten von 1 % gerechnet. Es wurde jedoch angenommen, dass bei neuen Anlagen auch in den 70er Jahren der Wirkungsgrad 40 % nicht überschreiten wird.

³⁾ 1 Gcal (Gigakalorie) = 10⁶ kcal = 1 Milliarde Kalorien.

Eine gewisse Unsicherheit besteht in der Bemessung der Reserven für die Lagerung der flüssigen Brennstoffe.

Die Kosten für Wärmekraft aus Kondensationsanlagen gehen aus Tabelle III hervor.

Energiegestehungskosten bei Erzeugung in Dampfkraftwerken mit Kondensatoren

Tabelle III

| | 1970 | 1975 | 1980 |
|--|---------|---------|---------|
| Kraftwerksleistung, MW | 4 × 300 | 4 × 450 | 4 × 600 |
| Gesamte Erstellungskosten Fr./kW | 515 | 465 | 415 |
| Feste Kosten Fr./kW Jahr | 59 | 54 | 49 |
| Arbeitskosten in Rp./kWh für Brennstoffkosten | | | |
| 7.50 Fr./Gcal | 1,8 | 1,8 | 1,8 |
| 6.— Fr./Gcal | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| Gesamte Energiekosten bei Benützungsdauer von 5200 h und Brennstoffpreis von 7.50 Fr./Gcal | 3 | 2,9 | 2,8 |

Die Verdoppelung der Einheitsleistung von 300 auf 600 MW ergibt eine Herabsetzung der Erstellungskosten von rd. 20 % und der Energiekosten von rd. 7 %.

Die Aufstellung von Gasturbinen wurde in der Hauptsache für Reserveanlagen, zur Spitzendeckung und zur Überbrückung von Wasserklemmen in Aussicht genommen. Sie fallen jedoch zu wenig ins Gewicht, um hier besonders berücksichtigt zu werden und sind in den Zahlen für Dampfkraftwerke eingeschlossen.

Im Ausbauplan für Dampfkraftwerke der herkömmlichen Art sind in den 70er Jahren keine neuen Anlagen vorgesehen, sofern die Steigerung des Energiebedarfs die zu Grunde gelegte Zuwachsrate von 5,5 % nicht überschreitet, die für den Ausbau der Wasserkräfte benötigten Kapitalien zu normalen Bedingungen erhältlich sind, und die Entwicklung der Kernkraftwerke den Erwartungen entspricht.

c) Kernkraftwerke

Die für die Beurteilung der weiteren Entwicklung der Kernenergie vorhandenen Unterlagen sind mit einem hohen Grad von Unsicherheit belastet. Auf Grund der aus den in Betrieb stehenden Anlagen gewonnenen praktischen Erfahrungen und der festen Offerten für Kernkraftwerke, die bis ca. 1967 in Betrieb gesetzt werden könnten, sind jedoch folgende Möglichkeiten in Betracht zu ziehen:

Für Druckwasser- (PWR-) und Siedewasser- (BWR-) Reaktoren für leicht angereichertes Uran mit einer elektrischen Leistung von 300 MW, die bis zum Jahre 1970 in Betrieb gesetzt werden könnten, belaufen sich die spezifischen Erstellungskosten auf rd. 830 Fr./kW; für gasgekühlte Graphitreaktoren (GCR) und für Druckwasser mit schweren Wasser-Reactoren (PHWR) auf rd. 1250 Fr./kW.

Es ist anzunehmen, dass im Laufe der 70er Jahre die vorgenannten Kosten — sei es durch technische Fortschritte oder höhere Reaktorleistungen, bei gleichzeitiger Erstellung mehrerer Reaktoren in der gleichen Anlage — zurückgehen werden. Die diesbezüglichen in der letzten Zeit mit den in Betrieb stehenden Reaktoren gemachten Erfahrungen lassen für die 60er Jahre eine Kostenermäussigung von 4 % pro Jahr erwarten. Für die 70er Jahre wird mit einer Senkung der spezifischen Erstellungskosten von 1,5 % pro Jahr für

BWR-, PWR- und GCR-Reaktoren und von 2,5 % pro Jahr für PHWR-Reaktoren, gerechnet.

Unter Berücksichtigung der besonderen Verhältnisse in Schweden wurden für 1980 Reaktorleistungen von 600 MW, wie bei den Dampfkraftwerken der herkömmlichen Art, in Aussicht genommen. Die Verdoppelung der Einheitsleistung von 300 MW im Jahre 1970 auf 600 MW im Jahre 1980 dürfte eine Senkung der spezifischen Erstellungskosten von 15 % nach sich ziehen. Es wurde auch angenommen, dass je zwei Reaktoren pro Anlage zusammen erstellt werden.

Ansehnliche Ermässigungen der Arbeitskosten lassen auch die Fortschritte im Abbrand, in der Verbesserung des thermischen Wirkungsgrades und in der Verbilligung der Brennstoffelemente erwarten.

Die in den 70er Jahren voraussichtliche Entwicklung der Energie-Gestehungskosten in Kernkraftwerken sind in der Tabelle IV zusammengestellt.

Voraussichtliche Gestehungskosten für Kernenergie in den 70er Jahren

Tabelle IV

| Jahr der Inbetriebsetzung Kraftwerksausbau | 1970 2×300 | | 1975 2×450 | | 1980 2×600 | |
|--|---------------|------|---------------|------|---------------|------|
| | BWR PWR | PHWR | BWR PWR | PHWR | BWR PWR | PHWR |
| Gesamterstellungskosten | 760 | 1130 | 650 | 930 | 580 | 830 |
| Feste Kosten in Fr./kW Jahr | 104 | 134 | 90 | 111 | 78 | 97 |
| Arbeitskosten in Rp./kWh | 1,0 | 0,66 | 0,9 | 0,58 | 0,8 | 0,5 |
| Gesamte Energiekosten Rp./kWh (Benutzungsdauer 5200 h) | 3,0 | 3,2 | 2,6 | 2,7 | 2,4 | 2,4 |

3. Energieübertragung

Für die Wahl der zweckmässigsten Energiebasis sind nicht nur die Kosten der Erzeugung, sondern auch diejenigen der Übertragung von den Produktions- zu den Verbrauchs-Zentren zu betrachten. Über die Grössenordnung dieser Kosten ab Kraftwerk in 380 kV bis zum Unterwerk in 130 kV orientiert Tabelle V.

Energieübertragungskosten

Tabelle V

| Energieübertragungskosten für: | Feste Jahreskosten Fr./kW | Leistungsverluste % | Energieverluste % | Gesamte Kosten Rp./kWh |
|---------------------------------------|---------------------------|---------------------|-------------------|------------------------|
| Wasserkraft aus dem Norden des Landes | 20 | 15,0 | 11,0 | 0,61 |
| Wärmeleistung | 7 | 1,8 | 1,6 | 0,175 |

Ausbauleistungen und Erzeugung, nach Erzeugungsarten geordnet

Tabelle VI

| | 1970 | | 1975 | | 1980 | |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | Leistung GW | Energie TWh | Leistung GW | Energie TWh | Leistung GW | Energie TWh |
| Energiebedarf | 10,8 | 57,0 | 14,1 | 74,5 | 18,4 | 97,5 |
| Erzeugung in Gegendruckanlagen | 1,4 | 4,5 | 1,8 | 6,0 | 2,0 | 7,0 |
| Wasserkraft, einschl. Einfuhr aus Norwegen | 10,8 | 54,0 | 11,9 | 60,0 | 12,7 | 64,0 |
| Wärmeleistung der herkömmlichen Art | 1,8 | 0,5 | 1,8 | 4,3 | 1,8 | 1,5 |
| Kernkraft | 0,2 | 1,0 | 0,8 | 5,4 | 3,8 | 25,5 |
| Überschussenergie | — | 3,0 | — | 1,2 | — | 0,5 |

Hierbei wurde damit gerechnet, dass die zu übertragenden Leistungen in den 70er Jahren ein gewisses Maximum erreichen und daraufhin abnehmen werden; denn mit der Zeit wird der steigende Energiebedarf in den nördlichen Landesteilen einen stets grösseren Anteil der dort erzeugten und bisher nach Süden zu übertragenden Leistungen und Energiemengen aufnehmen.

In der nachfolgenden Zusammenfassung wurden die Übertragungskosten und Verluste von den Wasserkraftwerken nach den Unterwerken in den zentralen Verbrauchszentren des Landes der Wasserkraft anteilmässig angerechnet.

4. Optimaler Einsatz der Wasser-, Wärme- und Kernkraft in den 70er Jahren

Auf Grund der vorgenannten Überlegungen und Kostenzusammenstellungen der einzelnen Rohenergiequellen wurde der optimale Einsatz der Wasser-, Wärme- und Kernkraft mittelst Rechenmaschinen unter Berücksichtigung aller möglichen Kombinationen ermittelt. Das Ergebnis unter Annahme einer Zuwachsrate von 5,5 % für den Energiebedarf, ein Jahr mittlerer Wasserführung für die Wasserkraft und Brennstoffkosten von Fr. 7,50 pro Gcal (Preisbasis 1961 + 40 %) ist in der Tabelle VI zusammengefasst.

Daraus ergibt sich für die einzelnen Energieformen folgende prozentuale Aufteilung (Tabelle VII):

Prozentualer Anteil der verschiedenen Energiequellen am Energiebedarf

Tabelle VII

| | 1970 | 1975 | 1980 |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|
| Wasserkraft | 90,0 | 79,3 | 65,3 |
| Energie aus Gegendruckanlagen | 7,5 | 7,9 | 7,2 |
| Wärmeleistung der herkömmlichen Art | 0,8 | 5,7 | 1,5 |
| Kernkraft | 1,7 | 7,1 | 26,0 |
| Total | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

Aus diesen Zusammenstellungen ist folgendes festzuhalten:

Der Anteil der Wasserkraft an der Elektrizitätserzeugung, der zu Beginn der 60er Jahre noch 90 % betrug, wird sich bis 1970 auf dieser Höhe halten, und erst im Laufe der 70er Jahre allmählich auf 65 % zurückgehen.

Der auf die Gegendruckanlagen entfallende Anteil wird sich hinsichtlich Energiemenge weiterhin auf über 7 % halten; leistungsmässig wird ihr Anteil jedoch in den 60er Jahren von 5 auf 10 % ansteigen und in den 70er Jahren auf dieser Höhe verbleiben.

Infolge der den *Dampfkraftwerken* zugewiesenen Rolle des Ausgleichs zwischen wasserreichen und -armen Jahren wird ihr Anteil hinsichtlich Energieerzeugung dementsprechende Schwankungen aufweisen, hinsichtlich Leistung in den 60er Jahren sich auf rd. 10 % halten.

Der Anteil der *Kernkraftwerke* an der Elektrizitätserzeugung wird 1970 mit 1,7 % noch unbedeutend sein, jedoch unter der Voraussetzung einer normalen Entwicklung bis 1980 auf 26 %, betreffend Leistung auf rd. 18 % ansteigen.

Die hier zusammengefassten Ergebnisse der Berechnungen gelten für die oben dargelegten Voraussetzungen, welche die Experten als die wahrscheinlichsten betrachten. Für die untersuchten diesbezüglichen Varianten ergeben sich die nachstehenden wichtigsten Abweichungen:

Sollte der Elektrizitätsbedarf langsamer, z. B. um 4,5 %, oder rascher als vorausgesetzt, z. B. um 6,5 % pro Jahr ansteigen, so würde der Ausbau der Kernkraftwerke entsprechend verzögert oder beschleunigt; je nachdem müssten dann im Jahre 1980 diese Werke auf 2,8 bzw. 5,2 GW ausgebaut werden. Sollten andererseits die festen Kosten der Kernkraftwerke um 15 % höher oder 15 % tiefer als angenommen wurde, ausfallen, so müsste die Leistung der Kernkraftwerke im Jahre 1980 auf 2,9 GW herabgesetzt bzw. auf 4,3 GW erhöht werden. In beiden extremen Fällen würde der Anteil der Dampfkraftwerke mit Kondensation praktisch unverändert bleiben und der Ausgleich ausschliesslich durch stärkeren oder schwächeren Ausbau der Wasserkraftwerke erfolgen.

Sollten sich die Preise der flüssigen Brennstoffe anders entwickeln als angenommen wurde, z. B. auf 6.— Fr./Gcal anstatt 7.50 Fr./Gcal, so würden die Dampfkraftwerke stär-

ker ausgebaut und der Ausbau der Kernkraftwerke entsprechend verzögert. In diesem Falle würde also die Korrektur des langfristigen Ausbauprogrammes auf Seite der Dampfkraftwerke erfolgen.

V. Schlussfolgerungen

Für die langfristige Entwicklung wird das Hauptgewicht auf den weiteren Ausbau der Wasserkraftwerke einerseits und auf die Förderung der Kernenergie andererseits gelegt. Hierzu wird die Versuchsanlage Marviken (Leistungsreaktor von 150...200 MW) Ende der 60er die für das Ausbauprogramm in den 70er Jahren erforderlichen Unterlagen ergeben.

Die Dampfkraftwerke der herkömmlichen Art werden nur soweit entwickelt, als dies zur Deckung von Wasserklemmen notwendig ist.

Auffallend ist der für die 70er Jahre zu erwartende Rückgang des jährlichen Ausbautempos der Wasserkraftwerke, trotz der noch für Schweizer Begriffe sehr günstigen ausbauwürdigen Wasserkraftwerke.

Da gemäss den Studienergebnissen der Ausbau der Dampfkraftwerke der herkömmlichen Art praktisch zum Stillstand kommen soll, wird der weitaus grösste Teil der in den 70er Jahren zu erwartenden Bedarfszunahme durch Kernkraft zu decken sein, deren Ausbauleistung bis zum Jahre 1980 auf ca. 1/3, sogar auf 2/5 derjenigen der Wasserkraft ansteigen dürfte.

Adresse des Autors:

E. H. Etienne, dipl. Ing. ETH, Präsident des Schweizerischen Nationalkomitees der Weltkraftkonferenz, La petite Grangette, La Conversion (VD).

Kongresse und Tagungen

Kurzbericht über die 8. Internationale Holzschutz-Tagung in Freiburg im Breisgau

Die Deutsche Gesellschaft für Holzforschung (DGfH) führte diese wissenschaftliche Tagung, an der Vertreter aus 18 Ländern teilnahmen, vom 9.—11. Oktober 1963 im Auditorium der Universität Freiburg durch. Die 19 Referenten berichteten über die neuesten Ergebnisse auf dem Gebiet des Holzschutzes.

Über den Holzschutz im Bauwesen liegen nun *sichere Ergebnisse* vor. Es können deshalb auch recht gute Anweisungen gegeben werden. Ganz anders liegen die Verhältnisse beim Schutz von Leitungsmasten. Veränderte Verhältnisse bestehen aber auch zwischen dem Laubholz und dem Nadelholz, und beim letzteren wiederum zwischen Fichte und Kiefer. Der Holzschutz erweist sich als eine recht komplizierte Wissenschaft; doch bemüht sich die DGfH, die Verhältnisse zu klären und Lösungen zu finden.

1. Schutz von Bauholz

Neben der Verhütung von Schwammbefall, der Verhinderung des Angriffs holzerstörender Insekten, der Vermeidung von Bläueschäden soll auch eine Erhöhung der Feuersicherheit erreicht werden: es sei leicht, Holz schwer entflammbar zu machen;

einheimische Hölzer mit einer bestimmten Dicke benötigten sogar keine spezielle Behandlung. Die Holzschutzmittel sollen in Zukunft stärker auf die «Korrosionsbeständigkeit» geprüft werden.

Ein Redner empfahl, die Vorschriften so zu gestalten, dass pro m² Holzfläche mindestens 50 g Holzschutzmittel zu verwenden sind und dass Garantien nicht über 10 Jahre dauern. Die schichtbildenden Oberflächenbehandlungsmittel sind den tiefwirkenden Imprägnierungsmitteln vorzuziehen. Die Art der Schicht ist noch nicht restlos untersucht, doch sollen Kunststoffe imponierende Teilerfolge gezeigt haben. In Hildesheim werden auf einer Bewitterungsstation zurzeit 7500 verschiedene Oberflächenbehandlungen geprüft.

Mit der Einfuhr von ausländischem Holz tauchen auch neue Schädlinge auf. In Ungarn hat sich der Splintholzkäfer (*Lyctus linearis* Goeze) innert weniger Jahre so stark ausgebreitet, dass sogar befallenes Holz neu verbaut wird. Der *Lyctus* greift nur den stärkehaltigen Splint von frischen Laubhölzern an. Die Vorbeugungsmittel sind dieselben wie für den Hausbock.

Im weitern wurde auch über neue Prüfmethode von Holzschutzmitteln gesprochen.

2. Schutz von Eisenbahnschwellen

Die durchgeführten Versuche mit Buchen- und Kiefern-schwellen, die mit UA-Salzen auf der Basis von Fluor-Arsen-Chrom-Salzen getränkt waren, haben nach 4 Jahren schlechte Ergebnisse gezeigt. Es traten zickzackförmige Querrisse auf, die