

Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 51 (1959)
Heft: 5

Artikel: Die Elektrizitätswirtschaft Skandinaviens : Vergleich mit den Verhältnissen in der Schweiz und ihren Nachbarländern
Autor: Töndiry, G.A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-921280>

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: 19.02.2026

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

Die Elektrizitätswirtschaft Skandinaviens

Vergleich mit den Verhältnissen in der Schweiz und ihren Nachbarländern

G. A. Töndury, dipl. Ing., Zürich/Wettingen

A. EINLEITUNG

Der Schweizerische Wasserwirtschaftsverband führt vom 20. Juni bis 8. Juli 1959 eine Studienreise nach Schweden, Norwegen und Finnland durch. Dank der freundlichen Einladungen des *Schwedischen Wasserkraftvereins* (Svenska Vattenkraftföreningen) und des *Finnischen Wasserkraftvereins* (Suomen Vesivoimayhdistys) wird es den Reiseteilnehmern ermöglicht, interessante im Bau und Betrieb stehende Wasserkraftanlagen und einige typische Industrien dieser Länder zu besuchen. Ein Abstecher nach Nordnorwegen (Narvik und 30stündige Meer- und Fjordfahrt zu den Lofoten- und Vesteråleninseln) erfolgt aus touristischen Gründen; in Norwegen werden aus zeitlichen Gründen auf dieser Studienreise keine Wasserkraftanlagen besucht, obwohl auch dort sehr sehenswerte große Kraftwerke in Betrieb und im Bau sind.

Wir möchten bei dieser Gelegenheit nicht nur den Teilnehmern an der SWV-Studienreise, sondern auch den Abonnenten der «Wasser- und Energiewirtschaft» einen Überblick über die Elektrizitätswirtschaft Skandinaviens bieten, wobei wir unter dem Begriff Skandinavien hier Schweden, Norwegen und Finnland verstehen möchten; die Elektrizitätswirtschaft des auch zu Skandinavien gehörenden Dänemark beruht fast vollständig auf thermischer Elektrizitätserzeugung, ist also ganz anders aufgebaut als diejenige der übrigen skandinavischen Länder. Wir werden in den nachfolgenden Ausführungen etwas eingehender die Verhältnisse in Schweden und Finnland erörtern, da wir uns wegen der Studienreise in letzter Zeit vermehrt mit diesen beiden Ländern befaßt; die Verhältnisse in Dänemark und Norwegen werden dann beim Vergleich mit den Verhältnissen in der Schweiz und ihren Nachbarländern berücksichtigt. Die Angaben in den Abschnitten B und C basieren weitgehend auf Ausführungen in den Heften Nr. 4 (1956) und Nr. 9 (1957) der Veröffentlichung «L'économie électrique» der UNIPEDE, ergänzt durch neueste Angaben aus Publikationen und persönlichen Mitteilungen der Geschäftsführer der beiden eingangs erwähnten Vereine (Dir. O. Gimstedt, Stockholm, und Dir. G. Lax, Helsingfors), denen für ihre wertvolle Vermittlung und Mitarbeit auch hier der herzliche Dank ausgesprochen sei.

B. DIE ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT SCHWEDENS

1. Aufbau der schwedischen Elektrizitätswirtschaft

Produktion, Transport und Verteilung der elektrischen Energie erfolgen durch drei Unternehmer-Kategorien: eine staatliche Unternehmung, die städtischen Unternehmungen und die privaten Elektrizitätsgesellschaften.

a) Staatliche Unternehmung

Das «Statens Vattenfallsverk» ist ein autonomes Verwaltungsorgan, das die Bewirtschaftung der dem Staate gehörenden Wasserkräfte, den Betrieb des neuen

Hochspannungs-Leitungsnetzes von 200 kV und mehr, sowie die Produktion, den Transport und die Abgabe der elektrischen Energie der eigenen Anlagen zu besorgen hat. Diese Verwaltung wird geleitet durch den «Kungl. Vattenfallsstyrelsen» (Direktion der elektrischen Energie des Staates), die ihren Sitz in Stockholm hat, und sieben regionale Verwaltungen, die sich auf das ganze Land verteilen, kontrolliert. Sie betreibt heute 26 große Wasserkraftanlagen, eine gewisse Zahl kleinerer Wasserkraftwerke und eine thermische Zentrale. Anfangs 1959 verfügte der Staat über eine gesamte installierte Leistung von 2660 MW in Wasserkraftwerken und 220 MW im thermischen Kraftwerk; im Jahr 1958 wurden in diesen Anlagen gesamthaft rund 12 Mrd kWh produziert, entsprechend 40 % (normalerweise 42 %) der schwedischen Gesamtproduktion. Der überwiegende Teil der in staatlichen Anlagen produzierten Energie wird «en gros» verkauft, und zwar an die Staatsbahnen, die praktisch vollelektrifiziert sind, an die großen Industrien, sowie an städtische und private Verteilunternehmungen.

b) Städtische Unternehmungen

Diese sind besonders in den Städten und dicht besiedelten Gebieten anzutreffen. Einige städtische Unternehmungen produzieren selber die in ihrem Versorgungsnetz benötigte Energie (etwa 8 % der gesamten schwedischen Produktion elektrischer Energie); die meisten aber kaufen die benötigte Energie en gros. Andere verschaffen sich einen Teil ihres Energiebedarfs (ebenfalls etwa 8 % der Gesamtproduktion) durch Beteiligung bei privaten Gesellschaften der Elektrizitätserzeugung. Im allgemeinen beschränkt sich die Tätigkeit der städtischen Unternehmungen auf das Verwaltungsgebiet ihrer Gemeinde.

Die bedeutendste städtische Energieversorgungsunternehmung ist diejenige der Stadt Stockholm, die drei Wasserkraftanlagen mit einer Leistung von 225 MW, eine thermische Anlage von 100 MW und eine Beteiligung in den privaten Elektrizitätsgesellschaften «Krångede AB» und «Lanforsens Kraft AB» hat. Im Jahre 1958 verteilte diese städtische Elektrizitätsunternehmung in Stockholm 1,7 Mrd kWh.

c) Private Unternehmungen

Die privaten Elektrizitätsunternehmungen können in folgende bestimmte Kategorien unterteilt werden:

1. Unternehmungen, die sich ausschließlich der Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie widmen;
2. Industrielle Unternehmungen, welche die ihrerseits benötigte Energie selber produzieren und einen Teil ihrer Produktion an die Allgemeinversorgung abgeben;
3. Verteilunternehmungen, die ihren gesamten Energiebedarf bei der Elektrizitätsverwaltung oder einem spezialisierten Produzenten beziehen;
4. Verteil-Unternehmungen mehr lokalen Charakters, die in der Regel als Genossenschaft organisiert sind.



Bild 1
Staudamm Trängslet am Österdalälven; Blick stromaufwärts, im Vordergrund Einbau des Dammkernes. Durch den 120 m hohen Staudamm (7,2 Mio m³) wird bei 25 m Spiegelschwankung ein Speichervolumen von 700 Mio m³ geschaffen.
(Photo Sven Berg, Falun)

Die privaten Unternehmungen (Kraftgesellschaften) produzieren etwa 50 % der gesamten Kraftproduktion; davon entfallen 30 % auf Gruppe 1 und die übrigen 20 % auf Gruppe 2.

2. Berufsverbände

Unter den beruflichen Organisationen, die sich im allgemeinen mit der Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft befassen, sind zu erwähnen:

a) *Svenska Elverksföreningen* (*Verband Schwedischer Elektrizitätswerke*)

Diese im Jahre 1903 gegründete Vereinigung umfaßt die meisten privaten und städtischen Elektrizitätsunternehmungen, die Verbundunternehmungen und die staat-

liche Elektrizitäts-Verwaltung. Sie pflegt besonders die Zusammenarbeit ihrer Mitglieder beim Studium aller technischen, wirtschaftlichen und administrativen Probleme, sie macht Untersuchungen über Fragen des gemeinsamen Interesses und vertritt diese bei den zuständigen Behörden; sie veranstaltet gemeinsame Zusammenkünfte, veröffentlicht Berichte und Statistiken und pflegt den Verkehr mit analogen ausländischen Organisationen. Sie vertritt u. a. auch die schwedische Elektrizitätsindustrie bei der UNIPEDE. Diese Organisation entspricht also etwa unserem Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE).

b) *Svenska Vattenkraftföreningen* (*Schwedischer Wasserkraftverein*)

Diese im Oktober 1909 gegründete Organisation, welche also dieses Jahr ihr 50jähriges Bestehen feiern kann, umfaßt alle großen privaten und städtischen Produzenten elektrischer Energie. Ihr Zweck besteht im Wahrnehmen der gemeinsamen Interessen der Mitglieder in Fragen der schwedischen Kraftproduktion, besonders durch Förderung einer rationellen Wasserkraftnutzung. Der Verein gibt Schriften heraus, führt Untersuchungen durch und sorgt für die Koordinierung technischer Entwicklungsarbeit bei den Mitgliedern.

Diese Vereinigung umfaßt demnach nur ein Teilgebiet der Wasserwirtschaft, wogegen sich vergleichsweise der Schweizerische Wasserwirtschaftsverband (SWV) mit allen Sparten der Wasserwirtschaft befaßt, also beispielsweise auch mit Hochwasserproblemen, Gewässerschutzfragen, Schiffahrt usw.

c) *Föreningen för elektricitetens rationella användning* (*Verband zur rationellen Nutzung der elektrischen Energie*)

Dieser Verband wurde von den verschiedenen Berufszweigen der elektrischen Industrie gegründet, also

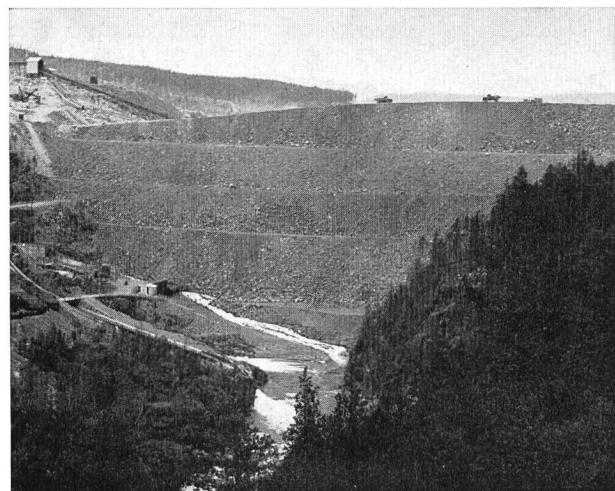


Bild 2 Staudamm Trängslet, talseitige Ansicht des «rock-fill»-Stützkörpers
(Photo Sven Berg, Falun)

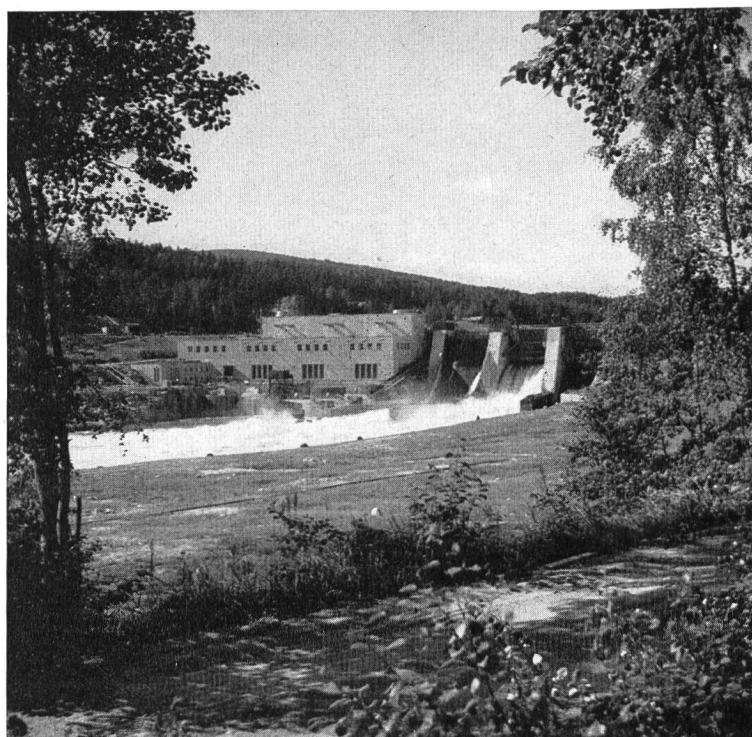


Bild 3 Kraftwerk Hölle am Indalsälven, seit 1949/52 in Betrieb (145 MW, 700 GWh)

insbesondere von Konstruktions- und Installationsfirmen u. a. m. Zur Erreichung des Verbandszweckes veröffentlicht dieser drei für die Öffentlichkeit bestimmte Informationsbulletins und organisiert Fachkurse, Vorträge und Ausstellungen.

3. Energiequellen

In Schweden sind die natürlichen Vorkommen an *festen Brennstoffen* gering, so daß zur Bedarfsdeckung auf diesem Sektor etwa 70 % importiert werden müssen; die restlichen 30 % setzen sich zusammen aus 25 %

Holz und 5 % Kohle, Ölschiefer und Torf. Mehr als die Hälfte der Oberfläche Schwedens ist von *Wäldern* bedeckt; der jährliche Holzschlag variiert von 30 bis 40 Millionen Festmeter, wovon etwa 10 Mio Festmeter als Brennstoff oder als Ausgangsprodukte für die Herstellung von Holzkohle für die Stahlwerke dienen. Die *Kohlevorkommen* sind klein, und sie werden auf etwa 100 Mio t mit einem Heizwert von 4800 kcal/kg geschätzt; die gegenwärtige jährliche Nutzung erreicht etwa 300 000 t.

Schweden besitzt weder Öl noch Erdgas, doch hat es bedeutende Vorkommen an *Ölschiefern*, die auf ein Äquivalent von 2000 bis 3000 Mio t Kohlen geschätzt werden. Gegenwärtig beträgt die jährliche Ölproduktion etwa 100 000 t.

Das Land ist auch reich an *Torflagern*, deren Reserven auf 6000 Mio t Trockengewicht entsprechend einem Äquivalent von 4000 Mio t Kohlen geschätzt werden; man nimmt aber an, daß nur 10 % davon wirtschaftlich nutzbar sind.

Schweden verfügt über etliche Gesteinsvorkommen für die Gewinnung der Ausgangsprodukte der *Atomenergie*. Die bis heute bekannten Lagerstätten sind in den Ölschiefern zu finden, bei denen gewisse Lager einen Uraniumgehalt von 100 bis 300 g/pro Tonne haben, und umfassen insgesamt mehrere hunderttausend Tonnen Uran, womit sie die größte Energiereserve Schwedens darstellen.

Schließlich ist es allgemein bekannt, daß Schweden über sehr reiche *Wasserkräfte* verfügt, weshalb die Elektrizitätswirtschaft dieses Landes — ähnlich wie bei uns — sich hauptsächlich auf die Wasserkräfte stützt; im Mittel sind denn auch 94 % der totalen Elektrizitätsproduktion Wasserkraftenergie, während der Rest, der je nach Witterungsverhältnissen 5 bis 10 % erreicht, von thermischen Anlagen stammt.

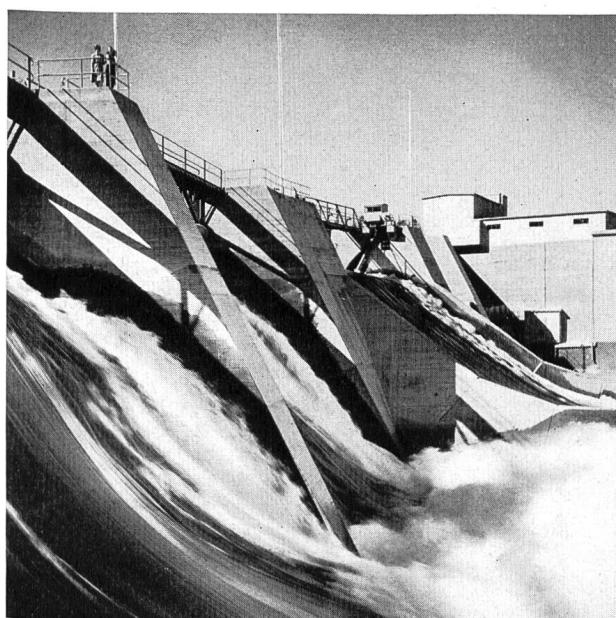


Bild 4 Stauwehr und Überlauf des Kraftwerkes Selsfors am Stellefte älv
(Photo O. Gimstedt, Stockholm)

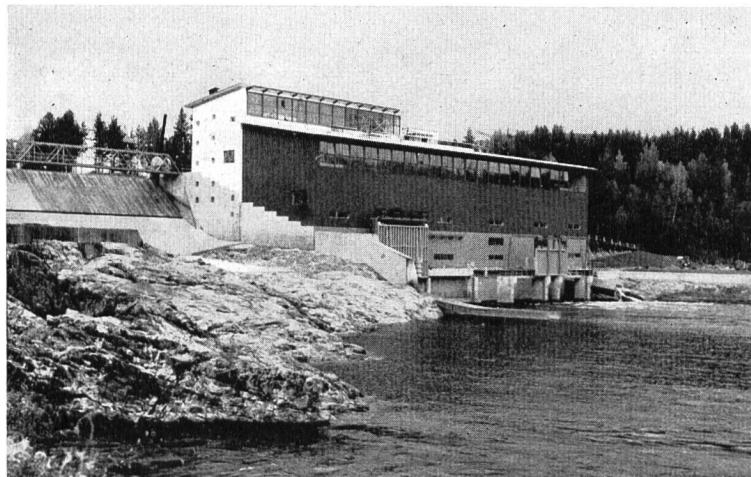


Bild 5 Kraftwerk Hammarforsen am Indalsälven (73 MW)

Das gesamte Wasserkraftpotential des Landes wird auf 130 Mrd kWh geschätzt, von dem etwa 80 Mrd kWh wirtschaftlich nutzbar sein dürften. Die heutige Produktionskapazität von rund 31 Mrd kWh erreicht also etwa 39 % des nutzbaren Gesamtpotentials.

Der gesamte Rohenergiebedarf Schwedens wird heute durch folgende Energiequellen gedeckt:

(vergleichsweise Schweiz)	
Flüssige Brennstoffe ca. 45 %	(ca. 44 %)
Wasserkraft ca. 30 %	(ca. 21 %)
Kohle ca. 15 %	(ca. 25 %)
andere Brennstoffe ca. 10 %	(ca. 10 %)

Daraus ist in Berücksichtigung der vorangehenden Darlegungen die starke Abhängigkeit der schwedischen Energiewirtschaft von der Einfuhr von Energieträgern aus dem Ausland ersichtlich, die Verhältnisse sind diesbezüglich den schweizerischen ähnlich.

4. Wasserwirtschaft und Wasserkraftanlagen, Speicherenergie

Die gesamthaft installierte Leistung der Wasserkraftanlagen Schwedens ist von 4800 MW anfangs 1956 auf 6220 MW anfangs 1959 angestiegen; die Energieproduktion aus Wasserkraft erreichte 1958 gesamthaft 28,85 Mrd kWh. Im allgemeinen sind die zur Verfügung stehenden Gefälle klein, überschreiten sie doch selten 50 m; die Flüsse sind aber meist sehr wasserreich. Es kommen daher fast durchwegs Francis- oder Kaplan-turbinen zur Anwendung, und es wurden letztere bis zu 52 m Fallhöhe installiert. Wegen der fast überall anzutreffenden vorzüglichen Felsqualität werden die Zentralen meistens in Kavernen untergebracht. Heute sind etwa 1000 Wasserkraftanlagen mit einer installierten Leistung von 75 kW und mehr im Betrieb. Einige der bedeutendsten in Betrieb und im Bau stehenden Wasserkraftanlagen sind aus Tabelle 1 ersichtlich.

Bedeutende in Betrieb und im Bau stehende schwedische Wasserkraftanlagen

(nach geographischer Lage von S nach N aufgezählt)

Tabelle 1

Kraftwerk (K = Kavernenzentrale)	genutztes Gewässer	Brutto- Gefälle in m	Installierte Leistung ab Generator (mit proj. Erw.) MW	Mittlere Jahres- erzeugung in GWh	Bauperiode bzw. Inbetrieb- nahme (Erweite- rungen)
Trollhättan (K)	Götaälv	31	220	1050	1910 (1942)
Trängslet * (K)	Österdalälven	142 ¹	200 (300)	660	1954—1960
Hölle *	Indalsälven	28/24 ²	145	700	1949—1952
Järkvissle *	Indalsälven	14	85	420	1955—1959
Bergeforsen * (K)	Indalsälven	22,5	116 (155)	700 (735)	1955 (1959)
Krängede (K)	Indalsälven	60	210	1550	1936—1947
Hjälta * (K)	Faxälven	86	175	1000	1949—1952
Kilforsen (K)	Ångermanälven	99	280	1100	1953/54
Harrsele * (K)	Umeälv	54,5	200	890 (980 ³)	1957/58
Stornorrfors * (K)	Umeälv	74,5	375 (500)	1850 (2050 ³)	1958/59
Messaure (K)	Luleälv	87 ⁴	240	1800	1957—1963
Porjus (K)	Luleälv	58	140	845	1910—1914
Harsprånget	Luleälv	107	330	1800	1946—1952

* Diese Anlagen werden auf der SWV-Studienreise besucht

¹ davon 110 m durch Aufstau mit 850 m langem, 120 m hohem Erdamm; Dammvolumen 7,2 Mio m³; Speicher-volumen 700 Mio m³ bei 25 m Spiegelschwankung

² nach Einstau von Järkvissle

³ mit projektierten Speichern

⁴ davon 72 m durch Aufstau mit 2000 m langem, 100 m hohem Erdamm; Dammvolumen 10,5 Mio m³

Mit drei Francisgruppen, einer Gesamtleistung von 375 MW (Vollausbau 4 Gruppen total 500 MW) wird das Wasserkraftwerk Stornorrfors das bedeutendste des Landes sein.

In Süd- und Mittelschweden sind die Abflüsse im allgemeinen ziemlich gleichmäßig auf das ganze Jahr verteilt, während im besonders wasserreichen Nordschweden wegen der ausgedehnten Schneeregionen die Flüsse ausgesprochen alpinen Abflusscharakter mit großen Abflüssen im Sommer und Wassermangel im Winter haben. Zur Wasserbewirtschaftung ist daher eine gewisse Regulierung nötig und zweckmäßig, die in Schweden dank dem Vorhandensein vieler und großer natürlicher Seen sich besonders günstig und mit relativ geringen Kosten erzielen lässt, da schon ein geringer Aufstau dieser natürlichen Seen große Speichervolumen schafft. Diese Seen liegen vielfach am Oberlauf der großen Flüsse in Nordschweden, gelegentlich weit ab der Zentralen, und eine mit Aufstau verbundene Regulierung wirkt sich vor allem generell auf dem ganzen Flußlauf günstig aus; diese großen und weit von den Konsumgebieten gelegenen Stauseen müssen noch durch Speicher- und Ausgleichsbecken in der Nähe der Zentralen und des Verbrauches ergänzt werden, um sich

dem stark ändernden Energiebedarf betriebsgünstig anpassen zu können. Wenn das Regulierungsproblem eines Flußlaufes mehrere Unternehmungen interessiert, bilden diese in der Regel eine besondere Gesellschaft, welche die erforderlichen Bauten ausführt und dann die Abflüsse reguliert. Gegenwärtig existieren etwa 20 solcher Regulierungsgesellschaften.

Sämtliche schwedischen Speicherseen haben heute (1959) ein Akkumuliervermögen von 32 Mrd m³, entsprechend einer Speicherkapazität von etwa 10,0 Mrd kWh oder 32 % der gesamten mittleren Produktionskapazität aller Wasserkraftanlagen. Hier inbegriffen ist der Vänernsee am Götaälv, der mit seiner Oberfläche von 5550 km² (Genfersee 581 km²) bei einer Wasserspiegeldifferenz von 1,7 m einen der bedeutendsten Speicher darstellt; die gespeicherte Energie beträgt 860 GWh. Dieser große See ist eines der wenigen Beispiele für einen Überjahresspeicher.

Im Jahre 1934 wurde freiwillig eine zentrale Koordinationsorganisation geschaffen (*Centrala Driftledning*), die sämtliche größeren und mittleren Unternehmungen der Elektrizitätswirtschaft umfaßt. Ursprünglich hatte man damit beabsichtigt, eine befriedigende Energieversorgung in Kriegszeiten sicherzu-

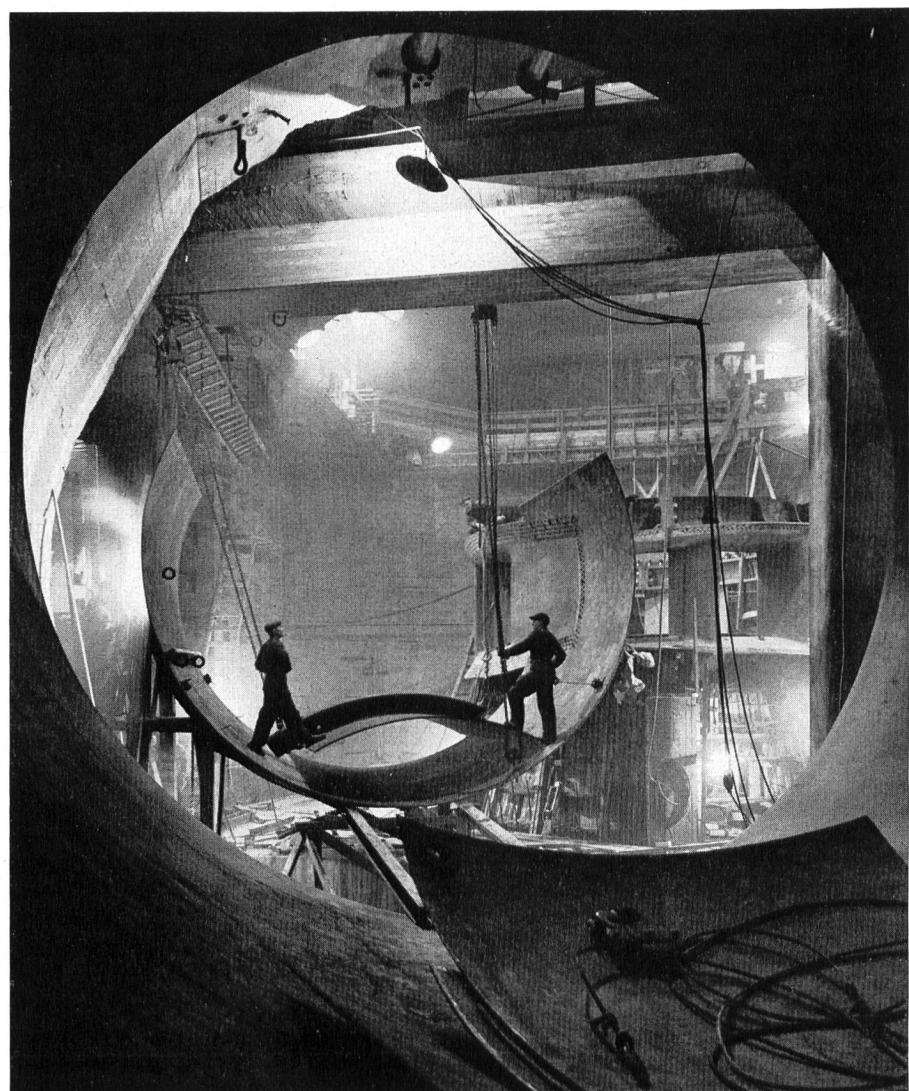


Bild 6
Bau der Kavernenzentrale für das
Wasserkraftwerk Harrsele am
Umeälv; Bauzustand Februar 1957
(Photo Ekholtz, Umeå)

stellen; die damit erzielten Vorteile bewogen aber die Unternehmungen, diese Organisation auch für Friedenszeiten beizubehalten.

Die generelle Koordination wird im regionalen Sektor durch 14 sog. «blocs» ergänzt, die das ganze Land umfassen und die es ermöglichen, alle Probleme des Energieaustausches zwischen den einzelnen Unternehmungen zu lösen. Sechs dieser «blocs» werden durch die staatliche Elektrizitätsverwaltung kontrolliert, die übrigen acht durch sieben private Unternehmungen und eine städtische Unternehmung.

5. Thermische Anlagen

Wie bereits erwähnt, wird der Elektrizitätsbedarf des Landes im Mittel nur für 6 % durch thermische Anlagen gedeckt, bei günstigen Abflußverhältnissen kann dieser bescheidene Anteil sogar auf nur 2—3 % fallen. Die thermischen Anlagen werden vor allem für die Deckung großer Bedarfsspitzen und in Trockenzeiten eingesetzt. Sie sind auch dazu berufen, bei Betriebsstörungen in den Wasserkraftanlagen als Reserve einzuspringen. Die thermischen Kraftwerke Schwedens spielen demnach die gleiche Rolle wie in unserer Elektrizitätsversorgung.

Die gesamthaft installierte Leistung in thermischen Kraftwerken erreicht heute (1959) etwa 1600 MW; im Jahr 1958 wurden 1560 GWh elektrischer Energie in thermischen Anlagen erzeugt. Die bedeutendsten Anlagen befinden sich in Malmö (300 MW), Västerås (220 MW), Stockholm (100 MW) usw. Schließlich ist beabsichtigt, im Westen des Landes zwei Gruppen mit gesamthaft 280 MW zu installieren, die 1959/60 den Betrieb aufnehmen werden.

Verschiedene Industrien und namentlich die Zellulosefabriken, die große Dampfmengen benötigen, besitzen Gegendruckanlagen, die es erlauben, elektrische Energie in das Verteilernetz zu speisen. Die Leistung dieser Anlagen erreicht etwa 450 MW.

Seit einiger Zeit richtet sich ein gewisses Interesse auch auf die kombinierte Produktion von Energie und Dampf für die Fernheizung in großen Städten. Die Leistung dieser Anlagen erreicht etwa 130 MW.

In Schwerölmotoren und Gasturbinen erreicht die installierte Leistung etwa 100 MW.

6. Atomenergie

Von den 80 Mrd kWh des geschätzten schwedischen Wasserkraftpotentials sind noch Anlagen für etwa 50 Mrd kWh auszubauen (wovon 9 Mrd kWh im Bau sind), was etwa für die kommenden 15 bis 20 Jahre genügen dürfte. Trotzdem hat sich Schweden entschlossen, sich schon sofort mit den Problemen der Atomenergie zu befassen. Eine fünfköpfige «Atomenergie-Delegation» berät die Behörden in allen Atomenergiefragen und Entwicklungsprogrammen, hat die Oberaufsicht über Lizenzen und bestimmt die Standorte für Reaktoranlagen und zugehörige Sicherheitsmaßnahmen. Das staatliche Energieamt hat ein eigenes Atomenergie-Departement geschaffen, und acht der größten privaten und städtischen Kraftproduzenten haben eine gemeinsame Gesellschaft für Atomkraft, die «Atomkraftkonsortiet» (AKK), gebildet.

Zwischen dem staatlichen Elektrizitätsamt, der «Atomenergi AB», einer gemeinsam vom Staat (4/7) und privaten Kreisen gegründeten Gesellschaft, und der ASEA, der bedeutendsten schwedischen Konstruktionsfirma für elektrische Maschinen und Geräte, wurde ein Abkommen für eine koordinierte Zusammenarbeit abgeschlossen.

Der erste schwedische Versuchreaktor (300 kW), als R 1 bezeichnet, wurde in Stockholm etwa 18 m unter der Erdoberfläche aufgestellt und ist bereits seit 1954 in Betrieb. Ein anderer Versuchreaktor, R 0, wird im neuen Forschungszentrum Sundsvik südlich Stockholm aufgestellt und 1959 in Betrieb genommen; ein weiterer Versuchs- und Materialprüfungsreaktor R 2 (30 MW) soll 1960 ebenfalls in Sundsvik betriebsbereit sein. Der erste schwedische Leistungsreaktor, «R3/Adam», wird jetzt bei Ägesta südlich von Stockholm gebaut. Der Reaktor soll Dampf für die Fernheizung der 12 000 Wohnungen des Distriktes Farsta, einem Vorort von Stockholm, erzeugen und wird auch mit einem Turboaggregat für Elektrizitätsproduktion ausgerüstet werden. Die Wärmeleistung ist 65 MW, die elektrische 12 MW. Die Interessenten waren ursprünglich Stockholms Elektrizitätswerk und «Atomenergi AB», später sind aber das staatliche Wasserkraftamt und private Kraftgesellschaften (für den Kraftwerksteil) als Mitinteressenten hinzugekommen. Die Anlage wird 1963 den regelmäßigen Betrieb aufnehmen können.

«Atomkraftkonsortiet» und das staatliche Wasserkraftamt planen beide, um 1965 je einen Kraftreaktor in Betrieb zu setzen, wahrscheinlich von einem im Ausland ausgearbeiteten Typ. Die beiden Reaktoren werden je eine Leistung in der Größenordnung von 100 elektrischen MW haben. Gleichzeitig wird die Arbeit mit einem schwedischen Reaktortyp — schwerwassermode-

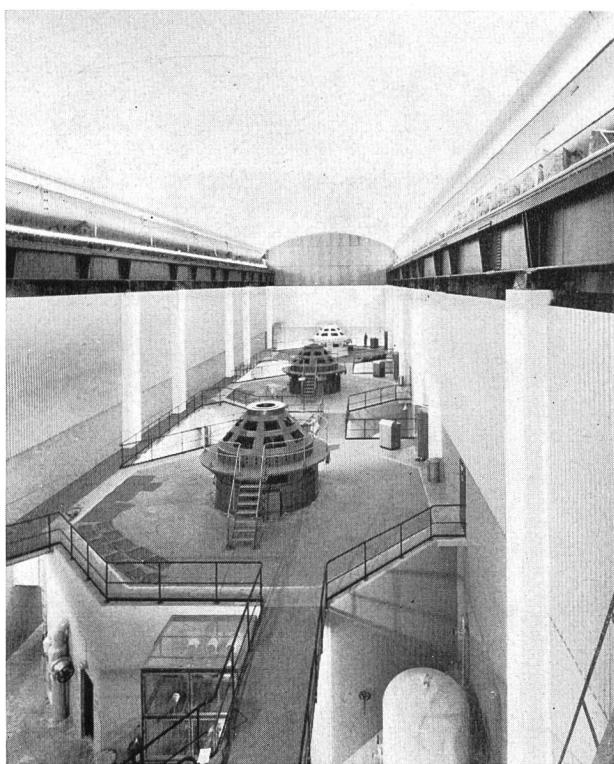


Bild 7 Die fertige Kavernenzentrale Harrsele (200 MW, 890 GWh). Aufnahme vom 18. Februar 1959 (Photo Ekholtz, Umeå)

riert, natürliches Uran — fortgesetzt, und man rechnet damit, daß dieser einige Jahre später in Betrieb gesetzt werden kann.

7. Transport der elektrischen Energie

Das Hauptnetz für den Transport der elektrischen Energie auf große Distanzen wird durch 380-kV-Leitungen, die heute 3078 km erreichen, und 220-kV-Leitungen mit einer Länge von 4469 km gebildet. Das 380-kV-Netz dient hauptsächlich dem Energietransport aus den weit im Norden des Landes gelegenen großen Wasserkraftanlagen, weil die Distanzen für 220-kV-Leitungen zu groß gewesen wären. Die erste 220-kV-Leitung wurde 1936, die erste 380-kV-Leitung 1952 in Betrieb genommen. Schweden hat besonders auf diesem Gebiet wertvolle Pionierarbeit geleistet, die auch den mitteleuropäischen Staaten zugute kommt, da nun auch diese Länder sukzessive zu diesen großen Spannungen übergehen (z. B. Westdeutschland/RWE: Oktober 1957, Frankreich: März 1958).

Es ist interessant zu vermerken, daß zur Zeit, als man die Frage des Baues von 380-kV-Leitungen studierte, auch der Übergang zum Gleichstrom in Erwägung gezogen wurde. Da aber die erforderlichen Forschungsarbeiten hiefür nicht rechtzeitig hätten abgeschlossen werden können, hat man das Wechselstrom-System beibehalten. Man hat aber die Studien für das Gleichstrom-System trotzdem fortgesetzt und 1950 beschlossen, dieses System für die Hochspannungsleitung zwischen dem skandinavischen Festland und der Insel Gotland, die vorher eine selbständige Energieversorgung mit einer thermischen Anlage betrieb, zu verwirklichen. Vier Jahre später war diese Leitung in Betrieb. Eine auf dem Festland in Västervik gelegene Umformerstation ist an das allgemeine 130-kV-Netz angeschlossen. Der umgeformte Strom von 100 kV Spannung wird über ein 100 km langes Unterseekabel bis zu der nahe der Stadt Visby gelegenen Umformerstation geleitet, wo dieser wiederum auf Wechselstrom transformiert und in das 30-kV-Netz der Insel gespiesen wird. Es wurden auch bedeutende Modell-Versuche durchgeführt, um nachzuweisen, daß dem Fischbestand durch die getroffenen Maßnahmen kein Schaden zugefügt wird. Man hat eine Trennmauer errichtet, um nun die Fische in 15 m Distanz von der Anode zu halten, von der sie angezogen werden. Die gegenwärtige Leistung der Anlage beträgt 20 MW, sie könnte jedoch ohne Schwierigkeiten verdoppelt werden.

8. Verteilung der elektrischen Energie

Das primäre Verteilnetz setzt sich hauptsächlich aus 130-, 70- und 50-kV-Leitungen zusammen, das Sekundärnetz umfaßt vor allem Leitungen von 20, 10, 6 und 3 kV. Das Niederspannungsnetz verwendet im allgemeinen die Spannungen 220/127, 3 × 220 und 380/220 V.

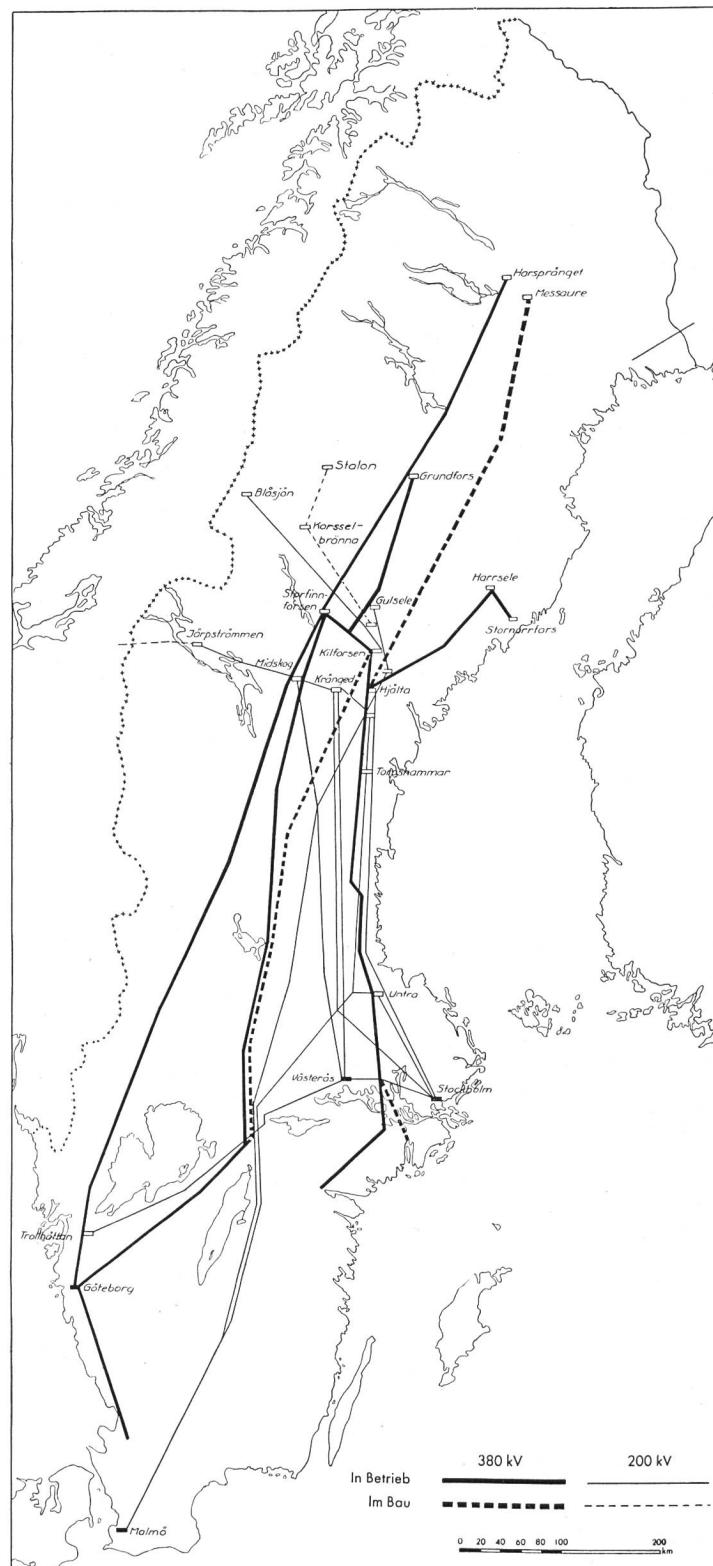


Bild 8 Das schwedische Höchstspannungsnetz (200 kV und 380 kV), Zustand April 1959.
Kartenmaßstab 1 : 7 500 000

Auf ungefähr 2,5 Millionen Haushaltverbraucher verfügen nur etwa 10 000 noch nicht über Elektrizität, so daß der Elektrifizierungsgrad des Landes über 99,5 % erreicht. Um dieses günstige Resultat zu erreichen, hat der Staat beachtliche finanzielle Hilfe geleistet.

Die Industrie beansprucht mit 62 % des Gesamtverbrauchs den bedeutendsten Teil der elektrischen Energie (Schweiz 39 %); die elektrische Traktion benötigt etwa 8 % (8 %), während etwa 30 % (40 %) auf den Detailverkauf entfallen. Der Energiebedarf des Haushalts entwickelt sich sehr stark, doch ist zu vermerken, daß die elektrische Energie üblicherweise nicht zu Heizungszwecken herangezogen wird.

9. Ausblick

Trotz des Reichtums an Wasserkräften kann die Nutzung derselben auch in Schweden nicht ohne Widerstände vor sich gehen, insbesondere aus Kreisen, die für die Erhaltung des Landschaftsbildes eintreten und der Ansicht sind, daß die weitere Nutzung der Wasserkraft eingeschränkt oder sogar zugunsten der Nutzung von Kernenergie eingestellt werden sollte. Abgesehen davon, daß Atomenergiezentralen noch nicht zum Alltäglichen gehören, müssen vor allem die Gestehungskosten der Energie ausschlaggebend sein, die heute auf Wasserkraftbasis sehr günstig sind; es ist anzunehmen, daß noch eine lange Zeit verstreichen wird, bis die aus Kernspaltung zu gewinnende Energie mit der sehr vorteilhaften Energie aus schwedischer Wasserkraft konkurrieren kann.

C. DIE ELEKTRIZÄTSWIRTSCHAFT FINNLANDS

1. Aufbau

Verschiedene Unternehmungs-Kategorien befassen sich auch in Finnland mit Produktion, Transport und Verteilung der elektrischen Energie:

a) Staatliche Unternehmungen

Es bestehen drei in der Form von Aktiengesellschaften konstituierte Unternehmungen, in denen aber der Staat die Aktienmehrheit besitzt; es handelt sich um die Gesellschaften: «Imatran Voima Oy», «Kemi-joki Oy» und «Oulujoki Oy».

b) Städtische Unternehmungen

Gewisse städtische Regiebetriebe besitzen eigene Elektrizitätswerke, sie spielen aber vor allem eine bedeutende Rolle in der Energieverteilung.

c) Private Unternehmungen

Diese sind in der Form von Aktiengesellschaften konstituiert, wobei die Mehrheit der Aktien privaten Industriegruppen gehören; immerhin sind auch städtische Unternehmungen als Aktionäre bei einigen dieser Gesellschaften beteiligt.

d) Lokale Unternehmungen

Hier handelt es sich vor allem um kleine Unternehmungen, die Privaten, Korporationen und Gemeinden gehören, welche die Energie von kleineren Zentralen beziehen oder en gros von bedeutenden Produzenten kaufen und verteilen.

e) Industrielle Selbstversorger

Die von Industriegesellschaften genutzten Elektrizitätswerke spielen eine bedeutende Rolle für die Selbstversorgung derselben, die Überschußenergie wird in das Netz der Allgemeinversorgung gespiesen; die elektrische Energie der industriellen Selbstversorger wird vorwiegend in Wasserkraftwerken und als Gegendruck-Kraft in thermischen Zentralen erzeugt.

2. Berufsverbände

a) EKONO/Verein für Kraft- und Brennstoffökonomie (Voima- ja Polttoainetaloudellinen Yhdistys EKONO Föreningen för Kraft- och Bränsleekonomi)

Der im Jahre 1911 gegründete Verband ist eine Vereinigung finnischer Industrien und anderer Besitzer von Kraft- und Kesselanlagen (private, staatliche und Gemeindeanlagen) mit der Aufgabe, seinen Mitgliedern und auch außerhalb des Vereins stehenden Auftraggebern bei ihren Bestrebungen zur wirtschaftlichen Erzeugung und Anwendung von Wärme und Kraft behilflich zu sein. Die Tätigkeit ist auf eine Wärmetechnische Abteilung mit Sektionen für Fabrikationsprozesse und Atomtechnik, Projektierung (Kessel-, Turbinen- u. a. Anlagen), Zentralheizung, Wasser und Ventilation, sowie eine elektrotechnische Abteilung, die sich u. a. mit der Projektierung von Wasserkraftwerken, Schaltanlagen, Kraftübertragungsanlagen und Installationen

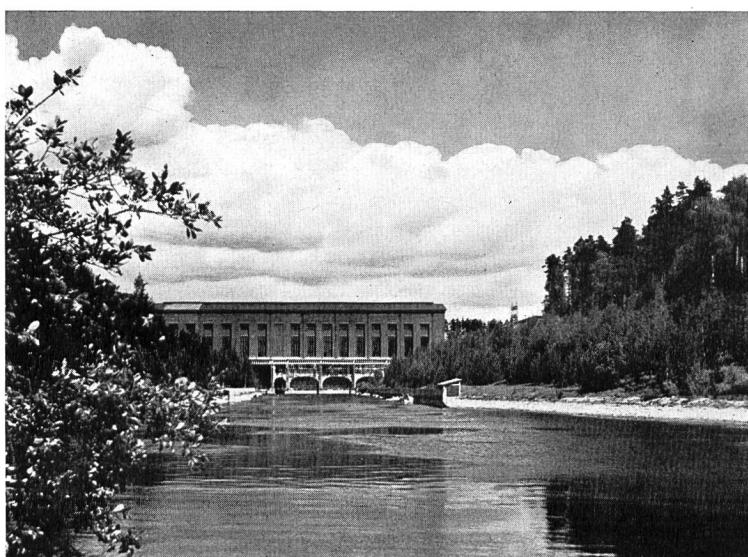


Bild 9 Zentrale des Kraftwerkes Imatra (155 MW, 1000 GWh) am Vuoksi-Fluß in Südost-Finnland, heute nahe der sowjetrussischen Grenze

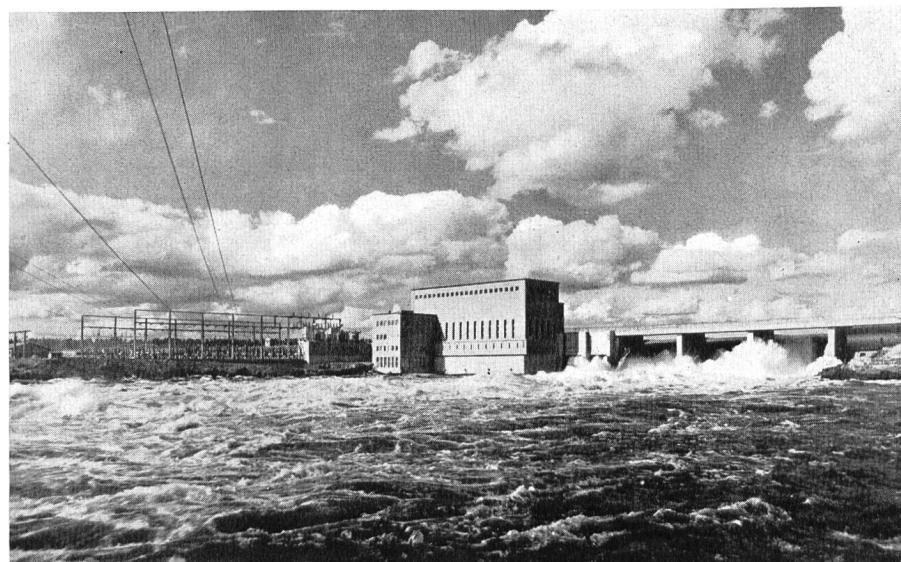


Bild 10 Wasserkraftanlage Isohaara am Kemijoki (70 MW, 400 GWh) der Pohjolan Voima Oy, seit 1949 in Betrieb
(Photo Pietinen)

aller Art beschäftigt, verteilt. Die Tätigkeit der verschiedenen Abteilungen und Sektionen des Vereins umfaßt alle in Verbindung mit den Projekten auftretenden Spezialaufgaben, wie technische und wirtschaftliche Untersuchungen und Berechnungen, Energielieferungskontrakte, Lieferprogramme und -verträge für Maschinen und Anlagen sowie Garantie- u. a. Präzisionsmessungen. Zudem übt der Verein auch eine jährliche Überwachung der Kesselanlagen seiner Mitglieder aus.

In bautechnischen Fragen, die besonders den Kraftwerkbau aller Art betreffen, arbeiten die obenerwähnten Abteilungen mit der bautechnischen Abteilung des Vereins zusammen. Diese bautechnische Abteilung ist, obwohl mit dem Verein eng verbunden, unter dem Namen O. Y. Neuvotteleva Insinöörtoimisto CONSULTING Konsulterande Ingeniörbyrå A. B. (gegründet 1920) als ein selbständiges Unternehmen bekannt.

b) Verband finnischer Elektrizitätswerke (Sähköliitto)

Dieser umfaßt die meisten Elektrizitätsunternehmen mit privatem, städtischem oder staatlichem Aufbau. Für seine Mitglieder, welche die Leitungsnetze in landwirtschaftlichen Zonen betreiben, hat der Verband eine besondere Sektion gegründet. Der Verband befaßt sich weiter mit allen Fragen der Produktion, Übertragung und Verteilung der Energie, der Tarifgestaltung und Finanzierung. Die Tätigkeit umfaßt auch Studien, Forschungsarbeiten und Propaganda, sowie Beratung bei der Konstruktion der Mitgliederanlagen.

Einige Großunternehmer besitzen auch eigene Projektierungsbüros.

c) Finnischer Wasserkraftverein (Suomen Vesivoimayhdistys — Finlands Vattenkraftförening)

Dieser umfaßt die Förderung der Ausnutzung der Wasserkräfte des Landes und sucht zu diesem Zweck Wasserkraftbesitzer und hierfür interessierte Personen zusammenzuführen. — Der Verein ist bestrebt, durch Diskussionssitzungen und Publikationen die Kenntnis der Wasserläufe und deren Wasserkräfte zu erweitern, diesbezügliche Fragen in technischer, ökonomischer und von wasserrechtlicher Art zu unterbreiten nebst einer gesunden Entwicklung der neuen wasserrechtlichen Ge-

setzgebung. Der Verein, gegründet 1928, tritt jährlich mindestens zweimal zusammen.

3. Energiequellen

Die einzigen natürlichen Brennstoffe, über die Finnland verfügt, sind Holz und Torf, sodaß Kohle, Koks und flüssige Brennstoffe eingeführt werden müssen.

Die finnischen Wälder bedecken eine Fläche von etwa 217 000 km², entsprechend 71 % der totalen Landfläche. Nach gewissen Schätzungen kann der Holzvorrat auf 2350 Mio Festmeter mit einem jährlichen Nachwuchs von 70 Mio Festmeter beziffert werden. Die industrielle Holzverwertung ergibt jährlich etwa 7,5 Mio m³ Holzabfälle, die für die Heizung verwendet werden. Zudem werden für Heizzwecke jährlich weitere 9 bis 10 Mio m³ Holz geschlagen und dem Holzhandel überwiesen. Die stärkste Holznutzung, die jährlich etwa 15 Mio m³ erreicht, fällt auf den direkten Verbrauch in landwirtschaftlichen Gegenden.

Grundsätzlich stellen die Torflager eine bedeutende Energiequelle dar, bedecken sie doch etwa einen Drittels oder rund 100 000 km² der Oberfläche Finnländs. Der größte Teil dieser Vorkommen ist noch gar nicht untersucht worden, doch schätzt man die nutzbaren Vorräte auf eine Menge von mehr als 600 Mio t Trockengewicht mit einem Äquivalent von mehr als 300 Mio t Kohlen. Bedauerlicherweise bringt die Verwertung dieses Brennstoffes viele Probleme mit sich, namentlich für die Trocknung und Lagerung, sowohl hinsichtlich Finanzierung und Anwerbung der erforderlichen Arbeitskräfte. Man müßte daher bedeutende Verbesserungen in der Gewinnung des Torfes entwickeln, bevor dieser Brennstoff in der Energiewirtschaft des Landes eine bedeutende Rolle zu spielen berufen ist. Gegenwärtig erreicht die jährliche Torfnutzung nur eine Menge entsprechend einem Kohlenäquivalent von 0,1 Mio t.

Die Menge der eingeführten Brennstoffe ist in steter Steigung begriffen, sie erreichte 1956 das Dreifache von 1928; im Jahre 1958 mußten 2,5 Mio t feste und 1,7 Mio t flüssige Brennstoffe importiert werden.

Mangels Erforschung des Landes ist es unbekannt, ob Finnland über Uranium- und Thoriumlager ver-



Bild 11 Wasserkraftanlage Pyhäkoski am Oulujoki (Bruttogefälle 32,3 m, 120 MW, 610 GWh) der Oulujoki Oy, seit 1949/1951 in Betrieb
(Photo Roos, Helsinki)

fügt, die einmal dazu berufen wären, als Rohstoffe für die Atomenergie zu dienen und das Land von der Einfuhr unabhängiger zu machen.

Dafür besitzt Finnland aber ziemlich reiche Wasserkräfte; das gesamte theoretische Wasserkraftpotential wird auf Grund der Abflüsse und der Topographie auf jährlich 30 Mrd kWh geschätzt, wovon etwa 17 Mrd kWh wirtschaftlich nutzbar sein dürften.

Eine allgemeine Energiebilanz des Jahres 1957 auf Kohlenäquivalenz ergab einschließlich Brennholzmengen in landwirtschaftlichen Regionen einen totalen Verbrauch von 13,8 Mio t Kohlen, der sich folgendermaßen auf die einzelnen Energieträger verteilte:

Inländische Brennstoffe	40 %
(vor allem Holz)	
Eingeführte Brennstoffe	38 %
Elektrische Energie	22 %

4. Wasserkraftanlagen und Wasserwirtschaft

Angesichts der Bedeutung der Wasserkräfte basiert die Elektrizitätswirtschaft Finlands vor allem auf der Wasserkraftnutzung.

In den zentralen und südlichen Landesteilen, wo sich die meisten Verbrauchscentren befinden, sind fast sämtliche nutzbaren Wasserkräfte ausgebaut. Die bedeutendste Anlage dieses Landesteiles ist das Kraftwerk Imatra am Fluss Vuoksi, das der *Imatran Voima Oy*, einer staatlichen Gesellschaft, gehört; verschiedene Angaben sind aus Tabelle 2 ersichtlich.

Rund zwei Drittel der nutzbaren Wasserkräfte befinden sich im Norden des Landes. Im Verlaufe der letzten Jahre wurden die Hauptanstrengungen auf den Ausbau des Oulu-Flusses gerichtet, der im Oulusee entspringt und nach einem Lauf von 107 km in den Bottnischen Meerbusen mündet. Verschiedene Daten dieser sieben Kraftwerkstufen mit einer Gesamtproduktion von 2,2 Mrd kWh sind in Tabelle 2 zu finden.

Das Kraftwerk Merikoski, die unterste Anlage am Oulu-Fluss, gehört der Stadt Oulu, während die anderen sechs Werke von der *Oulujoki Oy*, einer der drei staatlichen Gesellschaften, gebaut wurden und betrieben

werden. Dank der Bewirtschaftung der Seen als Speicherseen wird das regulierbare Stauvolumen 4,6 Mrd m³ erreichen, wovon 1956 bereits 3,15 Mrd m³ nutzbar waren. Dadurch können zwei Drittel der Abflußmengen des Oulu in den Stauhaltungen gespeichert werden. An den Zuflüssen zum großen Oulusee (Oulujärvi) waren 1958 fünf Anlagen mit total 30 MW in Betrieb, zwei Anlagen im Bau und vier Werke projektiert; die gesamthaft installierte Leistung beträgt rd. 140 MW.

Die dritte staatliche Elektrizitätsgesellschaft, die *Kemijoki Oy*, hat ein großzügiges Ausbauprogramm am Kemifluß, der aus den nördlichen Gegenden kommt und ebenfalls in den Bottnischen Meerbusen mündet, in Angriff genommen. Der Kemifluß und seine Zuflüsse gehören zum hydrologisch weitaus bedeutsamsten Flussgebiet Finlands. Mit einer jährlichen mittleren Ausbaukapazität von 5,2 Mrd kWh stellt diese Wasserkraft etwa einen Drittel des gesamten finnischen Wasserkraftpotentials dar. Auf der 240 km langen Strecke vom Kemijärvi (Kemisee) bis zum Bottnischen Meerbusen sollen am Kemifluß zehn Kraftwerkstufen gebaut werden. Über verschiedene Daten gibt Tabelle 2 Auskunft.

Da die Abflüsse des vom hohen Norden zufließenden Kemijoki stark variieren, ist ein ausgedehntes Regulierungssystem mit mehreren Speicherseen in den waldlosen Sumpfgebieten geplant. Die Verwirklichung dieser weitläufigen Stauteen mit einer Gesamtoberfläche von etwa 1400 km² und einem nutzbaren Stauinhalt von 8,5 Mrd m³ wird etwa zehn Jahre in Anspruch nehmen.

5. Thermische Anlagen

Die in den thermischen Anlagen installierte Leistung ist im Vergleich zur Jahresproduktion hoch. Sie erreicht Ende 1960 1240 MW, wovon 790 MW auf Kondensationsturbinen und 450 MW auf Gegendruckturbinen entfallen. Die Kondensationsturbinen gehören allen Kategorien von Elektrizitätsunternehmungen zu; die Gegendruckturbinen werden hauptsächlich in der Holzindustrie verwendet. Der erzeugte thermische Effekt erscheint groß im Mittelwasserjahr; die Kondensationskraft ist jedoch in einem Trockenjahr ungenügend.

Bedeutende in Betrieb, im Bau stehende und projektierte finnische Wasserkraftanlagen
(nach geographischer Lage von S nach N aufgezählt)

Tabelle 2

Kraftwerk (K = Kavernenzentrale)	genutztes Gewässer	Bruttogefälle in m	Inst. Leistung ab Generator (mit proj. Erw.) MW	Mittlere Jahres- erzeugung in GWh	Bauperiode bzw. Inbetrieb- nahme (Erweite- rungen)	Ausbau- grad
Imatra	Vuoksi	24,0	155	1000		vollst.
<i>Werkgruppe am Oulujoiki:</i>						
Jylhämä	Oulujoiki	11—14,0	50	220	1946—1951	vollst.
Nuojua		22,0	80	400	1950—1954	vollst.
Utanen		15,7	55	280	1952—1957	vollst.
Pälli		18,9	50	260	1949—1953	vollst.
Pyhäkoski *		32,3	120	610	1949/51	vollst.
Montta *		12,2	40	230	1952—1956	vollst.
Merikoski *		11,0	37	185	1948/54	vollst.
zusammen		121,1	432	2185		
<i>Werkgruppe am Kemijoki:</i>						
Jumisko	Kemijoki	96,0	30	95	1953	vollst.
Juukoski		20,5	100	450	Projekt	
Pirttikoski * (K)		27,0	110	530	1960	vollst.
Vanttauskoski		18,0	75	360	Projekt	
Sierilä		6,0	25	90	Projekt	
Valajaskoski *		11,5	70	350	1960	2/3
Petäjäskoski *		20,5	150	660	1957	2/3
Ossauskoski		15,0	100	470	Projekt	
Taivalkoski		15,5	120	500	Projekt	
Isohaara *		12,0	70	400	1949	2/3
zusammen		242,0	850	3905		

* Diese Anlagen werden auf der SWV-Studienreise besucht

6. Produktion elektrischer Energie

Die nachfolgende Aufstellung zeigt die totale Bilanz elektrischer Energie für das Jahr 1955, für das hydrographische Jahr 1957/58 sowie die prozentuale Verteilung für ein normales Jahr:

	Jahr 1955	Im Jahr		
		1957/1958	Normal- (1. 10.—30. 9.) jahr	erzeugte GWh %
		GWh		
Hydraulische Energie	6190 ¹	7314	85	
Thermische Energie				
aus Gegendruck-Anlagen	475	644	10	
aus Kondensations-Anlagen	164		5	
Total	6829	7958	100	

¹ Von der hydroelektrischen Energie wurden 633 GWh in Elektro-Dampfkessel geleitet.

Da der jährliche Energiebedarfszuwachs mehr als 10 % beträgt, rechnet man, daß die Elektrizitätserzeugung im Jahre 1965 etwa 14,5 Mrd kWh erreichen wird. Daraus geht hervor, daß die thermische Elektrizitäts-erzeugung stark gesteigert werden muß, nicht nur aus technischen Gründen und wegen der Regulierungsmöglichkeiten mit den Wasserkraftwerken, sondern auch wegen des größeren Kapitalbedarfs der letzteren.

7. Transport der elektrischen Energie

Da der Standort der reichsten Wasserkräfte 500 bis 800 km von den Verbrauchszentren entfernt liegt, mußte ein bedeutendes Netz von großen Hochspannungs-



Bild 12 Wasserkraftanlage Petäjäkoski am Kemijoki (Bruttogefälle 20,5 m, 150 MW, 660 GWh) der Kemijoki Oy, seit 1957 in Betrieb
(Photo Roos, Helsinki)

FINLAND

POWER STATIONS AND TRANSMISSION LINES

0 20 40 60 80 100 km

Water power stations	Completed	In the course of construction	Projects
above 100 MW	●	▨	○
— 50 —	●	▨	○
— 10 —	●	▨	○
Steam power stations			
above 100 MW	■	▨	□
— 50 —	■	▨	□
— 10 —	■	▨	□
Main transformer and substations	▲	△	△
Transmission lines			
380 kV	—	- - -	- - -
220	—	- - -	- - -
110	—	- - -	- - -

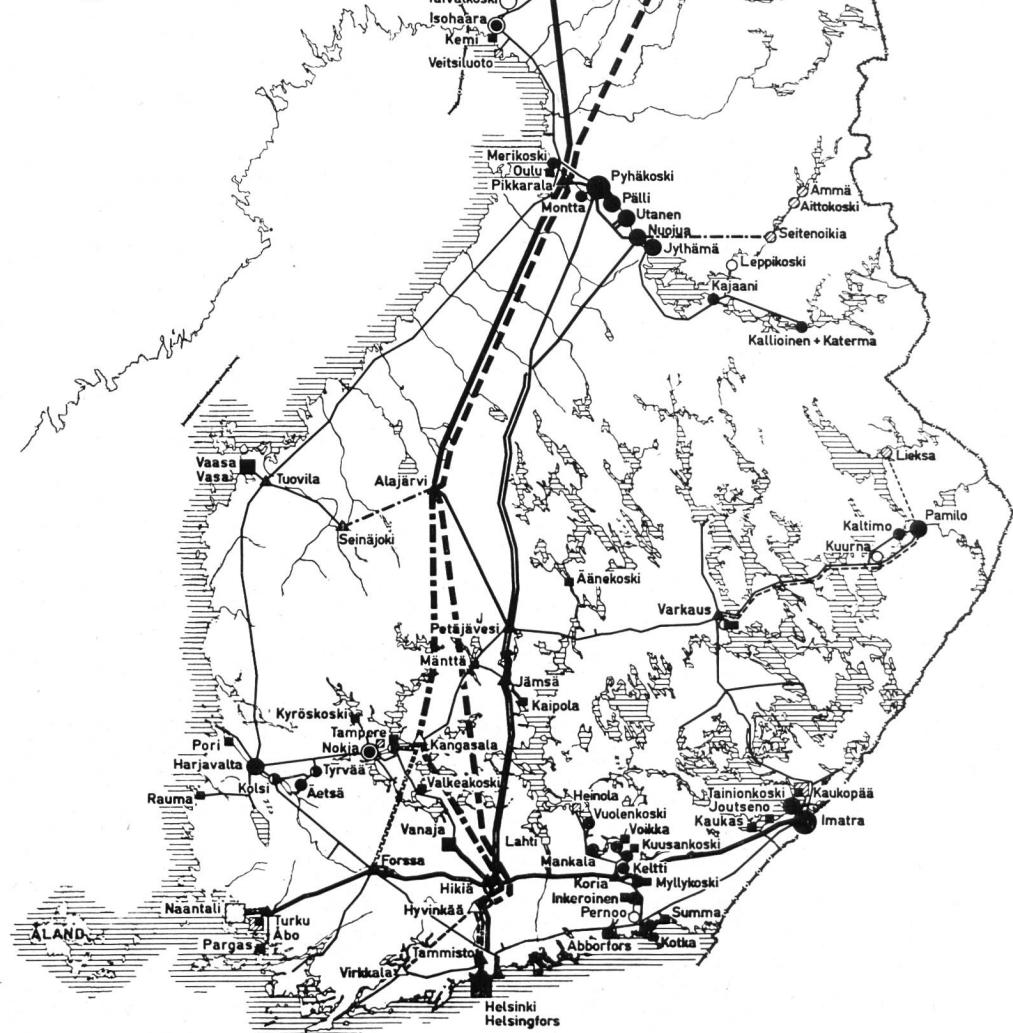


Bild 13 Das finnische Hochspannungsnetz (110 kV, 220 kV, 380 kV) und bedeutendere hydroelektrische und thermische Kraftwerke, Stand März 1959. Kartenmaßstab 1 : 5 000 000

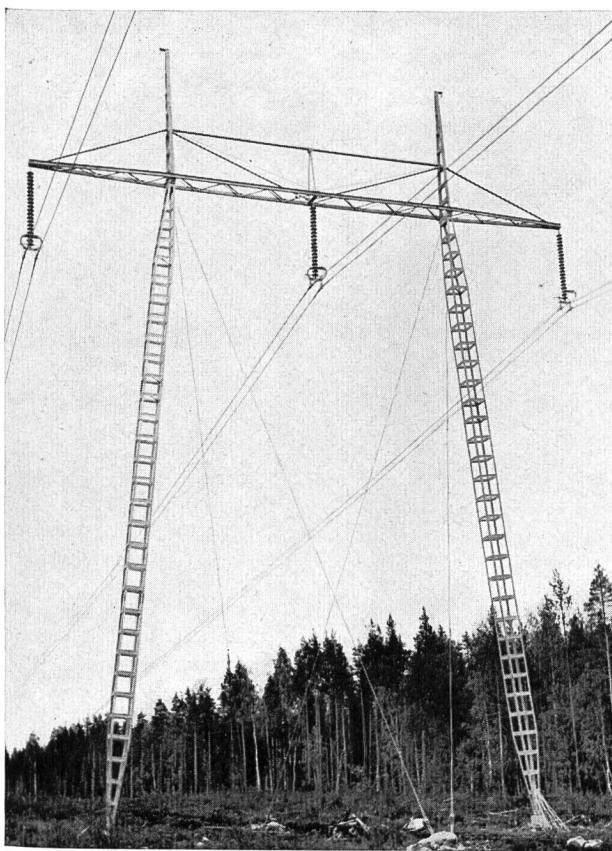


Bild 14 Finnische 400-kV-Hochspannungsleitung Pikkarala-Alajärvi der Imatran Voima Oy (Photo H. Heinonen)

leitungen verwirklicht werden, das vor allem von der staatlichen Gesellschaft Imatran Voima Oy gebaut wurde und betrieben wird. 1957 besaß diese Gesellschaft 2056 km 220-kV- und 1123 km 110-kV-Leitungen im Verbundbetrieb, die gewissermaßen die Rolle eines nationalen Verbundnetzes spielen. Eine erste große 380 km lange 400-kV-Leitung von Petäjäskoski am Kemijoki im Norden über Pikkarala bis nach Alajärvi wurde in den letzten Jahren gebaut; sie wird aber gegenwärtig noch mit 220 kV betrieben. Zurzeit wird die Leitung südwärts über Kangasala nach Hikiä ausgebaut. Eine bei Helsinki gelegene Kontrollstation sichert die Übersicht und die Betriebskontrolle dieses Leitungssystems, dem acht große Wasserkraftanlagen von 650 MW Leistung und ein thermisches Kraftwerk von 60 MW angeschlossen sind, die eine totale Produktionskapazität von 3,5 Mrd kWh haben. Zudem betreiben mehrere private Gesellschaften 110-kV-Leitungen, die heute eine Länge von 2117 km erreichen. (Siehe auch Karte, Bild 13.)

8. Verteilung der elektrischen Energie

In den meisten Städten erfolgt die Energieverteilung durch städtische Regiebetriebe; auf dem Lande betreuen vor allem private Gesellschaften, gemischte Unternehmungen und Genossenschaften diese Aufgabe. Ein bedeutender Anteil der verteilten Energie wird en gros bei den Gesellschaften gekauft, welche die großen Verbindungsleitungen betreiben. Die Lieferungen erfolgen ab Transformerstation in Leitungen von 110/20 kV und 110/45 kV.

Seit 1947 macht man große Anstrengungen zur Elektrifizierung der Landwirtschaft, und der Staat richtet Subventionen für den Bau von Verteilleitungen und Transformerstationen aus.

D. VERGLEICH DER ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT SKANDINAVIENS MIT DERJENIGEN DER SCHWEIZ UND IHRER NACHBARLÄNDER

Ein solcher Vergleich, der im Rahmen dieser kurzen Betrachtungen allerdings nur sehr generell und lückenhaft sein kann, soll lediglich gewisse Tendenzen aufzeigen. Einer solchen Gegenüberstellung dienen wohl am besten einige tabellarische Zusammenstellungen, denen der Leser selber schon viel entnehmen kann. Um die Angaben sämtlicher hier berücksichtigten Länder für die gleiche Zeitperiode zu betrachten, mußte leider auf das Jahr 1957 zurückgegriffen werden, wohl bewußt, daß die Entwicklung rasch vorwärtsstürmt und diese Zahlen schon heute etwas überholt sind. Im kurzen erläuterten Text zu den Tabellen sollen denn auch — wo dem Verfasser neuere Angaben bekannt sind — solche fallweise noch ergänzend für die Betrachtungen herangezogen werden. Die tabellarischen Angaben sind der Statistik 1957 der UNIPEDE entnommen.

Tabelle 3 gibt Auskunft über allgemeine Angaben der betrachteten Länder, die für spätere Überlegungen verwendet werden.

Oberfläche und Einwohnerzahl verschiedener Länder
(gem. «Annuaire statistique»/Nations Unies 1957) Tabelle 3

Land	Oberfläche in km ²	Einwohnerzahl in Mio (1956)	Bevölkerungsdichte Einw./km ²
Dänemark	43 042	4,5	104
Schweden	449 682	7,3	16
Norwegen	323 917	3,5	11
Finnland	337 009	4,3	13
Skandinavien	1 153 650	19,6	17
Schweiz	41 288	5,0	122
West-Deutschland	247 926	50,8	205
Frankreich	551 208	43,6	79
Italien	301 226	48,3	160
Österreich	83 849	7,0	83
Schweiz und Nachbarländer	1 225 497	154,7	126

Über die Verhältnisse der Wasserkraftnutzung gibt Tabelle 4 Aufschluß. Für die skandinavischen Länder ist hervorzuheben, daß Dänemark praktisch über keine Wasserkraft verfügt, während in Finnland vorwiegend Laufkraftwerke in Betrieb sind, wobei aber die großen Seen im Einzugsgebiet der genutzten Flüsse eine weitgehende Regulierung erlauben; der Anteil der speicherbaren Energie erreichte 1957 in Norwegen mit 56,0 % und in Schweden mit 32,8 % sehr hohe Werte; vergleichsweise standen zur gleichen Zeit in der Schweiz bzw. Italien nur 19,0 % bzw. 16,9 % Speicherenergie zur Verfügung.

Der Ausbaugrad der Wasserkräfte, d.h. die effektive Produktion verglichen mit dem geschätzten nutzbaren Wasserkraftpotential, variierte 1957 in Schweden, Norwegen und Finnland zwischen 24,5 bis

Leistungs- und Produktionsverhältnisse der Elektrizität aus Wasserkraft

Tabelle 4

Land	Geschätztes wirtschaftlich nutzbares Wasserkraft-Potential ¹ TWh (Mrd. kWh)	Effektive hydroelektrische Erzeugung und installierte Leistung im Jahre 1957				
		Max. mögl. Leistung ab Generator MW	Energieproduktion in GWh	Im Jahre 1957 erreichter Ausbau in % des Gesamt-potentials	in GWh	Speicherbare Energie in % der Gesamtproduktion aus Wasserkraft
Dänemark	—	12	27	—	—	—
Schweden	80	5 450	27 112	34,0%	8 900	32,8%
Norwegen	105	4 787	25 680	24,5%	14 370	56,0%
Finnland	17 ²	1 293	6 617	39,0%	1 265	19,1%
Skandinavien	202	11 542	59 436	29,5%	24 535	41,2%
Schweiz	35 ³	4 180	15 704	45,0%	2 980	19,0%
Westdeutschland	23	2 915	12 127	52,8%	350	2,9%
Frankreich	68 ⁴	8 419	24 923	36,7 (bzw. 28%) ⁴	3 361	13,5%
Italien	68 ⁵	9 939	31 848	47,0 (bzw. 71/58%) ⁵	5 391	16,9%
Österreich	40	2 611	9 320	23,3%	752	8,1%
Schweiz und Nachbarländer	234	28 064	93 922	40,0%	12 834	13,7%

¹ nach einer neuesten Statistik der OECE (23. März 1959); ² nach Berichten der WPC; ³ nach Untersuchungen des SWV; ⁴ wird andernorts sogar mit etwa 90 TWh angegeben; ⁵ in Berichten WPC 1956 nur mit 45 TWh, in einer italienischen Publikation von A. Montagna (1958) mit 55 TWh angegeben.

39,0 %, in der Schweiz und ihren Nachbarländern zwischen 23,3 und 52,8 %; der Ausbau ist im allgemeinen demnach hier weiter fortgeschritten. Die neuesten für verschiedene Staaten bekannten Angaben der UNO/Tom III, Nr. 4, 1959 (1. Oktober 1957/30. September 1958) sind:

Land	Energieerzeugung aus Wasserkraft GWh	Ausbaugrad in %
Schweden	28 626	36 %
Norwegen	26 294	25 %
Finnland	7 814	43 %
Schweiz	16 703	48 %
Westdeutschl.	12 282	53 %
Frankreich	28 636	42 % (bzw. 32%) ⁶
Italien	33 760	50 % (bzw. 61÷75%) ⁷
Österreich	9 728	23 %

⁶ Siehe Fußnote 4 zu Tabelle 4.

⁷ Siehe Fußnote 5 zu Tabelle 4.

Mit Inbetriebnahme der heute im Bau stehenden Wasserkraftanlagen erreichen wir in der Schweiz im Jahre 1965 eine Erzeugungskapazität von etwa 25 Mrd kWh, entsprechend einem Ausbaugrad von mehr als 70 %, woraus besonders deutlich ersichtlich ist, wie dieser rapid zunimmt!

Tabelle 5 gibt Auskunft über die gesamte Inlandsproduktion an elektrischer Energie im Jahre 1957, ausgeschieden nach Produktion in hydroelektrischen und thermischen Anlagen. In Skandinavien wird die Elektrizität in Norwegen praktisch vollständig aus Wasserkraft, in Dänemark aus thermischen Anlagen gewonnen, während die Erzeugung aus Wasserkraft in Schweden mehr als 90 %, in Finn-



Bild 15 Wasserkraftanlage Kaltimo am Pielisjoki (36 MW, 155 GWh) der Oy Kaukas Ab, seit Ende 1958 mit 24 MW in Betrieb (Photo Havas)

*Gesamte installierte Leistung und Inlanderzeugung elektrischer Energie
im Jahre 1957*

Tabelle 5

Land	in hydroelektrischen Anlagen				in thermischen Anlagen				Total	
	installierte Leistung ab Generator		effektive Erzeugung		installierte Leistung ab Generator		effektive Erzeugung		inst. Leistung	eff. Er- zeugung
	MW	%	GWh	%	MW	%	GWh	%	MW	GWh
Dänemark ¹	12	0,8	27	0,7	1 510	99,2	3 623	99,3	1 522	3 650
Schweden	5 450	79,0	27 112	93,6	1 445	21,0	1 859	6,4	6 895	28 971
Norwegen	4 787	97,0	25 680	99,4	148	3,0	160	0,6	4 935	25 840
Finnland	1 293	63,5	6 617	85,9	746	36,5	1 083	14,1	2 039	7 700
Skandinavien	11 542	75,0	59 436	89,8	3 849	25,0	6 725	10,2	15 391	66 161
Schweiz ²	4 180	95,4	15 704	98,8	200	4,6	190	1,2	4 380	15 894
Westdeutschland	2 915	14,5	12 127	14,0	17 175	85,5	74 269	86,0	20 090	86 396
Frankreich	8 419	52,6	24 923	43,3	7 585	47,4	32 603	56,7	16 004	57 526
Italien	9 939	78,5	31 848	74,6	2 729	21,5	10 878	25,4	12 668	42 726
Österreich	2 611	75,2	9 320	74,8	864	24,8	3 143	25,2	3 475	12 463
Schweiz und Nachbarländer	28 064	49,6	93 922	43,6	28 553	50,4	121 083	56,4	56 617	215 005

¹ 1. April 1957/31. März 1958² 1. Oktober 1956/30. September 1957; Leistungsangaben auf Ende 1957

land etwa 85 % erreicht. In Mitteleuropa sind die Verhältnisse sehr unterschiedlich, wobei die Schweiz ähnliche Verhältnisse wie Norwegen zeigt, d. h. praktisch heute noch in der Elektrizität vollständig von der Wasserkraft abhängig ist. Italien und Österreich erzeugen etwa je drei Viertel aus hydroelektrischen und einen Viertel aus thermischen Anlagen, während sich in Frankreich die Erzeugung etwa gleichmäßig auf die beiden Erzeugungsarten stützt. In Deutschland überwiegt die Erzeugung aus thermischen Anlagen mit 86 % bei weitem.

Die neuesten bekannten Angaben (1. Oktober 1957/30. September 1958) für die gesamte Inlandserzeugung elektrischer Energie sind:

Land	Elektrizitätserzeugung in GWh			kWh pro Kopf der Bevölk.
	hydro- elektrisch	ther- misch	total	
Schweden	28 626	1 449	30 075	4130
Norwegen	26 294	191	26 485	7570
Finnland	7 314	644	7 958	1880
Schweiz	16 703	175	16 878	3370
Westdeutschland	12 282	76 030	88 312	1735
Frankreich	28 636	28 782	57 418	1315
Italien	33 760	7 908	41 668	865
Österreich	9 728	3 195	12 923	1845

Die Verbrauchs-Struktur sowie Einfuhr und Ausfuhr elektrischer Energie sind aus Tabelle 6 ersichtlich. Der Energieaustausch

Verbrauch elektrischer Energie im Jahre 1957

Tabelle 6

Land	Ge- samte Inland- Erzeu- gung	Gesamter Inlandverbrauch in GWh												Total.Verbrauch kWh pro Kopf der Bevöl- kerung	
		Ein- fuhr	Aus- fuhr	Haushalt und Gewerbe inkl. Landwirtschaft		Industrie und Bergbau inkl. Elektrokkessel		Bahnen		Pumpenergie für Speicherung		Verluste für Transport, Umformung und Verteilung			
		GWh	GWh	GWh	%	GWh	%	GWh	%	GWh	%	GWh	%		
Dänemark ¹	3 650	527	52	3 174	77,0	298	7,2	96	2,3	—	—	557	13,5	4 125	915
Schweden	28 971	129	536	6 806	23,9	16 665	58,3	1 643	5,7	—	—	3 450	12,1	28 564	3 910
Norwegen	25 840	—	—	7 940	30,7	14 240	55,1	300	1,2	—	—	3 360	13,0	25 840	7 380
Finnland	7 546	5	—	1 322	17,5	5 490	72,7	29	0,4	—	—	710	9,4	7 551	1 755
Skandinavien	66 007	661	588	19 242	29,2	36 693	55,5	2 068	3,1	—	—	8 077	12,2	66 080	3 370
Schweiz ²	15 894	1 255	1 909	5 997	39,4	6 000	39,4	1 285	8,4	184	1,2	1 774	11,6	15 240	3 050
Westdeutschland	86 396	3 566	2 570	18 435	21,1	58 992	67,5	2 847	3,2	1 368	1,6	5 750	6,6	87 392	1 715
Frankreich	57 526	946	677	10 014	17,3	39 189	67,8	2 922	5,1	93	0,2	5 577	9,6	57 795	1 325
Italien	42 726	503	43	8 907	20,6	24 673	57,2	2 720	6,3	299	0,7	6 587	15,2	43 186	895
Österreich	12 123	659	1 900	2 787	25,6	5 985	55,0	792	7,3	208	1,9	1 110	10,2	10 882	1 555
Schweiz und Nachbarländer	214 665	6 929	7 099	46 140	21,5	134 839	62,8	10 566	5,0	2 152	1,0	20 798	9,7	214 495	1 385

¹ 1. April 1957/31. März 1958² 1. Oktober 1956/30. September 1957

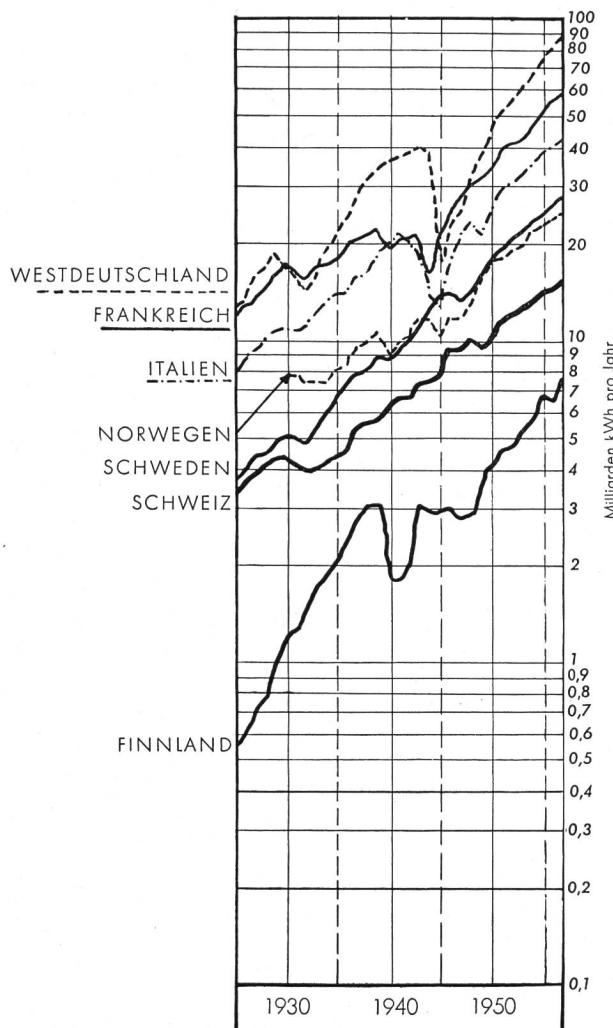


Bild 16 Gesamter Energieverbrauch von 1925 bis 1957, zusammengestellt aus «Statistiques internationales de l'énergie électrique» / Bulletin «L'économie électrique», UNIPEDE

spielt demnach in Skandinavien eine unbedeutende Rolle, während in Zentraleuropa infolge des seit Jahren sich steigernden Energiemangels und dank der erfolgreichen Bestrebungen und der Tätigkeit der UCPTE (Union pour la Coordination de la production et du transport de l'électricité) ein intensiver Energieaustausch stattfindet.

Interessant und aufschlußreich sind die von Land zu Land stark variierenden Anteile am Elektrizitätsverbrauch innerhalb der einzelnen Anwendungsbiete. So variiert der Anteil der Industrie von 7,2 % (Dänemark) bis 72,7 % (Finnland) und erreicht in Mitteleuropa in den fünf betrachteten Ländern durchwegs hohe Werte (39 % bis 68 %).

Bild 16 zeigt die Entwicklung des Elektrizitätsverbrauchs fast aller hier betrachteten Länder für die Periode 1925 bis 1957. Auffallend ist die in allen diesen Ländern ähnliche Tendenz der starken Bedarfssteigerung; diese ist in Finnland und Westdeutschland in den letzten Jahren besonders ausgeprägt.

Im Verbrauch elektrischer Energie, der heute oft als ein wesentliches Merkmal für den Lebensstandard

eines Landes betrachtet wird, standen 1957 in der Welt folgende Länder an der Spitze:

Totalverbrauch

1. Norwegen	7380 kWh/Kopf der Bevölkerung
2. Kanada	5220 kWh/Kopf der Bevölkerung
3. USA	4220 kWh/Kopf der Bevölkerung
4. Schweden	3910 kWh/Kopf der Bevölkerung
5. Schweiz	3050 kWh/Kopf der Bevölkerung

Der Schweizer Verbrauch hat 1957/58 den spezifischen Wert von etwa 3150 kWh pro Kopf der Bevölkerung erreicht.

Betrachtet man nur den Elektrizitätsverbrauch für Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft, so ergeben sich für die betrachteten Länder im Jahre 1957 folgende spezifische Werte:

kWh/Kopf der Bevölkerung

Dänemark	706
Schweden	933
Norwegen	2270
Finnland	307
Skandinavien	983
Schweiz	1200
Westdeutschland	363
Frankreich	230
Italien	184
Österreich	400
Schweiz und Nachbarländer	300

zum Vergleich:

USA	264 991: 167,3	1590
URSS	25 746: 200,2	136

Betrachtet man das stetig starke Wachstum des Bedarfes an elektrischer Energie (siehe auch Bild 16) und denkt man an den nicht mehr fern liegenden Zeitpunkt des vollständigen Ausbaues der Wasserkräfte in den einzelnen Ländern, so ist es verständlich, wie intensiv sich bereits die meisten der hier betrachteten Länder notgedrungen mit den vielfältigen Problemen der zukünftigen Energiegewinnung aus Kernspaltung befassen; es ist zu hoffen, daß im Zeitpunkt des Großeinsatzes dieser neuen Energiequelle wenigstens die größten Schwierigkeiten gemeistert werden können und die Wirtschaftlichkeit gegeben sei.

Literatur:

- UNIPEDE (Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique): Statistiques 1957
- UNIPEDE: L'économie électrique No 4/1956 (Association Suédoise des Entreprises d'Electricité) et No 9/1957 (Association Finnoise des Entreprises d'Electricité)
- «The Atomic World»/December 1958
- CDL (Årsberättelse för Centrala Driftledningarna): Driftåret 1957/58
- ANIDEL (Associazione nazionale imprese produttrici e distributrici di energia elettrica): L'Industria Elettrica Italiana nel 1957
- Nations Unies/Commission Economique pour l'Europe: Bulletin trimestriel de statistiques de l'énergie électrique pour l'Europe, Vol. III, No 4, 1959, Genève
- Organisation Européenne de Coopération Economique (OECE)/Comité de l'électricité: «Recensement des sites hydrauliques susceptibles d'être aménagés d'ici 1975 en Europe» (Note du 23 mars 1959)