

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 84 (1966)
Heft: 7

Artikel: Die Wasserkraftausnutzung in Finnland
Autor: Kroms, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-68837>

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

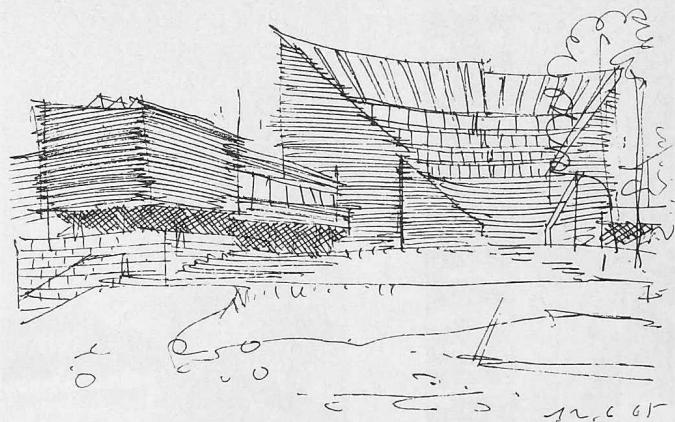
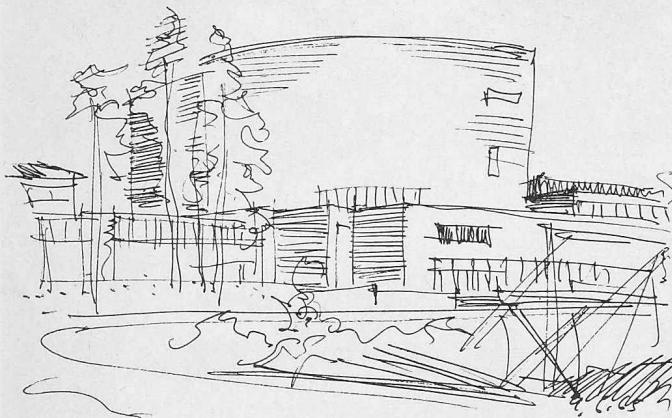
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées 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: 12.01.2026

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



Technische Hochschule in Otaniemi von Alvar Aalto. Links die Strassenansicht der grossen Auditorien, Gespenstig ragt die gewaltige leere Mauer über das Flachgebilde der Laboratorien und kleinen Hörsäle. Rechts die Gartenseite: Pathetisch-menschliche Antwort auf die Himmelssphäre. Ein Riesentrichter, der nur zum kleinsten Teil als Amphitheater ausgenützt ist

Die sympathische äussere Zurückhaltung der finnischen Wohnbauten würde vielleicht in Langeweile ausarten, wenn der landschaftliche Rahmen nicht die nötige Belebung abgeben würde. Das erfrischend Unkonventionelle in der Baukunst hat eben gelegentlich Unebenheiten zur Folge. Immerhin wahrt sich die finnische Architektur infolge Fehlens einer eigenen historisch-doktrinären Vergangenheit unter gleichzeitigen Einflüssen aus dem übrigen traditionsbewussten Skandinavien eine beneidenswerte Ungezwungenheit in der Gestaltung und eine ebensolche Unvoreingenommenheit in der Materialwahl.

So ist es begreiflich, die eingangs erwähnten Begleitumstände dazu gerechnet, dass Finnland heute den Bauenden der übrigen Welt gleichsam als fast mystisch verklärtes Dorado für Architekten erscheint. Die Bedingtheiten auch des finnischen Bauens etwas zu beleuchten, Sein und Schein nach Möglichkeit auseinanderzuhalten, sei der Sinn dieser Zeilen.

Adresse des Verfassers: *Robert R. Barro, Dipl. Arch. S.I.A., Seestrasse 7, 8002 Zürich.*

Die Wasserkraftausnutzung in Finnland

Von **A. Kroms**, dipl. Ing., Boston, USA

DK 621.29:620.9

Finnland gehört zu jenen nördlichen Ländern, in denen Wasserkraft die wichtigste Energiequelle darstellt. Die Flüsse des hohen Nordens führen im allgemeinen grosse Wassermengen, weil Verluste durch Verdunstung gering sind. Da aber die nördlichen Gebiete dünn besiedelt sind, hat man die verfügbaren Wasserkräfte bis jetzt nur unvollständig genutzt. Noch vor wenigen Jahren war es nicht möglich, elektrische Energie von diesen abseits liegenden Energiequellen an die weit entfernten Verbrauchszentren im Süden zu übertragen. Neuerdings hat es nun aber die Hochspannungstechnik ermöglicht, grosse Energiemengen über Entfernungen von mehr als 1000 km wirtschaftlich zu transportieren. Dies gab den Ansporn zur Erschließung der nördlichen Wasserkräfte. Dadurch haben sich die Umstände in der Energieversorgung einiger Länder grundlegend verbessert. Es entsteht ein ständiger Energiefluss vom Norden nach Süden. Solche Verhältnisse bestehen in Schweden, Kanada und auch in Finnland.

1. Die Wasserkräfte Finnlands

Die Wasserkraft stellt fast die einzige Energiequelle Finnlands dar. Dieses Land verfügt über keine Vorkommen an Kohle und Öl; die einzigen örtlichen Brennstoffe sind Holz und Torf. Im Vergleich zu Schweden und Norwegen sind die finnischen Wasserkräfte aber mässig, wie aus Tabelle 1 ersichtlich ist [1].

Die Unterschiede in den Energievorräten sind darauf zurückzuführen, dass Finnland sehr flach ist; die grossen Seen Finlands liegen

nur 70 bis 140 m über dem Meeresspiegel. Höhere Aufstauungen werden auch dadurch erschwert, dass die Flussufer niedrig sind, weshalb ausgedehnte Überschwemmungen der Flusstäler entstehen; um das zu vermeiden, müssen lange Schutzdämme errichtet werden, wodurch sich die Baukosten erheblich erhöhen. Die meisten Wasserkraftwerke (WK-Werke) sind deshalb Niederdruckwerke mit ausnutzbaren Gefällen von 10 bis 30 m. Der in geringer Tiefe anstehende Fels verbilligt die Fundamente der Wasserbauten.

Die Flüsse Finlands sind kurz, sie führen aber erhebliche Wassermengen, die durch weiträumige Seen gut ausgeglichen werden, [2]. Die geographische Verteilung der Energiequellen und Verbrauchszentren ist ähnlich wie in Schweden. Ungefähr ein Drittel der finnischen Wasserkräfte befindet sich im Süden, zwei Drittel im Norden. Da die wichtigsten Energieabnehmer (Städte und Industrie) im Süden liegen, sind zuerst die Wasserkräfte der südlichen Flüsse erschlossen worden. Als nach dem Kriege der Energiebedarf rasch anstieg, mussten aber auch die ergiebigen Nutzungsmöglichkeiten der nördlichen Gebiete zur Energieversorgung herangezogen werden. Dadurch entstanden Probleme der Fernübertragung, die, ähnlich wie in Schweden, zur Errichtung langer leistungsfähiger Hochspannungslinien führten [3].

Die Bevölkerungszahl Finlands beträgt rd. 4,5 Millionen, die Oberfläche des Landes 337 000 km². Die industrielle Entwicklung hat nach dem Kriege einen steilen Anstieg des Energiebedarfs verursacht. Dieser betrug im Jahre 1945 nur 2,3 TWh¹, 1960 dagegen schon 8,3 TWh und 1963 12,8 TWh. Der jährliche Verbrauch je Einwohner übersteigt 2500 kWh. Die voraussehbare Entwicklung des Energiebedarfs wie auch die Möglichkeiten der Bedarfsdeckung sind in Bild 1 angegeben [4]. Man sieht für die kommenden 15 Jahre die Bedarfsszahlen nach Tabelle 2 voraus.

Zurzeit sind rd. 65 % der finnischen Wasserkräfte erschlossen; die Energieversorgung beruht zu 80 bis 85 % auf Wasserkraft. Da der Energiebedarf Finlands rasch zunimmt, werden die örtlichen Energiequellen bald nicht mehr imstande sein, den Bedarfszuwachs allein zu decken. Um die Einfuhr von Kohle und Öl möglichst einzuschränken, bemüht man sich, alle ausbauwürdigen Wasserkräfte schnell zu erschliessen und durch die Regelung des Wasserabflusses

Tabelle 1. Verfügbare und ausgenutzte Wasserkräfte nordeuropäischer Länder, Ausbaugrad 1960, in Mrd. kWh/Jahr

Land	Vorrat	Ausbau
Finnland	18	8,3
Schweden	80	33
Norwegen	152	31

Tabelle 2. Voraussichtlicher Energiebedarf Finlands in den nächsten 15 Jahren in Mrd. kWh/Jahr

Jahr	Bedarf	Zunahme %
1970	20	8,5
1975	27	7,0
1980	36	6,5

¹⁾ 1 TWh = 1 Mrd. kWh 1 GWh = 1 Mio kWh

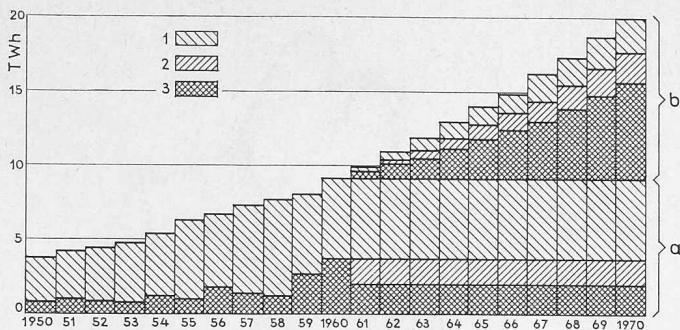


Bild 1. Energieausbeute der finnischen Kraftwerke
 1 gesicherte Wasserenergie, 2 Wasserenergie bei mittlerer Wasserführung
 3 thermische Energie, a Energiebedarf im Jahre 1960
 b Voraussichtlicher Mehrbedarf von 1960 bis 1970

eine möglichst hohe Jahresarbeit in den Wasserkraftwerken zu erreichen.

Man schätzt, dass von dem vorhandenen Wasserkraftpotential von rd. 18 TWh/J der Ausbau von 14 bis 16 TWh/J wirtschaftlich gerechtfertigt sei. Wenn sich die Bauarbeiten im bestehenden Tempo fortsetzen werden, sollen bis 1975 alle diese Wasserkräfte erschlossen sein, weshalb von dann an der weitere Anstieg des Energiebedarfs vorwiegend mittels thermischer Energie gedeckt werden wird. Es ist zu erwarten, dass zu diesem Zeitpunkt die Kernkraftwerke (K-Werke) imstande sein werden, mit konventionellen Wärmekraftwerken in Wettbewerb zu treten. Wasserkraft- und Atomkraftwerke werden dann auf ein gemeinsames Verbundnetz arbeiten, wobei die besser regelbaren Wasserkraftwerke nach Möglichkeit zur Spitzendeckung eingesetzt werden sollen. Diese Betriebsweise muss bei der Errichtung neuer Wasserkraftwerke in Betracht gezogen werden, weshalb sie eine ausreichende Maschinenleistung aufzuweisen haben, und die Regelung des Wasserdurchflusses verbessert werden muss [5]. Es ist zu erwarten, dass die Kernenergie wegen Mangel an anderen Energiequellen sich in Finnland schneller als in anderen Ländern durchsetzen wird.

Die Energiebilanz Finlands könnte verbessert werden, wenn es gelingen würde, den Torne-Fluss, welcher an seinem Unterlauf die Grenze zwischen Schweden und Finnland bildet, auszubauen. Der ausbauwürdige Energievorrat dieses Flusssystems wird auf 12 bis 14 TWh/J geschätzt, d.h. er gleicht dem Arbeitsvermögen aller finnischen Flüsse. Die Erschließung dieser Wasserkräfte erfordert aber eine enge Zusammenarbeit beider Staaten, besonders weil der Fluss größtenteils durch das schwedische Territorium fliesst, siehe Bild 2 [6]. Forschungsarbeit und Vorplanung für die Nutzung dieses Flusssystems sind im Gange.

2. Der Flussausbau in Süd- und Mittelfinnland

Die wichtigsten Flüsse im Süden des Landes sind der Vuoksi mit einer Jahresarbeit von etwa 1,5 TWh, der Kymi mit 1,2 TWh und der Kokemäki mit 1,0 TWh. Abgesehen von einigen Kraftwerkserweiterungen sind diese Flüsse bereits fast vollständig ausgebaut worden. Von ihnen fliesst der Vuoksi in den Ladoga-See, die andern in das Baltische Meer. Das erste grosse Wasserkraftwerk Finlands wurde auf dem Vuoksi, bei den bekannten Imatra-Stromschnellen, im Jahre 1929 erstellt. Die installierte Leistung der ersten Baustufe betrug 56 MW; später wurde das Werk auf 156 MW erweitert, wobei die Jahresarbeit in einem hydrologisch günstigen Jahr 1,0 TWh übersteigen kann. Das Werk wird vom staatseigenen Elektrizitätsunternehmen Imatra Kraftwerks AG. betrieben, das auch zwei Dampfkraftwerke besitzt.

Tabelle 3. Kraftwerke am Oulu-Fluss

Kraftwerk	Fallhöhe m	Leistung ²⁾ MW	Jahresarbeit GWh
Jylhämä	11 bis 14	44	220
Nuojua	21	72	375
Utanen	16	53	270
Pälli	14	47	240
Pyhäkoski	32	109	560
Montta	12	41	210
Merikoski	10	33	185
Insgesamt		399	2060

²⁾ Einige Werke sind später erweitert worden.

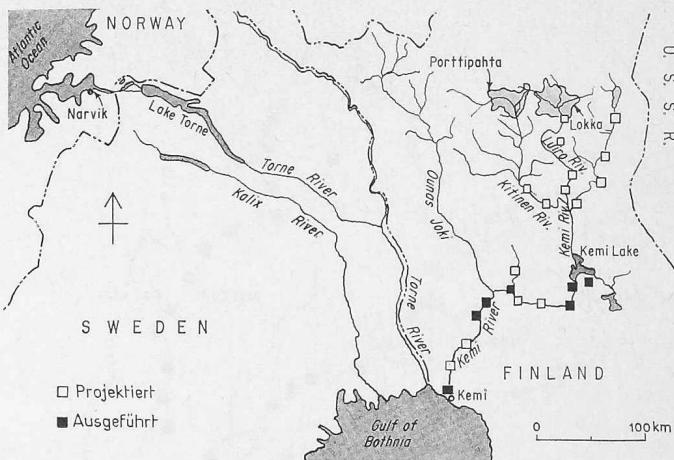


Bild 2. Das Kemi-Fluss-System, 1 : 7 000 000

Am Unterlauf von Vuoksi wurden später zwei Kraftwerke – Rouhiala (97 MW; 630 TWh/J) und Enso Wallinkoski – errichtet; sie mussten nach dem Kriege an Russland abgetreten werden. Insgesamt verlor Finnland Kraftwerke mit einer Leistung von 170 MW oder 17 % der Gesamtkapazität. Dies veranlasste Finnland, die Erschließung der nördlich liegenden Flusssysteme zu beschleunigen.

Der erste wichtige Fluss, welcher nach dem Kriege ausgebaut wurde, ist der Oulu-Fluss, ungefähr 500 km nördlich von Helsinki. Die Bauarbeiten wurden schon während des Krieges begonnen, doch war der Fortschritt gering. Nach 1945 konnte die Bautätigkeit beschleunigt werden, so dass bis 1955 eine Kraftwerkskette aus sieben Werken mit einer installierten Leistung von rd. 400 MW und einer Jahresarbeit von 2,0 TWh in Betrieb gesetzt werden konnte. Tabelle 3 gibt die Hauptdaten [2], [7]. Die meisten Kraftwerke enthalten drei Aggregate mit Kaplan-Turbinen.

Am Oberlauf des Oulu-Flusses befindet sich eine Gruppe ausgedehnter Seen, welche die Hochwässer im Frühling aufspeichert und den Jahresabfluss ausgleicht. Der Energieinhalt des aufzuspeichernden Wassers beträgt rd. 1,3 TWh, wodurch die Kraftwerkskette den Lastbedürfnissen gut angepasst werden kann. Dies ermöglicht es, die verfügbaren Wassermengen fast vollständig zu verwerten.

Die finnischen Wasserkraftwerke weisen hohe jährliche Vollbetriebsstundenzahlen (5000 h/J und höher) auf; dies wird dank der guten Regelung der Wasserführung erreicht. Die Wasserkraftwerke werden vorwiegend zur Deckung der Grundlast eingesetzt, wobei die thermischen Kraftwerke, welche sich in den Verbraucherzentren befinden, die Lastspitzen übernehmen. Die Energieausbeute der thermischen Werke wird niedrig gehalten, um den Brennstoffimport einzuschränken. Die industriellen Dampfkraftwerke verwerten auch örtliche Brennstoffe – Holz, Sägespäne und Torf. Zur Wärmeerzeugung wird auch die unregelmäßig anfallende überschüssige Wasserkraft in Elektrofosseln verwertet. In Zukunft werden sich die Lastverhältnisse der Wasserkraftwerke verändern, weil die Kraftwerksketten sich vorwiegend an der Deckung der Lastspitzen beteiligen müssen.

3. Der Ausbau des Kemi-Flusssystems

Da die Flüsse in Süd- und Mittelfinnland schon erschlossen sind, hat sich die Bautätigkeit während der letzten Jahre auf die nördlichen Gebiete verlagert [8]. Die wichtigsten Flüsse im Norden sind Kemi und Torne.

Seit 1956 sind grosse Bauvorhaben im Kemi-Flusssystem durchgeführt worden, Bild 2. Kemi ist der längste Wasserlauf und die be-

Tabelle 4. Kraftwerk am Kemi-Fluss [2]

Kraftwerk	Gefälle m	Leistung MW	Jahresarbeit TWh
Juu	19 bis 26	92	450
Pirtti [18]	25	96	520
Vanttaus	12	66	360
Sierilä	6	22	120
Valajäs	6	71	370
Petäjäs [17]	11,5	125	660
Ossaus	20,5	86	460
Taival	14	96	520
Isohaara	16	70	450
Insgesamt		724	3910

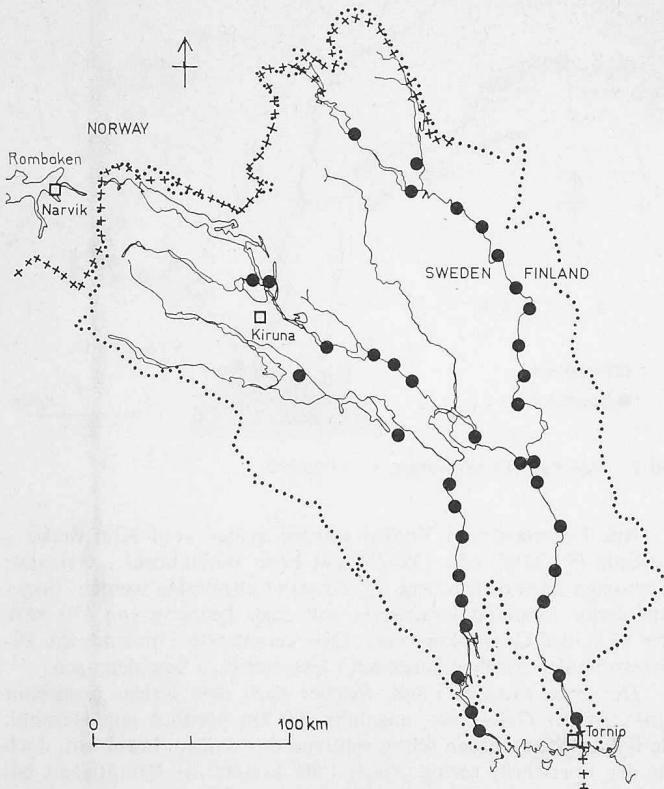


Bild 3. Ausbauvariante A des Torne-Systems, 1 : 4 000 000

deutendste Wasserenergiequelle Finnlands. Der Fluss entspringt in einem Hügelgebiet Lapplands, ungefähr 200 km nördlich des Polarkreises. Im oberen Lauf fliesst er durch eine unbesiedelte Wildnis und nimmt mehrere Nebenflüsse auf. In der Nähe des Polarkreises erreicht er den Kemisee, der eine Oberfläche von 140 km^2 aufweist und 150 m über dem Meeresspiegel liegt. Danach fliesst der Kemi nach Westen und nimmt bei der Stadt Rovaniemi den grössten Nebenfluss, den Ounas, auf, um alsdann nach einem 100 km langen Lauf in den Bottischen Meerbusen zu münden. Der Hauptlauf des Flusses ist rd. 500 km lang. Die mittlere Wasserführung oberhalb Rovaniemi beträgt $300 \text{ m}^3/\text{s}$; am Unterlauf nimmt sie bis auf $500 \text{ m}^3/\text{s}$ zu. Da im Einzugsgebiet keine ausgedehnten Seen vorhanden sind, schwankt die Wasserführung erheblich. Die Abflussmengen verändern sich innerhalb der Grenzen 90 bis 4300 m^3/s , d.h. im Verhältnis 1:45. Dies erfordert die Errichtung künstlicher Wasserspeicher.

Da der Kemi-Fluss sich im abseits liegenden Gebiet befindet, wo ein rauhes Klima herrscht und Transportwege fehlen, sind die Bauarbeiten kostspielig und dauern lange. Die Ufer des Flusses sind niedrig, so dass die Anstauungen weite Überflutungen verursachen und die Bewohner des Flusstals aus ihren Wohnstätten verdrängen. Zusätzliche Schwierigkeiten entstehen durch die schwankende Wasserführung; dies macht eine Regelung des Wasserabflusses unerlässlich. Man beabsichtigt dies durch Anstauung des Kemi-Sees und durch Errichtung von künstlichen Wasserspeichern im Lapplandgebiet zu erreichen. Der Wasserspiegel des Kemi-Sees wird um 7 m erhöht, wodurch sich die Länge des Sees um rd. 100 km und sein Nutzinhalt um 1 Mrd. m^3 vergrössert; dies gleicht die Wasserführung im Unterlauf des Flusses teilweise aus, weshalb die Energieausbeute der abwärts liegenden Werke um 350 bis 400 TWh/J erhöht werden kann.

Der Kemi-See allein ist aber nicht imstande, die Wasserführung im erstrebten Umfang auszugleichen. Daher werden Speicher am Oberlauf errichtet, um die grossen Wassermengen der Schneeschmelze zurückzuhalten und in der wasserarmen Saison dem Bedarf entsprechend verarbeiten zu können. Da Lappland dünn besiedelt ist und ausgedehnte Sumpfgebiete enthält, werden hier von den Überflutungen keine nennenswerten Schäden verursacht. Die zwei geplanten Grossspeicher sind der Porttipatha-Speicher auf dem Kitinen mit einer Oberfläche von 300 km^2 und einem Nutzinhalt von 2 Mrd. m^3 und der Lokka-Speicher auf dem Luiro mit einer Oberfläche von 400 km^2 und einem Fassungsvermögen von ebenfalls rd. 2 Mrd. m^3 (Bild 2). Der Energieinhalt dieser beiden Speicher soll ungefähr 1,0 TWh betragen. Die Errichtung einiger anderer Speicher wird erwogen, doch stehen Angaben darüber noch nicht zur Verfügung. Man beabsichtigt,

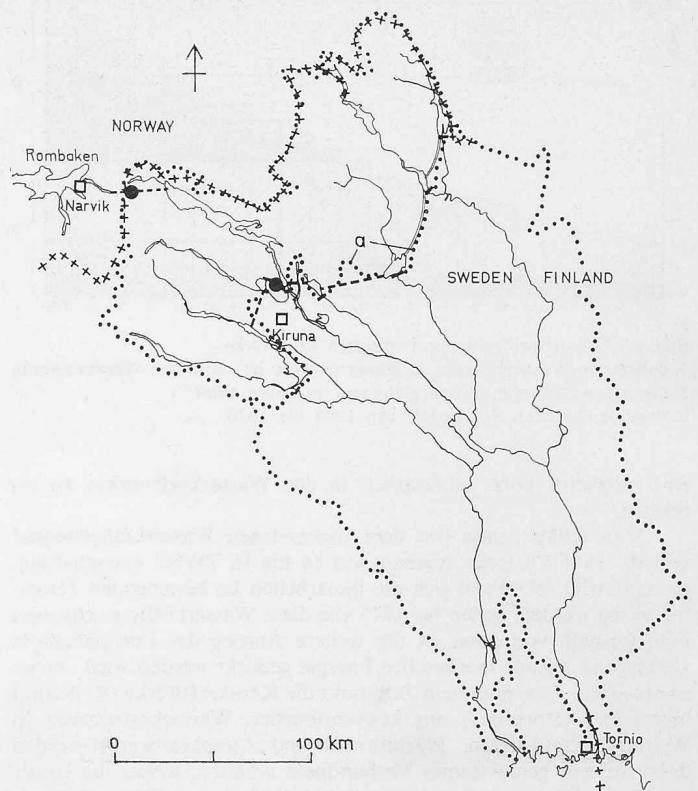


Bild 4. Ausbauvariante C des Torne-Systems, 1 : 4 000 000

Die punktierte Linie A bezeichnet die Grenze, nördlich welcher das Einzugsgebiet des Wassers liegt, das dem Grosskraftwerk an der Landesgrenze östlich Narvik zugeleitet werden soll

ungefähr 50 % des Nutzinhals der Speicher zur Saisonregelung auszunutzen, die restliche Hälfte aber als Reserve für die trockenen Jahre bereitzuhalten.

Im Kemi-Flusssystem können 25 bis 30 Wasserkraftwerke mit einem jährlichen Arbeitsvermögen bis 5,5 TWh errichtet werden, wobei 3,9 TWh auf den Hauptfluss und 1,6 TWh auf die Nebenflüsse entfallen. Dieser Energievorrat ist grösser als ein Drittel des ganzen finnischen Wasserkraftpotentials. Bisher sind sieben Werke ausgebaut worden; sie befinden sich auf der unteren Flusstrecke, von der Mündung bis zum Kemi-See. Neun weitere Werke werden gebaut oder sind geplant. Die Leistungsangaben des ursprünglichen Bauschemas für den Unterlauf des Hauptflusses sind aus Tabelle 4 ersichtlich. Bei der späteren Bauausführung ist die Aufteilung der Staustufen geändert und die installierte Leistung einiger Stufen erhöht worden, doch der Charakter der Kraftwerkskette grundsätzlich derselbe geblieben.

Für die Nebenflüsse des Kemi liegen grosse Ausbaupläne vor, die ungefähr 20 Kraftwerke umfassen. Nach der Erstellung dieser Werke und der erwähnten Wasserspeicher soll die jährliche Energieabgabe dieses Kraftwerksystems auf rd. 5 TWh und die Leistung auf 900 MW ansteigen. Die Energie wird grösstenteils nach dem Süden des Landes übertragen werden. Die Errichtung vieler Kraftwerke von mässigen Einzelleistungen ist dadurch zu erklären, dass das Flachland auch hier die Konzentration des verfügbaren Gefälles an wenigen Staustufen nicht erlaubt. Die Werke sind typische Flusskraftwerke mit 1 bis 3 Maschinensätzen und regelbaren Kaplan-Turbinen [17], [18].

4. Die Planungen im Torne-Flusssystem

Der Torne-Fluss, zusammen mit dem parallel laufenden Kalix-Fluss, welcher sich auf schwedischem Boden befindet, bilden ein Flusssystem, dessen Ausbau die Energieausbeute beider Länder erheblich vergrössern kann. Die Erschliessung dieser Energiequelle ist besonders für Finnland wichtig, weil der Torne nach dem Abschluss der Bauarbeiten auf dem Kemi-Fluss die einzige noch verfügbare Wasserkraft darstellt.

Der Ausbau des Torne-Flusses wird dadurch begünstigt, dass sich an seinem Oberlauf der Torne-See befindet, in dem beträchtliche Wassermassen aufgespeichert werden können. Das Gefälle vom See bis zum Meeresspiegel beträgt rd. 380 m; die technisch erzielbare Energiemenge aus dem ganzen Flusssystem wird auf 12 bis 14 TWh/J geschätzt.

Die Oberläufe der Torne- und Kalix-Flüsse befinden sich im skandinavischen Gebirge [6]. Im Mittel- und Unterlauf fliessen die beiden Ströme aber durch ein flaches Gelände, welches mit nördlichen Wäldern (Tundra) und zahlreichen Sümpfen bedeckt ist. Diese Gebiete sind sehr dünn besiedelt; ihr grösster Teil liegt nördlich des Polarkreises. Die Einzugsgebiete des Torne- und Kalix-Flusses betragen 34000 bzw. 24000 km². Die Flüsse weisen eine hohe Wasserführung infolge der Schneeschmelze während des späten Frühlings oder sogar im Sommer auf; die Spitzen des Hochwassers werden durch eine verspätete Schnell- und Eisschmelzung in den höheren Gebirgsgebieten einigermassen abgeflacht. Im Spätsommer und vor allem im langen Winter geht die Wasserführung erheblich zurück. Die Abflusszahlen betragen beim Torne normal 370, maximal 2100 und minimal 70 m³/s, beim Kalix 270 bzw. 1450 bzw. 50 m³/s. Die Schwankungen erreichen also 30:1; sie erfordern eine Regelung der Wasserführung und setzen voraus, dass die Werke auf ein ausgedehntes Verbundnetz arbeiten können.

Forschungen bezüglich der Ausbeutung dieses Flusssystems sind von dem Nördlichen Wasserkraftkomitee durchgeführt worden, das drei Ausbauvarianten vorgeschlagen hat, nämlich:

A. Ein konventionelles Ausbauschema mit einer Reihe von WK-Werken auf beiden Flüssen nach Bild 3.

B. Die Überführung des Wassers mittels einer Staumauer aus dem Kalix-Oberlauf in den Torne, wodurch die Anzahl der Werke herabgesetzt werden kann.

C. Die beiden Flüsse werden unterhalb des Torne-Sees abgeriegelt und das Wasser in die entgegengesetzte Richtung über das norwegische Territorium in den Atlantischen Ozean abgeleitet; dann kann die Wasserenergie in einem Grosskraftwerk ausgenutzt werden, welches mit einem Gefälle von 345 m arbeiten wird, Bild 4.

Die Entscheidung, welche Ausbauvariante ausgewählt werden wird, ist noch nicht getroffen worden. Für Schweden ist der Ausbau dieser nördlichen Flüsse vorläufig nicht dringend, weil günstiger liegende, noch unausgenutzte Wasserenergiequellen vorhanden sind. Finnland dagegen interessiert sich für diese Energiequelle sehr, da sie billiger als die wenigen, noch nicht ausgebauten Wasserkräfte auf finnischem Boden erschlossen werden kann; es werden hier niedrigere Baukosten als auf den Nebenflüssen des Kemi erwartet.

Die Bauvariante A sieht die Errichtung von Kraftwerksketten sowohl auf dem Torne als auch auf dem Kalix vor. Da die Fallhöhen meistens gering sind, die Ufer der Flüsse niedrig liegen und jeder der beiden Ströme mässige Wassermengen führt, handelt es sich hier um Werke geringer Leistung; diese Leistungsersplitterung erhöht die Baukosten. Zum Ausgleich der schwankenden Wasserführung wird es nötig sein, Wasserspeicher am Oberlauf der Flüsse zu errichten; dies wird erhebliche zusätzliche Kosten verursachen. Man sieht nach dieser Variante 37 Werke und 10 Wasserspeicher vor; die Jahresarbeit ist auf rd. 10 TWh, die Baukosten auf 3950 Mio schwedischer Kronen geschätzt worden. In dieser Bausumme sind die Hochspannungsnetze bis zu den bestehenden schwedischen und finnischen Verbundnetzen eingeschlossen.

Nach der Variante B sollen alle Werke auf dem Torne-Fluss liegen, weshalb die Leistungen der Werke grösser als nach der Variante A sein werden. Es wird die Errichtung von 26 WK-Werken und 9 Wasserspeichern geplant. Die Jahresarbeit der Kraftwerkskette soll 9,4 TWh, die Baukosten, einschliesslich der Linien zur Energieübertragung, 3500 Mio Kronen betragen.

Laut der Variante C soll das Wasser aus dem Oberlauf beider Flüsse im Torne-See und einigen künstlichen Speichern aufgehalten werden, von wo es in einem Grosskraftwerk am Rombak-Fjord ausgenutzt werden wird. Die Jahresarbeit wird mit 7,9 TWh und der Kapitalbedarf für den Bau mit 2900 Mio Kronen angegeben.

Tabelle 5. Natürliche Wasserspeicher

	Oberfläche, bei hohem Wasserstand km ²	Zulässige Spiegelschwankung m	Energieinhalt GWh
Saimaa	4600	1,65	530
Näsi	280	1,60	75
Pyhä	130	1,55	20
Oulu	900	2,70	485
Sotkamon	200	2,30	105
Onto	120	4,40	120
Suoli	110	3,00	80
Insgesamt			1415

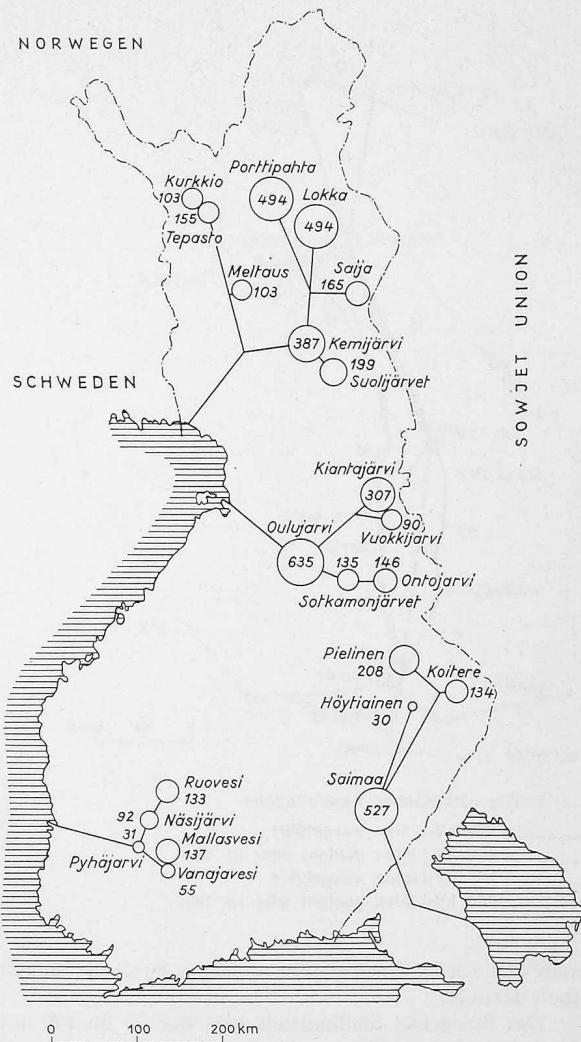


Bild 5. Die Wasserspeicher Finnlands, 1 : 9 000 000. Die Zahlen geben den Energieinhalt in GWh an

Die Vorzüge der Varianten A und B bestehen in der Möglichkeit, die Bauarbeiten stufenweise zu verwirklichen und die Werke dem Bedarf entsprechend in die Energieversorgung einzugliedern. Dieser Umstand ist besonders für Finnland wichtig, wo der Ausbau von eigenen Wasserkräften sich der Endphase nähert. Obgleich die spezifischen Baukosten nach Schema A etwas höher veranschlagt werden sind, ist doch das zusätzliche Arbeitsvermögen ein wichtiger Faktor zugunsten dieser Variante. Ein Vorzug der Variante C besteht aber darin, dass ungefähr 80 % der Energieausbeute mit dem aufgespeicherten Wasser erzeugt werden soll, wodurch die Energieabgabe weitgehend geregelt werden kann.

5. Die Speicherbewirtschaftung

Finnland wird als das Land der tausend Seen bezeichnet. Die Anzahl der Seen beträgt rd. 60000; sie bedecken eine gesamte Oberfläche von rd. 32000 km² oder fast 10 % der Gesamtfläche des Landes. Die Seen liegen hauptsächlich im südlichen und mittleren Teil, wogegen im Norden nur wenige vorhanden sind. Sie stellen ausgezeichnete natürliche Wasserspeicher dar, welche den Betrieb von Kraftwerken erheblich begünstigen. Die Wasserkraftwerke Finnlands liegen nur an wenigen Flüssen und bilden Ketten, deren Leistung dank der Seen dem Energiebedarf angepasst werden kann [9], [10]. Die wichtigsten natürlichen Seen und das mögliche Ausmass der Regulierung sind in Tabelle 5 angegeben. Mit dem fortschreitenden Ausbau der WK-Werke erhöht sich auch der Energieinhalt der Wasserspeicher. Die Verteilung der Seen und ihr Arbeitsvermögen (GWh), einschliesslich der künstlichen Speicher, sind in Bild 5 zu sehen.

Bei der Spiegelregelung von Seen müssen die Interessen verschiedener Wassernutzer (Landwirtschaft, Schifffahrt, Flösserei u.a.) wie auch die topographischen Verhältnisse berücksichtigt werden. Da die sehr langen Ufer dicht besiedelt sind, ist eine Höhenregelung von meistens nur 1,5 bis 2 m zulässig. Der Spiegel kann auch in beträchtlichem Masse nicht gesenkt werden, weil dadurch die Holzflösserei nachteilig

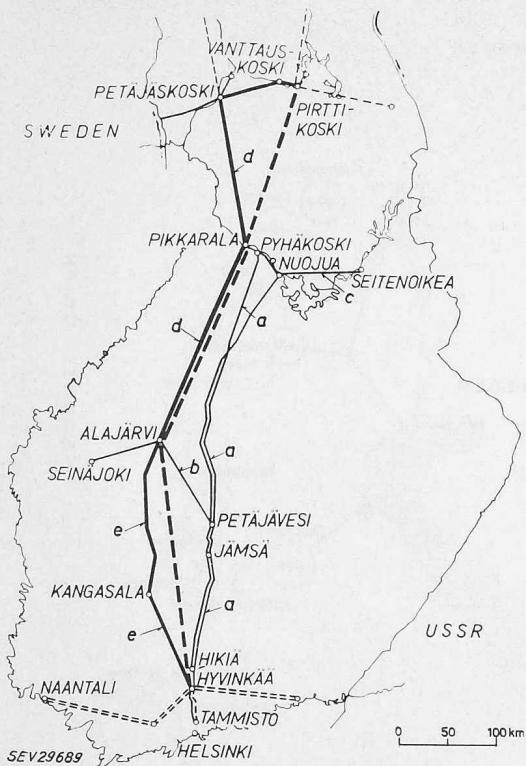


Bild 6. Die elektrischen Fernleitungen

- 400 kV-Linien ausgeführt
- - - 400 kV-Linien geplant oder im Bau
- 220 kV-Linien ausgeführt
- - - 220 kV-Linien geplant oder im Bau

beeinflusst würde, die einen sehr wichtigen Zweig der finnischen Wirtschaft darstellt.

Das Seengebiet Südfinnlands liegt nur 75 bis 100 m über dem Meeresspiegel. Vier Flüsse – Vuoksi, Kymi, Kokämeke und Oulu – werden von den Seengruppen Süd- und Mittelfinnlands gespeist. Diese Flüsse führen erhebliche Wassermengen, deren Abfluss mittels der Seen geregelt wird. Im Südosten Finnlands, im Vuoksi-System, befindet sich der grosse Saimaa-See, dessen Speicherinhalt bei Spiegelschwankungen von 1,7 m in den Kraftwerken Imatra und Tanionkoski eine Jahresarbeit von 530 GWh ergeben kann. Nach dem Ausbau der Oulu-Kraftwerkskette wurde der Oulu-See mit einigen Nachbarseen zur Regelung der Wasserführung herangezogen; bei einer Senkung des Seespiegels um 2,7 m kann in den sieben Werken der Kette eine Energiemenge von 620 GWh/J erzeugt werden.

Das Gelände im nördlichen Teil des Landes liegt höher, erreicht jedoch auch hier nur eine durchschnittliche Meereshöhe von 100 bis 200 m. Da es hier an grossen natürlichen Seen fehlt, müssen zum wirtschaftlichen Betrieb der Werke künstliche Wasserspeicher errichtet werden. Die Wildnis der nördlichen Gebiete erlaubt die Schaffung ausgedehnter Stauteiche, obgleich manchmal lange Staumauern benötigt werden.

Das finnische Hochspannungsnetz, welches die Kraftwerkgruppen einzelner Flussysteme verbindet, erlaubt es, die Speicher als eine energiewirtschaftliche Einheit zu betreiben und die Wasservorräte nach dem gemeinsamen Lastplan des Verbundnetzes zu verwerten. Der Einsatz von Speichern wird von der Lastverteilerstelle in Helsinki aus gesteuert. Das Ziel der Speicherwirtschaft besteht darin, den Bedarf an Primärenergie möglichst vollständig mit Wasserkraft zu decken. Dazu sind sorgfältige Methoden zur Vorhersage des Wasserdargebots ausgearbeitet worden, wodurch die Wasserführung auf einige Monate im voraus geschätzt werden kann. Da die wichtigsten Werke mit dem elektrischen Verbundnetz verbunden sind, lassen sich die unterschiedlichen Schwankungen im Energiedargebot einzelner Flussysteme einigermaßen ausgleichen, wodurch die thermische Reserve entsprechend herabgesetzt werden kann.

Die grossen Seeflächen können die jahreszeitlichen Schwankungen des Wasserabflusses beträchtlich ausgleichen. Sie erhöhen die Winterleistung der Werke, so dass diese auch während der wasserarmen Jahresperiode die auftretende Last decken können. Durch die Leistungsregelung können sich die Wasserkraftwerke den Jahress-

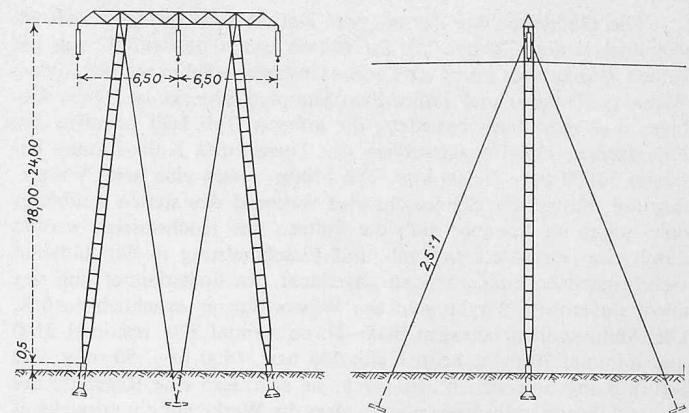


Bild 7. Mastbauweise für 400 kV-Linien, 1 : 500

Lastkurven anpassen; die thermischen Kraftwerke werden dadurch gleichmässiger ausgelastet, wodurch sich der spezifische Brennstoffverbrauch vermindert. Die nutzbaren Wasservorräte der Seen reichen aber nicht aus, um die Unterschiede des Wasserdargebots zwischen den einzelnen hydrologischen Jahren vollständig zu überbrücken. Da aus den grossen Oberflächen der Seen erhebliche Verdunstungsverluste entstehen, schwankt die Wasserführung während der verschiedenen Jahre verhältnismässig stark. Der Ausgleich dieser Schwankungen würde unzulässig grosse Spiegelunterschiede in den Seen hervorrufen. Während der wasserreichen Jahre sind deshalb gewisse Mengen an überschüssiger Wasserenergie verfügbar, welche zur Bedienung besonderer Energieabnehmer, z.B. der elektrochemischen Betriebe und der Elektrohütte, abgegeben werden [11]. In den trockenen Perioden müssen aber zur Energielieferung auch thermische Kraftwerke herangezogen werden. Diese Werke erleichtern die Bewirtschaftung der Speicher und wenden unvorhergesehene Mängel an Wasserenergie ab. Die Rolle der thermischen Kraftwerke nimmt sowohl zur Deckung des rasch ansteigenden Energiebedarfs als auch zum Ausgleich des schwankenden Dargebots an Wasserenergie ständig zu.

Wenn nach dem Ausbau des Kemi-Flusses die Jahresarbeit der finnischen Wasserkraftwerke 11 bis 12 TWh betragen wird, wird es möglich sein, fast 5 TWh oder 40 bis 45 % dieser Energie in den natürlichen und künstlichen Seen aufzuspeichern. Dies wird den Rückgang der verfügbaren Kraftwerksleistung in den trockenen Zeiten beträchtlich vermindern. Wenn man in den Wasserkraftwerken eine genügende Maschinenleistung installiert, dann können die Kraftwerkssketten auf regelbaren Flüssen sich in der Deckung der Spitzenlast beteiligen.

6. Das Hochspannungsnetz

Da die Erzeugungs- und Verbrauchsstätten weit voneinander entfernt liegen, müssen grosse Energiemengen vom Norden nach Süden transportiert werden. So muss die Jahresarbeit der Oulu- und Kemi-Flüsse (2 + 5 = 7 TWh/J) über eine Entfernung von 500 bis 700 km übertragen werden. Dies stellt hohe Anforderungen an die Anlagen für den Energietransport. Hiefür sind Hochspannungsleitungen errichtet worden, welche Wasserenergie mit 400 kV Wechselspannung den südlichen Gebieten zuführen, Bild 6 [12].

Die erste 220-kV-Leitung Finlands wurde zur Energieübertragung aus der Kraftwerksguppe des Oulu-Flusses nach Südfinnland im Jahre 1949 errichtet; ihre Länge ist 470 km. Später wurde diese Leitung als Doppeltrasse ausgebaut. Während Energie vom Oulu-Fluss noch mit 220 kV-Spannung nach Süden wirtschaftlich günstig übertragen werden konnte, reichte zum Transport aus der rd. 700 km nördlich liegenden Kraftwerksskette des Kemi-Flusses diese Spannung nicht mehr aus. Untersuchungen ergaben, dass bei der gegebenen Entfernung und der zu übertragenden Leistung (mehr als 800 MW) die Betriebsspannung 400 kV beträchtliche Vorteile gegenüber 220 kV aufweist. Deshalb entschloss man sich ähnlich wie in Schweden für 400 kV. Die erste 400-kV-Leitung wurde 1956 vom Kemi-Fluss bis nach Mittelfinnland errichtet; später ist sie bis nach Südfinnland verlängert worden und wird seit 1960 über die ganze Strecke von 760 km betrieben. Die Leitung kann rd. 900 MW von den Gegenden des Polarkreises nach Südfinnland übertragen.

Zum Leistungsausgleich ist das finnische Netz über eine 220-kV-Leitung mit dem schwedischen Hochspannungsnetz verbunden. Die Entfernung zwischen dem nördlichen Ende des finnischen 400-kV-Netzes am Kraftwerk Päätjaskoski und dem schwedischen Netz beträgt 300 km. Durch diese Verbindung ist der Parallelbetrieb der

skandinavischen Länder, einschliesslich Dänemark und letzthin auch Westeuropa, verwirklicht worden [13], [14]. Energie wird meistens aus Schweden bezogen, weil im Norden Schwedens vorläufig noch Überschuss an Wassерenergie vorhanden ist, wogegen Finnland bei niedrigem Wasserdargebot an Wasserenergienmangel leidet.

Finnland besass 1962 folgende Hochspannungsleitungen: 760 km mit 400 kV, 2200 km mit 220 kV und 4300 km mit 110 kV. Mit dem fortschreitenden Kraftwerksausbau im Kemi-System wird eine andere 400-kV-Fernleitung bis Südfinnland geplant [15]. Die Übertragungsleistung beider Leitungen soll nach dem Einbau von Reihenkondensatoren 2,0 GW erreichen. In finnischen Hochspannungssystemen werden abgespannte Portalmaste besonderer Konstruktion angewendet, Bild 7 [16]; sie wurden in Finnland entwickelt. Die Mastfundamente werden voraufbereitet. Die Vorteile dieser leichten und billigen Mastkonstruktionen sind in Schweden und Russland anerkannt worden und werden dort immer häufiger verwendet.

7. Schlussfolgerungen

Wasserkraft ist die wichtigste Energiequelle Finlands; auf ihr beruhen rd. 80 % der elektrischen Energieversorgung. Der Wasserkraftvorrat Finlands ist wegen dem flachen Gelände aber nur mässig und vermag den Energiebedarf allein nicht zu decken, wenn dieser während längerer Zeit stark ansteigen sollte. Vielmehr werden die noch vorhandenen Wasserkräfte schon in naher Zukunft vollständig ausgebaut sein, weshalb man sich anderen Energiequellen zuwenden muss. Man beabsichtigt deshalb das Tornes-Flussystem im Zusammenwirken mit Schweden auszubauen. Außerdem wird den thermischen Kraftwerken mehr Beachtung geschenkt werden. Einige thermische Werke sind schon in Betrieb, einige weitere werden gebaut oder erweitert und der Bau von grossen modernen Dampfkraftwerken wird erwogen; sie sollen in der Nähe der Verbrauchsschwerpunkte im Süden erstellt werden. Man sieht voraus, dass nach 1970 die Kernkraftwerke einen stets ansteigenden Anteil der Lastzunahme übernehmen werden. Dementsprechend sollen die Wasserkraftwerke in zunehmendem Masse der Spitzendeckung dienen und dieser Betriebsart angepasst werden.

Literaturverzeichnis

- [1] World Power Conference. Survey of Energy Resources, 1962. The Central Office of the World Power Conference, London.
- [2] Zimmermann, W.: Erschliessung und Nutzung der Wasserkräfte in Finnland. «Elektrizitätswirtschaft», 55 (1956), S. 733/37.
- [3] Haro, N.; Nyssönen, P.: Verankerte Maste im Übertragungsnetz Finlands. ÖZE, 17 (1964), S. 172/82.
- [4] Smeds, B.: The Power Situation in Finland. Sixth World Conference, Melbourne, 1962. Paper 126 I. 2/14.
- [5] Kroms, A.: Über die Ausbauleistung der Wasserkraftwerke. ÖZE, 8 (1955), S. 48/62.
- [6] Nillson, T.; Hvedinc, V.; Korvenkontio, O.: Planning Hydro Power Development of Torne River and Kalix River: Joint Finnish-Swedish Project. Sixth World Conference. Paper 176 III. 12/10.
- [7] Finland's Utilities System. «Power Engineering», 69 (1965), Nr. 3, S. 63/64.
- [8] Fins Build Arctic Hydro Project. «Electrical World», 154 (1960), Aug. 22. S. 49.
- [9] Castrén, V.: Natural and Artificial Reservoirs in Finland's Grid-System. Fünfte Weltkraftkonferenz, Wien, 1956. Bericht 50 H/9.
- [10] Partl, R.: Speicherbewirtschaftung in Finnland. ÖZE, 9 (1956), S. 178/79.
- [11] Kroms, A.: Die Leistungsreserven der Verbundsysteme und Wege zu ihrer Ausnutzung. «E und M», 78 (1961), S. 393/402; 79 (1962), S. 177/82 und S. 251/56.
- [12] Boll, G.: Energieerzeugung und Energieübertragung in Finnland. ETZ - A. 81 (1960), S. 341/44.
- [13] Andersen, C.: Skandinavien und die Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Stromversorgung. «Elektrizitätswirtschaft», 63 (1964), H. 3, S. 117/19.
- [14] Bauer, L.: NORDEL und KONTI-SKAN. ÖZE, 17 (1964), H. 1.
- [15] Schiessl, E.: Höchstspannungs-Freileitungen und -Tragmaste in Finnland. «Bulletin SEV», 51 (1960), S. 1157/59.
- [16] Haro, L.; Magnusson, B.: Economic Aspects of the Construction of the High Voltage Transmission Lines in Finland. Conference Mondiale de l'Energie. Rapport 101 D/3.
- [17] Michel, A.: Das Kraftwerk Petäjäskoski. SBZ 1957, H. 37, S. 589/93.
- [18] Sistonen, H. und Obrist, H.: Das Kraftwerk Pirttikoski in Finnland. SBZ 1960, H. 8, S. 119/27.

Schweizerisches Wirtschaftsjahr 1965

DK 338 (494)

Die Abteilung Volkswirtschaftsstudien der Schweizerischen Bankgesellschaft, Zürich, gibt in ihrem Bulletin 5/1965 einen umfassenden Bericht heraus über das Schweizerische Wirtschaftsjahr 1965. Dieser gliedert sich in die Hauptabschnitte Allgemeiner Teil (Konjunkturverlauf, Aussenwirtschaft, Integration, Preise und Kosten, Arbeitsmarkt, öffentliche Finanzen, Währung, Geld- und Kapitalmarkt usw.) und Branchenberichte sowie einen statistischen Anhang. Der Abschnitt Baugewerbe enthält in konziser Zusammenfassung folgende Angaben:

«Gemessen an der Zahl der geleisteten Arbeitsstunden war die Bautätigkeit im engeren Baugewerbe in den ersten sieben Monaten 1965 in fast allen Kantonen geringer als in der entsprechenden Zeitperiode des Vorjahres. Die Arbeitsstundenzahl hat in der gleichen Zeitspanne um rund 17 Mio oder 9,3 % abgenommen. Die Zahl der in den Bauberufen tätigen ausländischen Arbeitskräfte (vgl. Tabelle 1) ging von August 1964 bis August 1965 um 18192 oder 9,8 % zurück. Von den 168107 im August 1965 registrierten Fremdarbeitern der Bauberufe arbeiteten 80 bis 90 % im engeren Baugewerbe. In der Verringerung der Fremdarbeiterzahl kommt neben dem von den Behörden angeordneten Personalabbau der Rückgang der Baunachfrage infolge der Kreditverknappung zum Ausdruck.

Die Zahl der in den Gemeinden mit 2000 und mehr Einwohnern im ersten Semester 1965 errichteten Wohnungen lag mit 22422

um 2261 oder rund 11 % über der Wohnungsproduktion in den entsprechenden Zeitperioden der beiden Vorjahre. In den 65 von der Statistik erfassten Städten wurden in den Monaten Januar-September des Berichtsjahrs 16058 Wohnungen erstellt gegenüber 15060 in den ersten neun Monaten 1964. In dieser Zunahme der Wohnungsproduktion spiegeln sich der Zuwachs an Baubewilligungen vor Erlass der Konjunkturbeschlüsse und die Fertigstellung zahlreicher im Vorjahr begonnener Bauten durch das Baubewilligungsamt wider. Die Zahl der vom engeren Baugewerbe in Angriff genommenen Wohnungen war infolge der Kreditverknappung

erheblich kleiner. Die Finanzierungsschwierigkeiten werden auch die künftige Bautätigkeit hemmen. Die aufgrund des Baubeschlusses festgesetzten kantonalen Plafonds wurden 1965 nicht voll beansprucht, und die Wohnbauprojektierungen blieben erheblich hinter den Vorjahreszahlen zurück. In den Gemeinden mit 2000 Einwohnern wurden im ersten Halbjahr 1965 nur noch 22530 Wohnbaubewilligungen erteilt gegenüber 34832 im ersten Semester 1964. In den 65 Städten war die Zahl der baubewilligten Wohnungen in den Monaten Januar-September 1965 mit 15228 um 6975 oder 31,4 % niedriger als in den ersten neun Monaten des Vorjahrs.»

Tabelle 1. Berufsgruppen und Nationalität der ausländischen Arbeitskräfte

Jahr ²⁾	Total Arbeits- kräfte	Verteilung nach Berufsgruppen ¹⁾						Nationalität ¹⁾		
		Bauge- werbe	Metall- verar- beitung	Textil und Bekleidung	Gast- wirt- schaft	Land- wirt- schaft	Ita- liener	Spanier	Deut- sche	Öster- reicher
1962	644 706	25,2	18,9	11,4	11,0	3,5	70,5	6,9	12,0	4,5
1963	690 013	25,4	19,4	11,3	10,5	2,8	68,4	9,2	11,4	4,0
1964	720 901	25,8	19,2	11,3	10,5	2,5	65,8	11,5	10,9	3,8
1965	676 328	24,9	19,6	11,1	11,0	2,5	66,4	11,7	10,0	3,6

¹⁾ Prozentanteile am Total der kontrollpflichtigen ausländischen Arbeitskräfte ²⁾ Jeweils August