Bedeutung der Wasserkraft für Norwegen

Autor(en): **Berner Blydt, Carl**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie**

Band (Jahr): **58 (1966)**

Heft 4-5

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-921166

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

1. BEDEUTUNG DER WASSERKRAFT FÜR NORWEGEN

1.1 Ausbau der Wasserkraft und Entwicklung der Elektrizitätsversorgung in Norwegen

Carl Berner Blydt, Oslo, ehemaliger Verbundbetriebschef

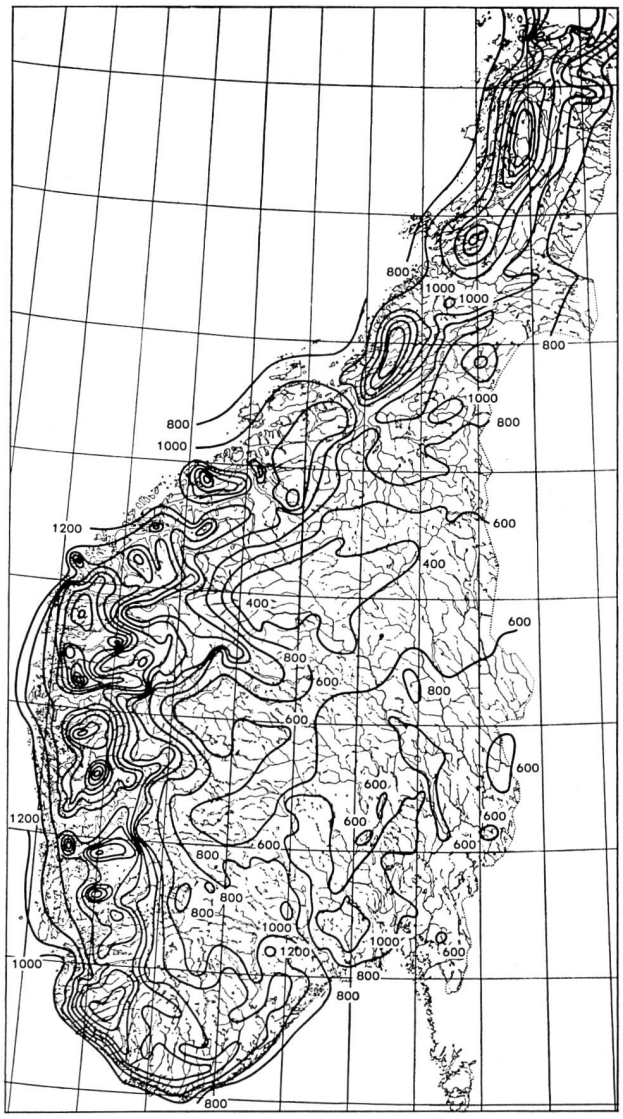
DK 621.221 (481)

1.1.1 ÜBERSICHT ÜBER DIE WASSERKRAFT

Norwegen hat eine Oberfläche von 324 000 km², wovon etwa 3 % kultiviert sind und etwa 23 % auf Wald entfallen. Der Rest ist hauptsächlich Gebirgsland oberhalb der Baumgrenze. Die Inselgruppe Spitzbergen, die Norwegen gehört, hat einen Flächeninhalt von etwa 63 km² und ist völlig unfruchtbar. Die Einwohnerzahl des Mutterlandes beträgt jetzt 3,7 Mio oder nur 11,6 Einwohner pro km².

Norwegen erstreckt sich über nicht weniger als 13 Breitengrade und hat ausgedehnte Hochgebirgspartien. Das Land hat seine Gestalt während und nach der Eiszeit erhalten. Die Gebirgsmasse ist am höchsten gegen Norden und Westen, derart, dass die Wasserscheide der Westküste am nächsten liegt. Die Täler sind demzufolge kurz und steil, während sie in der östlichen Gegend des Landes lang und sanft ansteigend sind. An der Westküste befinden sich dicht beieinander kurze Wasserläufe im Gegensatz zu den grösseren und ausgedehnteren Flüssen in dem weniger steilen östlichen Teil des Landes. In den Gebirgen, die ganz mit Eis bedeckt waren, hat dieses überall eine reichliche Anzahl Seen erodiert, die grosse Regulierungsmöglichkeiten bieten.

Bild 1 Jahresniederschläge in Südnorwegen; Mittel der Periode 1901–1930.



Die Niederschlagsverhältnisse sind in Norwegen sehr verschieden. Die grössten Niederschläge verzeichnet man in den Gebieten mit Seeklima, das heisst im Westland und im Nordland, wo der niederschlagführende Wind im wesentlichen westlich oder südwestlich gerichtet ist. In Finnmark im hohen Norden und auf dem Ostlande macht sich das Inlandklima am meisten geltend; hier sind die Niederschläge, welche zumeist östlichen oder südöstlichen Winden folgen, bedeutend geringer. Im allgemeinen steigern sich die Niederschläge mit der Höhe über dem Meer; die Jahresmittel wechseln zwischen mehr als 3000 mm in den niederschlagreichsten Gegenden und etwa 250 mm in den Gegenden, die am trockensten sind.

Bild 1 zeigt die normalen jährlichen Niederschläge im südlichen Norwegen für die Periode 1901 bis 1930.

Der Unterschied zwischen Niederschlagsmenge und Abflussmenge ist relativ am grössten in vegetationsreichen Gebieten. In den hochliegenden Gebieten ist der Unterschied geringer.

In hydrologischer Beziehung kann das Land in fünf Gebiete eingeteilt werden:

a) Das Ostland mit Inlandklima und verhältnismässig geringem Abfluss, durchschnittlich 22 l/s·km². Normalerweise hat man im Winter eine ausgeprägte Niederwasser-Periode und jährlich eine wasserreiche Frühlingsflut. Das Hochwasser im Herbst ist nicht von solchem Umfange und mehr zufällig.

b) Das Westland mit einem durchschnittlichen Abfluss von etwa 67 l/s·km², mit grossen örtlichen Variationen. In den hochliegenden Niederschlaggebieten trifft im Winter eine ausgeprägte Niederwasserperiode ein sowie ein typisch grosses Hochwasser im Frühling. Die Niederwasserperiode ist kürzer als im Ostlandgebiet.

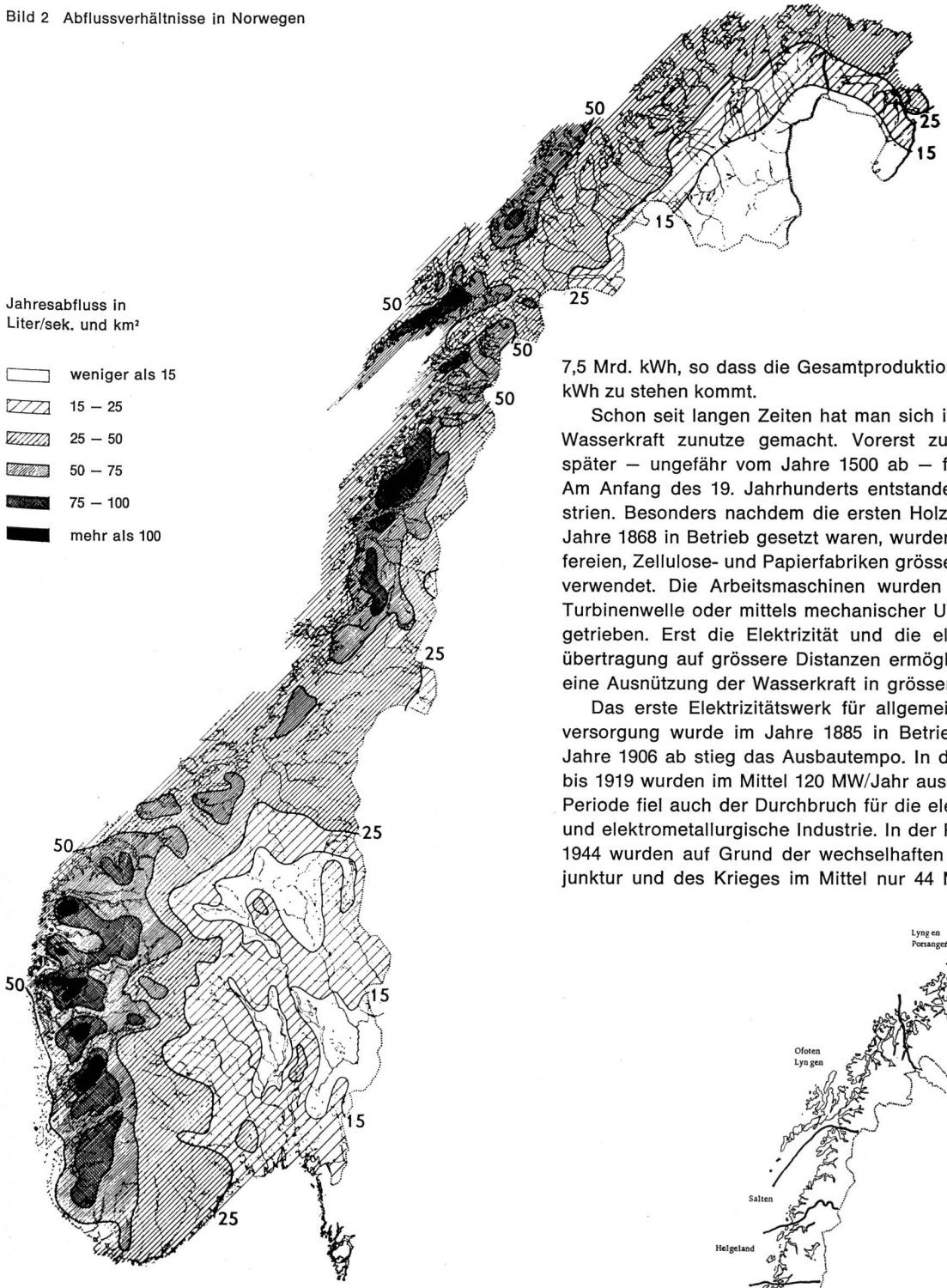
c) Möre und Tröndelag mit einem durchschnittlichen Abfluss von etwa 43 l/s·km². Die Niederwasserperiode des Winters ist am ausgeprägtesten in den grösseren Gewässern. Man hat regelmässig Hochwasser im Frühling, jedoch auch im Herbst und Winter Hochwasserperioden von kurzer Dauer.

d) Nordland mit einem durchschnittlichen Jahresabfluss von etwa 60 l/s·km². Die Niederwasserperiode im Winter ist am ausgeprägtesten und die Frühlingsflut die sicherste, es können jedoch in einzelnen Gewässern auch im Winter Hochwasser vorkommen.

e) Troms und Finnmark mit einem durchschnittlichen Abfluss von etwa 28 l/s·km².

Für das ganze Land beträgt der durchschnittliche Jahresabfluss etwa 40 l/s·km², entsprechend einer Niederschlagsmenge von etwa 1250 mm. Der Abfluss jedes einzelnen Jahres wechselt in der Regel zwischen 70 % und 130 % des Mittels. Bild 2 zeigt die Abflussverhältnisse im Lande.

Bild 2 Abflussverhältnisse in Norwegen



Die Wasserkraftquellen liegen über das ganze Land verstreut. Die nutzbare Wasserkraft, die in einem sogenannten bestimmenden Jahre produziert werden kann, das heisst mit 90 % Wahrscheinlichkeit, und die das ganze Jahr hindurch produziert werden kann, ist auf etwa 131 Milliarden Kilowattstunden (TWh) berechnet worden. Hierbei ist die Produktionsmöglichkeit jedes Gewässers separat berücksichtigt. Bei Zusammenarbeit zwischen den Elektrizitätswerken in den verschiedenen Gewässern kann es möglich sein, dass die genannte Zahl höher werden kann, andererseits kann die Rücksicht auf den Naturschutz und die beim Bauen auflaufenden Kosten die Menge reduzieren. In einem Mitteljahr ist die regulierte Produktionsmöglichkeit auf etwa 144,1 Mrd. kWh berechnet worden und die Hochwasserkraft auf 7,5 Mrd. kWh, so dass die Gesamtproduktion auf 151,6 Mrd. kWh zu stehen kommt.

Schon seit langen Zeiten hat man sich in Norwegen die Wasserkraft zunutze gemacht. Vorerst zum Kornmahlen, später – ungefähr vom Jahre 1500 ab – für Sägemühlen. Am Anfang des 19. Jahrhunderts entstanden andere Industrien. Besonders nachdem die ersten Holzschleifereien im Jahre 1868 in Betrieb gesetzt waren, wurden für Holzschleifereien, Zellulose- und Papierfabriken grössere Kraftmengen verwendet. Die Arbeitsmaschinen wurden direkt von der Turbinenwelle oder mittels mechanischer Ueberführung angetrieben. Erst die Elektrizität und die elektrische Kraftübertragung auf grössere Distanzen ermöglichten indessen eine Ausnützung der Wasserkraft in grösserem Umfange.

Das erste Elektrizitätswerk für allgemeine Elektrizitätsversorgung wurde im Jahre 1885 in Betrieb gesetzt. Vom Jahre 1906 ab stieg das Ausbautempo. In der Periode 1911 bis 1919 wurden im Mittel 120 MW/Jahr ausgebaut. In diese Periode fiel auch der Durchbruch für die elektrochemische- und elektrometallurgische Industrie. In der Periode 1920 bis 1944 wurden auf Grund der wechselhaften Wirtschaftskonjunktur und des Krieges im Mittel nur 44 MW/Jahr ausge-

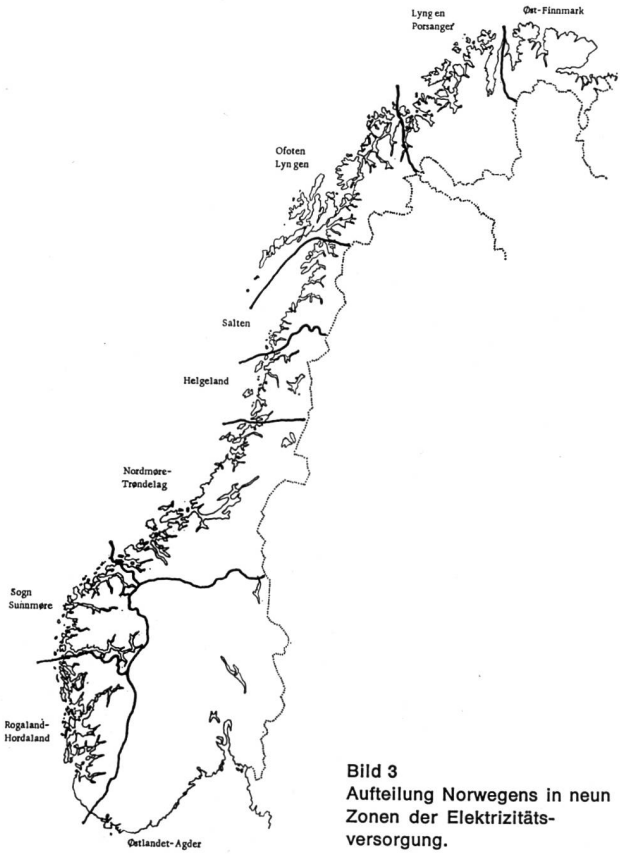


Bild 3
Aufteilung Norwegens in neun Zonen der Elektrizitätsversorgung.

baut. Darnach steigerte sich das Tempo auf 110 MW im Mittel pro Jahr in den Jahren 1945/48, auf 140 MW in den Jahren 1949/52, im Jahre 1953 auf 310 MW und auf 325 MW in den Jahren 1954/57. Später ist das Tempo des Ausbaues weiter gestiegen, und in den Jahren 1964 und 1965 betrug die Steigerung sogar 920 MW und 765 MW. Für die Jahre 1966 und 1967 wurden vorläufig 380 MW und 680 MW in Auftrag gegeben.

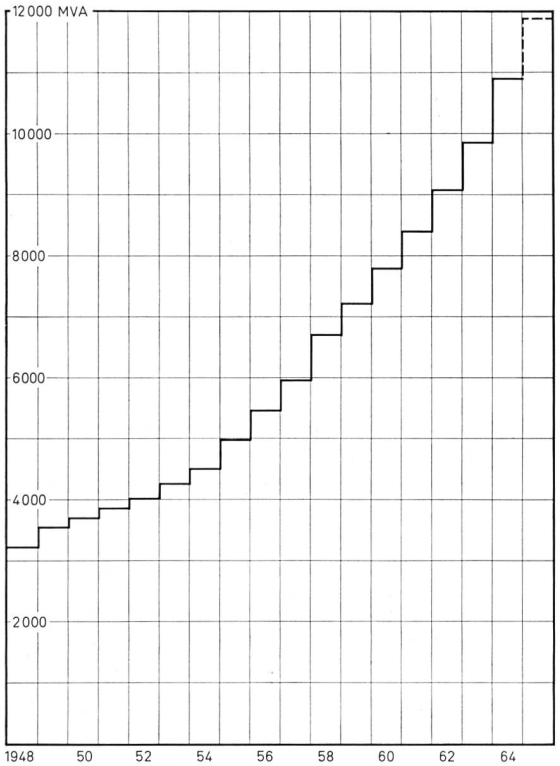


Bild 4 Entwicklung 1948–1965 der installierten Leistung der norwegischen Elektrizitätswerke.

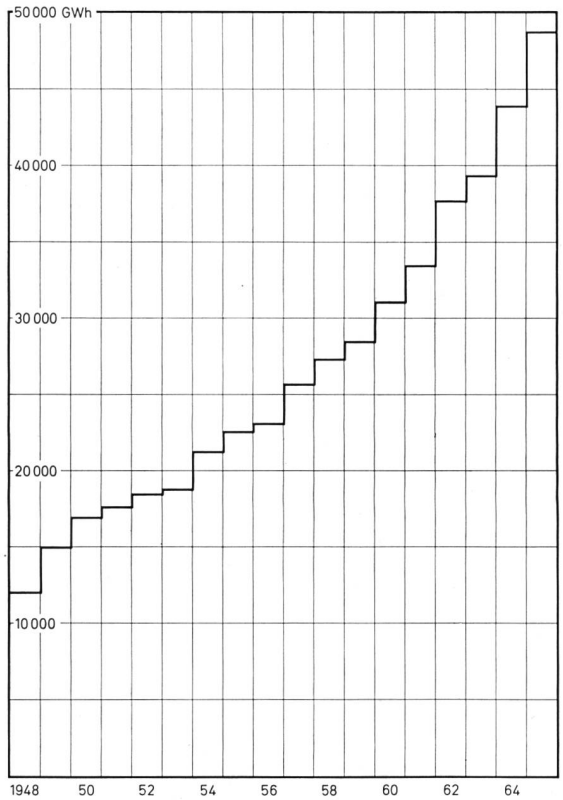


Bild 5 Entwicklung 1948–1965 der mittleren Erzeugungsmöglichkeit der norwegischen Wasserkraftanlagen.

Bild 3 zeigt die Einteilung des Landes in neun Elektrizitätszonen.

Bild 4 zeigt die Entwicklung der installierten Generatorkapazität in MVA in der Periode 1948–1965. Hier sind allerdings installierte Wärmekraftgeneratoren inbegriffen, diese sind jedoch mit etwa 140 MVA unbedeutend. Aus Bild 5 ist die Entwicklung der Energieproduktion ersichtlich.

Tabelle 1 zeigt für jedes Gebiet die nutzbare Wasserkraft in einem bestimmenden Jahr, die ausgebaute Wasserkraft per 31. Dezember 1964 sowie die Einwohnerzahl zum gleichen Zeitpunkt.

NUTZBARE WASSERKRAFT IN NORWEGEN — Tabelle 1

Elektrizitätsgebiet	Nutzbare Wasserkraft Twh	Ausgebaut per 31. 12. 64 TWh	Ausgebaut in % des Totals	Einwohnerzahl per 31. 12. 1964
Ostland-Agder	51,6	21,7	42	2 001 700
Rogaland-Hordaland	26,4	5,2	20	603 900
Sogn-Sunnmöre	15,8	3,8	24	212 900
Nordmöre-Tröndelag	14,4	5,2	37	443 000
Helgeland	7,6	2,7	24	73 900
Salten	6,9	1,8	26	73 600
Ofoten-Lyngen	4,5	1,0	22	211 100
Lyngen-Porsanger	3,1	0,1	3	55 300
Ost-Finnmark	0,8	0,2	25	32 600
Das ganze Land	131,1	41,7	32	3 708 000

Auf Ende 1964 betrug der Energieinhalt der Regulierspeicher bei 100 % Füllung etwa 24,9 Mrd. kWh (TWh).

Die nutzbare Wasserkraft ist in Preisklassen nach den jetzigen Ausbaukosten (Preisbasis 1. 1. 1964) folgendermassen ausgeschieden (1 norwegische Krone = 100 Öre = 0,60 Schweizerfranken):

Klasse	Baukosten Öre per kWh	Anteil an der totalen Wasserkraft in %
I	unter 22	58,2
II	22–36	34,8
III	36–50	5,7
IV	50–57	1,3

In Norwegen herrscht die allgemeine Auffassung, dass Elektrizität und Wasserkraft zusammengehören. Obgleich auf Spitzbergen etwas Kohle gewonnen wird, muss Norwegen sowohl Kohle als auch Oel einführen, wodurch die Wärmekraft teurer wird als die Wasserkraft. Die Rücksicht auf die Selbstversorgung war auch ausschlaggebend.

Da die Kraftquellen über das ganze Land verteilt sind, konnte der Bedarf bis vor kurzem durch die Nutzung von Wasserläufen in günstigem Abstande gedeckt werden; allmählich musste man sich aber weiter begeben. Die Nutzung der Wasserkraft hängt deshalb mit der Entwicklung der Technik für die Kraftübertragung eng zusammen. Die Uebertragungsdistanzen sind jedoch noch immer relativ kurz.

Der lange Winter mit geringer natürlicher Wasserführung wenn der Bedarf am grössten ist, stellt besondere Ansprüche an die Saisonregulierung. Unsere natürlichen Seen bieten grosse Regulierungsmöglichkeiten, und hier haben wir vielleicht den grössten Vorteil. Das Aufspeichern des Wassers zwecks Konzentrierung der Kraft in weniger und grösseren Anlagen verlangt oft lange Stollen, und der Kraftwerkbau ist somit sehr von der Technik für Tunnelbetrieb abhängig geworden. In der Regel können aber die rohgesprengten Stollen, das heisst ohne Verkleidung benützt werden.

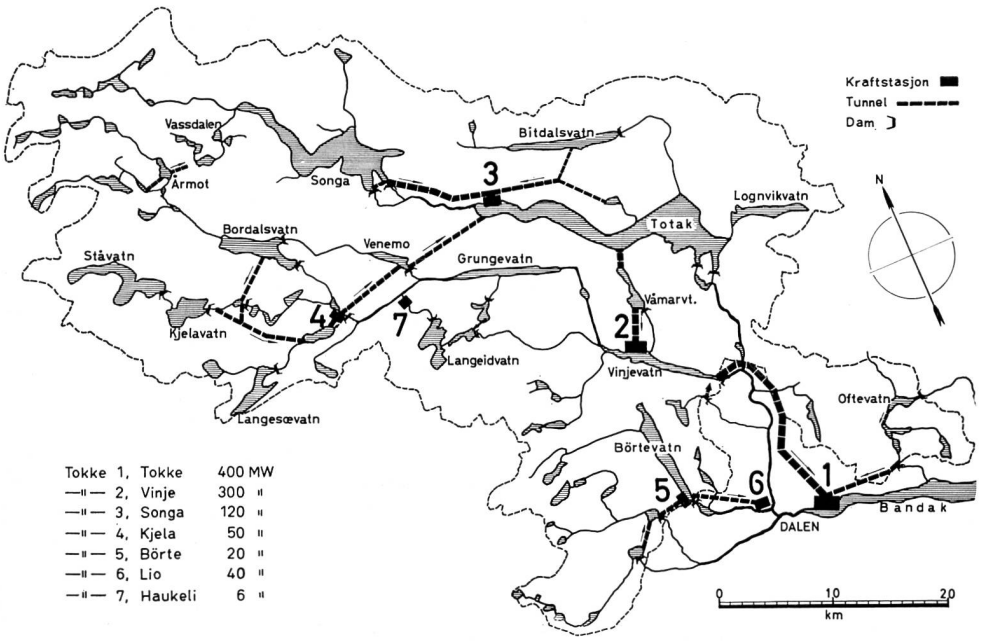
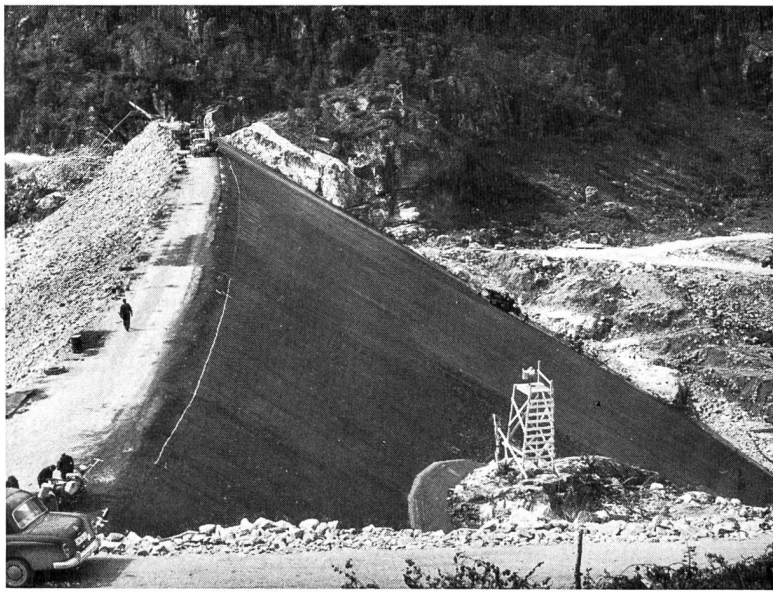


Bild 6
Uebersichts-Lageplan über die dem Staate gehörende Kraftwerkgruppe Tokke, umfassend sieben Wasserkraftanlagen.

Nachstehend sollen einige grosse Kraftwerke und Projekte kurz behandelt werden:

Tokke in Telemark (Bilder 6 bis 9)

Bild 6 gibt eine Uebersicht über die dem Staate gehörende Anlage. Der Plan umfasst im ganzen sieben Kraftwerke mit einer gesamten Installation von 940 MW und einer jährlichen Produktion von 4180 GWh in einem Mitteljahr. Die Kraftwerke Tokke 1, 2, 3 und 7 sind in Betrieb, Tokke 5 und 6 werden im Jahre 1968 fertig, während die Verwirklichung von Tokke 4 bis auf weiteres hinausgeschoben ist.



Bilder 7 und 8 Venemo Staudamm mit Asphaltdecke; Nutzinhalt des Staubeckens 22,9 Mio m³, max. Staukote 703 m ü.M., max. Absenkung 666 m ü.M.

Bild 9 Inneres der Zentrale Tokke I, vier Einheiten zu 100 MW für 377 m Gefälle, 375 U/min.

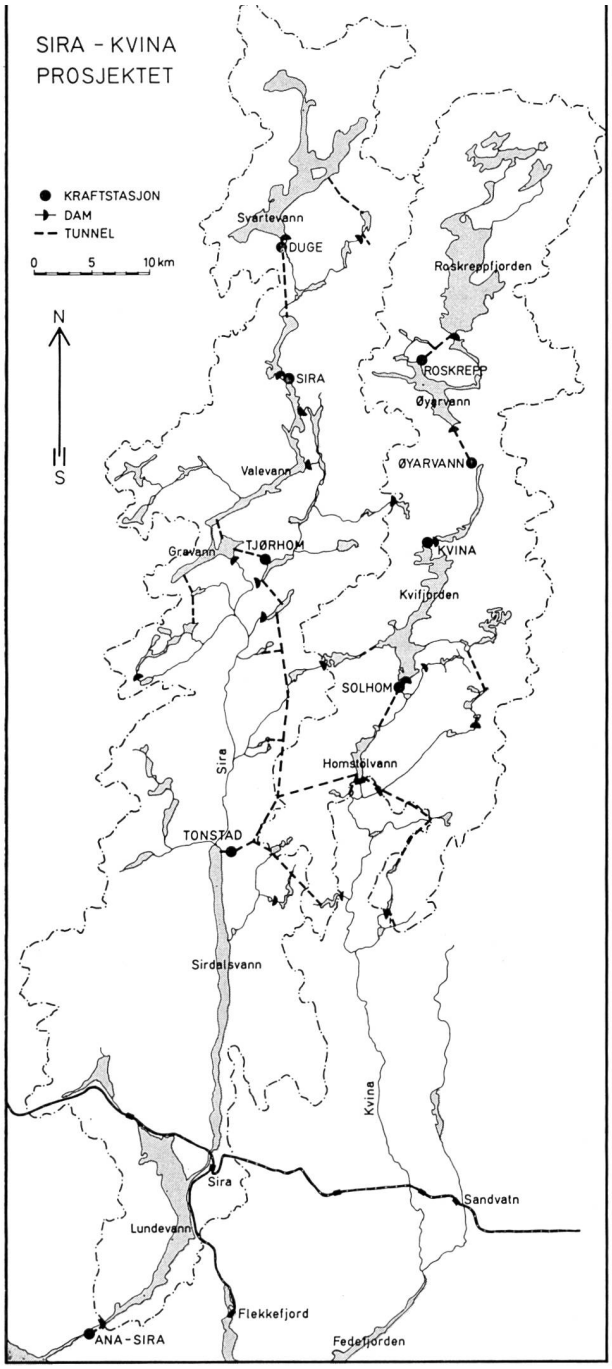


Bild 10 Uebersichts-Lageplan der neun Wasserkraftanlagen Sira-Kvina.

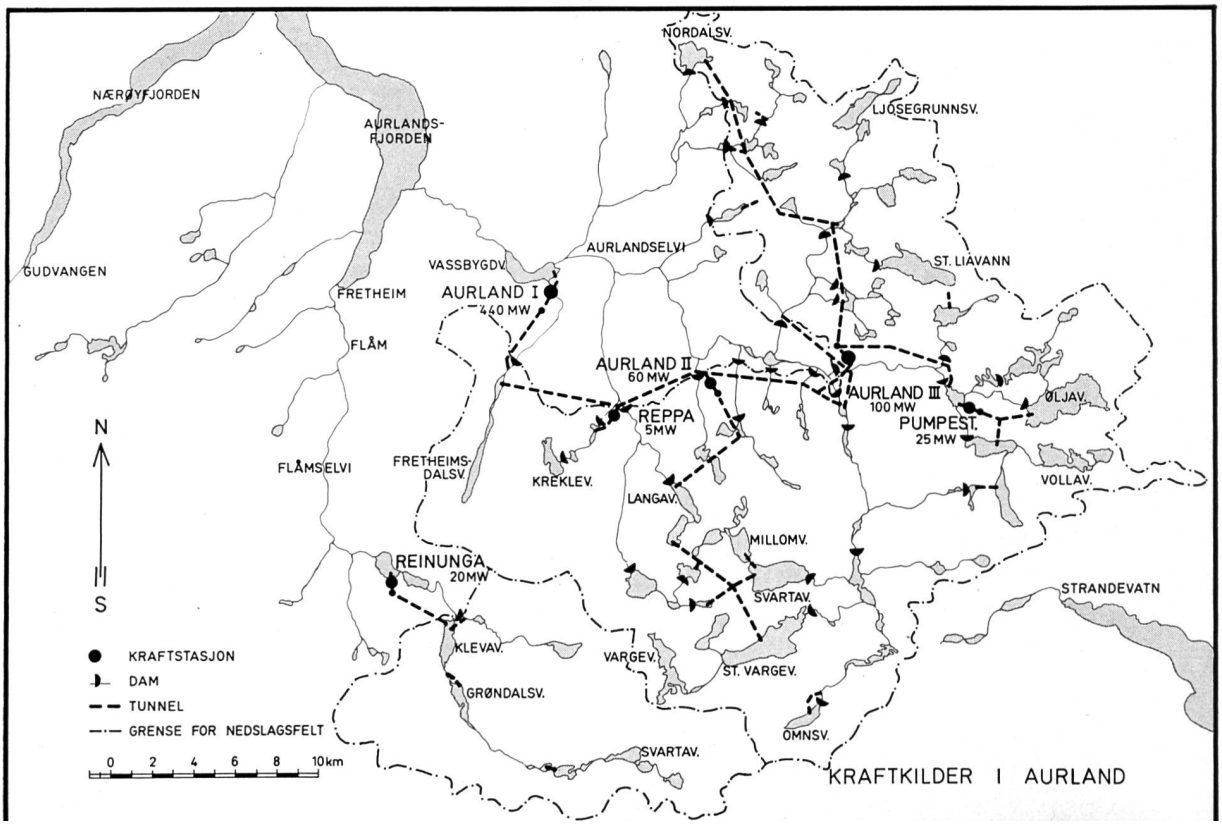
Sira-Kvina in West-Agder

Diese Anlage, welche aus Bild 10 ersichtlich ist, umfasst insgesamt neun Kraftwerke mit einer Gesamtleistung von 1260 MW und einer jährlichen Produktion von 6175 GWh in einem Mitteljahr. Das grösste Kraftwerk Tonstad, welches zur Zeit gebaut wird, ist für eine Leistung von 640 MW, auf vier Aggregate à 160 MW verteilt, vorgesehen. Plangemäss sollen die beiden ersten Maschinengruppen im Jahre 1968 betriebsbereit sein. Für den Ausbau ist vom Staate, einem Bezirk und interkommunalen Werken eine Interessengemeinschaft gebildet worden.

Das Aurland-Projekt in Sogn

Dieses Projekt umfasst fünf Kraftwerke, wovon ein Pumpspeicherwerk, und ist aus Bild 11 ersichtlich. Die gesamte Installation wird 630 MW umfassen, wovon 440 MW in einem Kraftwerk; die jährliche Produktion ist zu 2600 GWh berechnet, wovon 2057 GWh im Winterhalbjahr. Der Ausbau ist noch nicht in Angriff genommen worden. Die Energie dieser Kraftwerkgruppe wird nach der Landeshauptstadt Oslo, welche Besitzer der Anlage ist, überführt werden.

Bild 11 Uebersichts-Lageplan des Aurland-Projektes, umfassend fünf Wasserkraftanlagen, wovon ein Pumpspeicherwerk.



1.1.2 NORWEGISCHES WASSERRECHT

Norwegisches Recht akzeptiert privates Eigentumsrecht an Gewässern, und unsere Rechtsordnung ist somit prinzipiell eine andere als die, welche in vielen anderen europäischen Ländern herrscht. Als eine Folge dieser prinzipiellen Lösung der Rechtsverhältnisse in den Gewässern Norwegens war man gezwungen, je nachdem sich die allgemeinen Verhältnisse entwickelt haben, besondere Lösungen für Interessenkonflikte zu finden, die unweigerlich eintreffen mussten, damit das Eigentumsrecht den neuen Bedürfnissen angepasst werden konnte. Die Gewässer sind schon lange ausgenutzt worden, nicht nur von den Grundbesitzern sondern auch von anderen – für Bewässerung, Flösserei und Verkehr.

Eingriffe in die Wasserführung der Stromläufe kamen noch dazu, vorerst als Folge des Flössens und später durch die Nutzung für den Kraftwerkbau.

Das private Eigentumsrecht gilt nicht nur dem Wasser als Stoff, sondern gestattet auch, das Wasser, welches sich zu jeder Zeit auf dem Grundeigentum befindet, auszunutzen. Der Besitzer eines Wasserfalles oder Wasserlaufes kann die Fallhöhe und das Wasser ausnutzen, falls das Eigentum anderer oder allgemeine Interessen dadurch keinen Schaden erleiden. Der Grundbesitzer kann jedoch nicht die Wasserführung des Flusses ändern, jedenfalls nicht, wenn anderen dadurch Schäden oder Nachteile verursacht werden.

Träger der allgemeinen Interessen ist keine Einzelperson, sondern die Oeffentlichkeit, die aus dem Verkehr, der Entnahme von Wasser für Wasserversorgung usw. Nutzen haben kann. Es ist die Meinung unserer Rechtsordnung und Gesetzgebung, diesen allgemeinen Interessen einen starken Schutz zu gewähren. Unser Gewässergesetz und Gewässerregulierungsgesetz haben diese Schwierigkeit in der Weise gelöst, dass sie demjenigen, welcher in den Gewässern Eingriffe vornimmt, Gegenleistungen auferlegen, um den der Allgemeinheit zugefügten Schäden und Nachteilen abzuhelfen.

Die erwähnte allgemeine Regel, dass niemand in einem Gewässer Aenderungen vornehmen kann, falls anderen dadurch Schäden oder Nachteile entstehen, gilt jedoch nicht absolut. Man muss die Regel im Lichte eines anderen Hauptgesichtspunktes in unserem Gewässergesetz betrachten: die Interessen müssen sich in gewissem Grade einander anpassen. Man kann somit nicht für jeden Schaden Entschädigung verlangen, derselbe muss von einer gewissen Bedeutung sein.

Gewässerregulierungen von Bedeutung können nicht ohne Konzession durchgeführt werden und dieser sind gewisse Bedingungen anzuknüpfen, u.a. Zahlung von Regulierungsabgaben an Staat und Gemeinde, Rücklegung für Fonds zur Hilfe für Landwirtschaft, Fischerei usw. Die Konzessionen sind zeitbegrenzt für Privatpersonen mit Einlösungsrecht und Heimfallsrecht für den Staat, jedoch ohne Zeitbegrenzung für Staat und Gemeinden.

Die Konzessionspflicht gilt nicht nur für Gewässerregulierungen, sondern auch für das Erwerben und Nutzen von Wasserkräften. Mit gewissen Ausnahmen können nur der Staat und die Gemeinden das Eigentumsrecht oder Nutzungsrecht für Wasserläufe und Wasserfälle ohne Konzession erwerben.

Die Gewässergesetzgebung hat Regeln aufgestellt, die den Zweck haben, zu verhindern, dass das private Eigentumsrecht die Entwicklung hemmt. Durch Regeln betreffend die Expropriation ist es unter anderem möglich, die Fallhöhen und andere Rechte, die für den Kraftausbau erforderlich sind, zu sammeln. Auch Privatpersonen können die Gelegenheit erhalten, sich die Rechte des Nachbarn zu sichern, wenn dies als angemessen erachtet wird. Es ist selbstverständlich von Wichtigkeit, dass die besonders umfassende Gelegenheit, welche Staat, Gemeinden und Bezirke erhalten haben, um Expropriationen vorzunehmen, sich nicht als eine Drohung gegen die private Initiative auswirkt. Für Expropriationen müssen Entschädigungen bezahlt werden. Für Gewässerregulierungen und einige andere Gewässerunternehmungen werden zur vollen Entschädigung Zulagen von 25 Prozent sowie Abgaben an Staat und Gemeinden bezahlt.

Die Art und Weise, in welcher nach Bestimmung der Gewässergesetzgebung Interessenkonflikte zu regeln sind, ist charakteristisch für das norwegische Recht. Eine Reihe von Konflikten werden Ueberprüfungen von rein schätzungsweiser Natur anheimfallen müssen und sind deshalb für die übliche gerichtliche Prüfung weniger geeignet. Es gibt deshalb in der Gewässergesetzgebung viele Bestimmungen, welche die gerichtliche Entscheidung auf Schätzungen verweisen. Im Schätzungsgericht sitzt ein gesetzeskundiger Richter, und die übrigen Richter werden aus den Fachkreisen gewählt.

1.1.3 ORGANISATION DER ELEKTRIZITÄTSVERSORGUNG

Die ersten Nutzungen der Wasserkraft wurden lokal geregelt, teils durch die einzelnen Gemeinden, teils durch private oder kooperative Unternehmungen, welche die Versorgung einer Gruppe von Gehöften oder Ansiedelungen vor Augen hatten. Es entstand eine grosse Anzahl von Unternehmungen, die gewöhnlich sowohl die Produktion als auch die Verteilung besorgten. Allmählich wuchsen die Verteilungsgebiete und es erwies sich bald als zweckmässig, dieselben miteinander zu verbinden; um grössere und weit voneinander gelegene Kraftquellen in Betrieb zu nehmen, haben sich jeweils mehrere Werke sowohl aus geographischen als auch aus wirtschaftlichen Gründen vereinigt. Bis zum letzten Kriege war es allgemein üblich, dass jede Kommune die Verteilung übernahm, sowohl für elektrische Energie eigener Produktion als auch für gekaufte Energie.

Nach dem letzten Weltkrieg ist die Anzahl von Verteilungsunternehmungen, die mehrere Gemeinden umfassen, gestiegen, entweder als Kraftwerkgesellschaft, die mehrere Gemeinden umfasst mit diesen als Teilhabern, oder als bezirkskommunale Werke. Viele von den früher gebildeten Vereinigungen beteiligen sich auch als Mitbesitzer in neuen grösseren Unternehmungen für Produktion und Hochspannungsübertragung.

Die privaten Elektrizitätswerke gliedern sich in mehreren Gruppen. Der grösste Teil gehört Industriegesellschaften mit eigener Kraftversorgung für die Anwendung im eigenen industriellen Betrieb; andere beschränken sich auf umfassende Verteilung und Detailverkauf, und schliesslich gibt es kleine Aktiengesellschaften und Genossenschaften von zum Teil halböffentlichem Charakter.

Der Staat befasst sich im wesentlichen mit der Produktion und dem Verkauf en gros. Bereits zu Beginn dieses Jahrhunderts erwarb der Staat Ausbaurechte. Nach dem letzten Kriege hat der Staat eine Reihe von grösseren Kraftwerken gebaut und besitzt auch Fernleitungen. Der Staat verkauft seine elektrische Energie in zentralen Orten in den verschiedenen Gebieten an eine kleine Anzahl von Abnehmern.

«Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen» ist das staatliche Organ für Elektrizitätsversorgung. Die Wirksamkeit ist auf vier Direktorate verteilt:

1. Die Staatskraftwerke mit folgender Aufgabe: Bau und Betrieb von Kraftwerken mit Regulierungen und Fernleitungen, Energieverkauf.

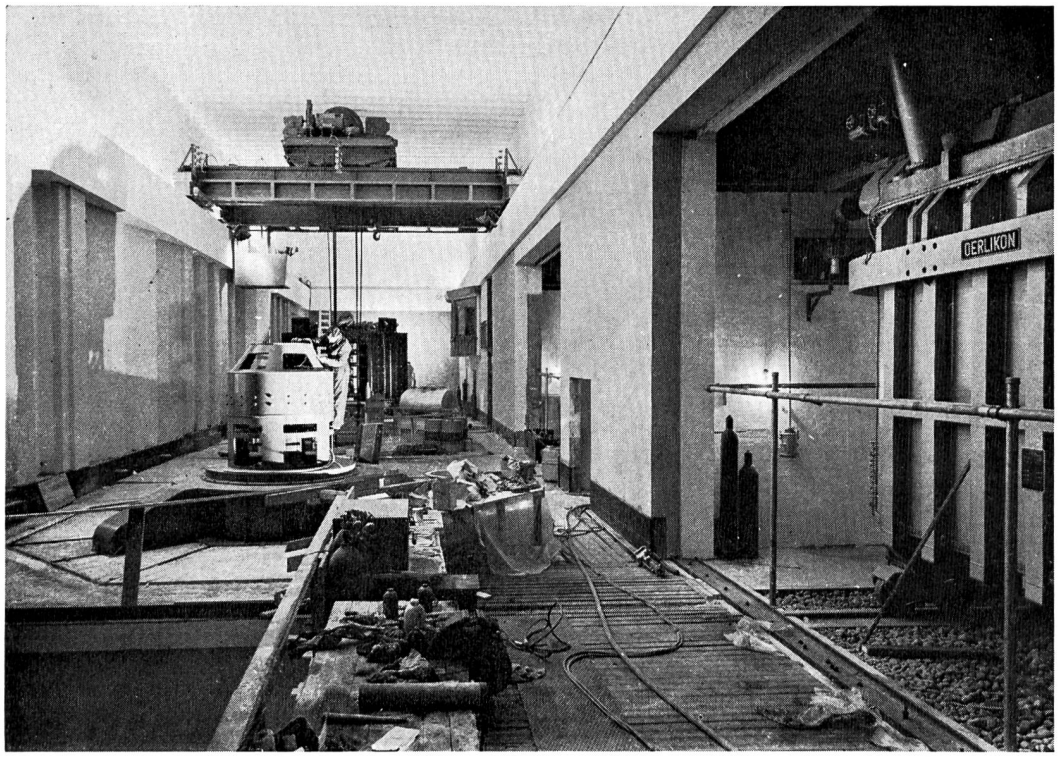


Bild 12
Maschinensaal des Usta-Kraftwerks im zentralen Südnorwegen.

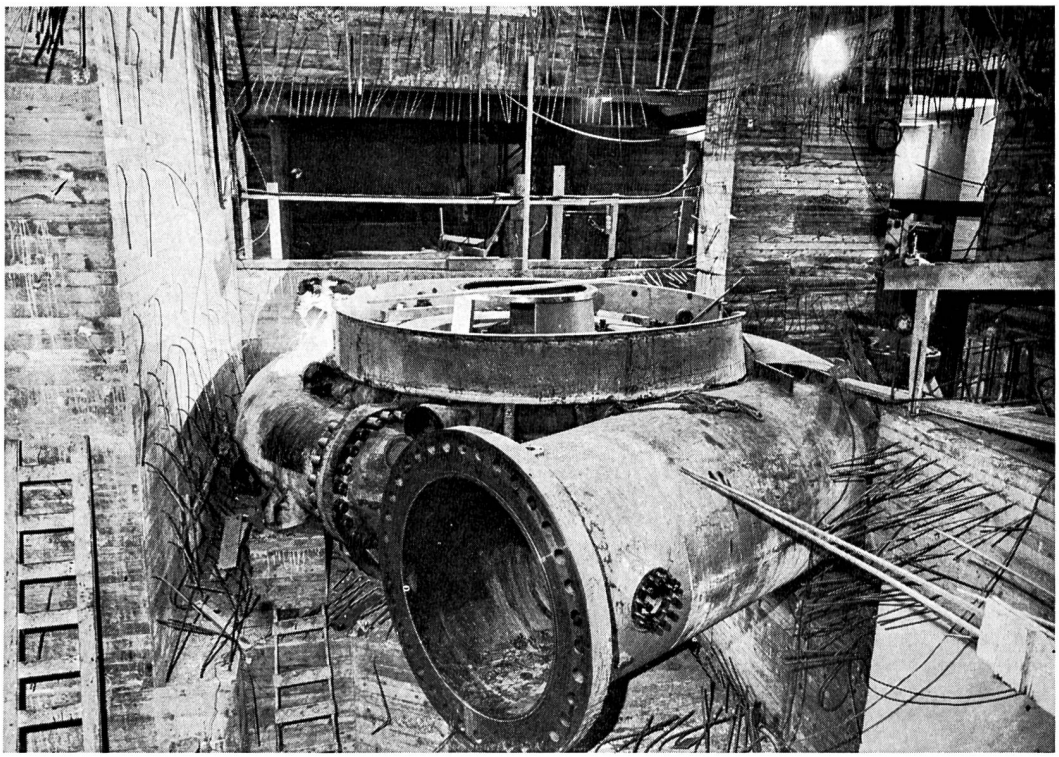


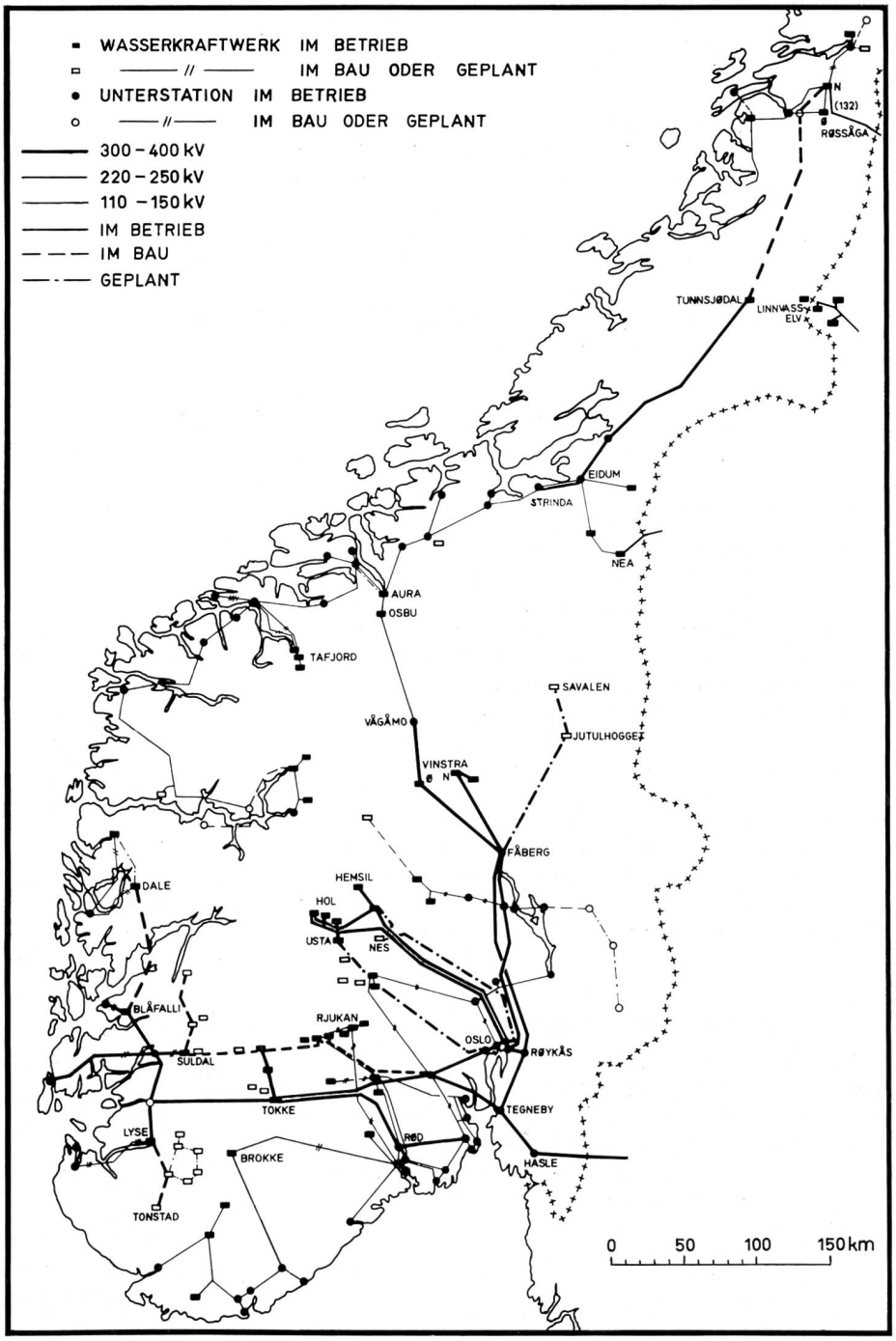
Bild 13
Turbinenmontage im Kraftwerk Usta.

2. Das Gewässer-Direktorat mit folgenden Aufgaben: Sammlung und Bearbeitung hydrologischer Daten des ganzen Landes, Behandlung von Fragen betreffend öffentliche Genehmigung zur Erwerbung von Kraftquellen, Ausbau in Stromläufen, Regulierung der Wasserführung, Expropriationen usw., sowie Beaufsichtigung der Ausführung und Sicherheit der Anlagen.
3. Das Elektrizitäts-Direktorat führt eine entsprechende Kontrolle der elektrischen Anlagen aus und hat zur Aufgabe, die Elektrizitätsversorgung zu koordinieren.
4. Das Administrations-Direktorat, welches sowohl die ökonomischen und juridischen als auch die personellen Angelegenheiten behandelt.

Auf Jahresende 1964 gab es in Norwegen insgesamt 638 Elektrizitätswerke gemäss folgender Verteilung:

	Staat	Gemeinden	Private
Kraftproduzierende Werke	22	143	207
Nichtproduzierende Anlagen (Verteilwerke)	1	175	90
Insgesamt	23	318	297

Bild 14
Bedeutendste Energie-Uebertragungsleitungen in Süd-Norwegen.



Seit 1938 hat der Staat jährlich Beiträge als direkte Unterstützung für den Ausbau der Elektrizitätsversorgung in den am spärlichsten bevölkerten Gegenden bewilligt, und es wurde Gewicht darauf gelegt, dass der Bezirk selbst für den grösstmöglichen Teil des erforderlichen Kapitales Sorge trägt. Die Unterstützung seitens des Staates erfolgt als einmaliger Beitrag. Seit dem 1. Juli 1951 wird zu diesem Zweck eine Abgabe vom Verbrauch elektrischer Energie, am Ort der Produktionsstelle gemessen, in Höhe von 0,1 Öre/kWh erhoben; seit 1. Juli 1956 wurde diese Abgabe auf 0,2 Öre/kWh erhöht, mit der Auflage, dass die Hälfte zur Errichtung von Stammleitungen verwendet werden sollte. Ende 1964 waren nur etwa 4500 Einwohner ohne Elektrizitätsversorgung.

In den Jahren 1963 und 1964 wurden jedes Jahr brutto etwa 1,4 Milliarden Kronen investiert. Bei Jahresschluss 1964 betrug das gesamte aufgewendete Kapital etwa 13 Milliarden Kronen, während der gebuchte Wert bei etwa 7 Milliarden Kronen lag.

Eine besondere Stellung innerhalb der Elektrizitätsversorgung nehmen die Verbundbetrieb-Organisationen ein; zur Zeit gibt es deren sechs. Die grösste und älteste wurde im Jahre 1932 gegründet; sie umfasst das Ostland-Agder-Gebiet. Auf dem Westlande gibt es zwei Organisationen, eine für Rogaland-Hordaland und eine für Sogn und Sunnmöre. Weiter nordwärts gibt es eine Organisation für Nordmöre-Tröndelag, eine für Salten und eine für Ofoten-Lyngen. Ostland-Agder ist mit Rogaland-Hordaland durch eine 300 kV-Leitung und mit Nordmöre-Tröndelag durch eine 132 kV-Leitung verbunden. Das letzte Gebiet wird in kurzer Zeit durch eine 132 kV-Leitung mit Sogn-Sunnmöre verbunden werden. Das ganze südliche Norwegen wird dann in elektrischer Beziehung ein Verbundbetriebsgebiet bilden, und das Gebiet Ofoten-Lyngen hat auch über das schwedische Netz einen indirekten Anschluss an das Hauptgebiet.

Der Zweck dieser Verbundbetriebs-Organisationen liegt in einer rationellen Ausnutzung der Kraftquellen, des Verbundbetriebs, der Vermittlung und des Austausches elektrischer Energie. Um den Mitgliedern behilflich zu sein, können die Organisationen auch von Mitgliedern elektrische Energie kaufen und sie an andere Mitglieder verkaufen, jedoch ohne die einzelnen Mitglieder zu konkurrenzieren. Die Organisationen bauen in der Regel nicht selbst die Wasserkraft aus, einige von ihnen bauen jedoch Fernleitungen.

Es hat sich als von grosser Bedeutung erwiesen, dass die zusammenarbeitenden Werke in einem Gebiete ein Organ besitzen, welches ihre Wirksamkeit auf verschiedenen Gebieten koordinieren kann und welches ihre Interessen den öffentlichen Instanzen gegenüber wahrnimmt.

Da die Mitglieder der Organisationen im grossen und ganzen öffentliche Unternehmungen sind, garantiert dieses, dass die sozialen Interessen wahrgenommen werden.

1.1.4 STAMMLEITUNGEN

Im Jahre 1928 wurden die ersten 132 kV-Leitungen in Betrieb gesetzt. Früher waren 50 kV und 60 kV die höchsten angewandten Uebertragungsspannungen. Erst im Jahre 1949 kam die erste 230 kV-Leitung in Betrieb und seit der Uebertragung von Kraft aus Tokke I, welche im Jahre 1961 in Betrieb gesetzt wurde, gelangte eine Uebertragungsspannung von 300 kV mit geerdetem Nullpunkt zur Anwendung. Später wurde die Spannung der 230 kV-Leitungen, die mit isoliertem Nullpunkt arbeiteten, auf 300 kV erhöht, indem man den Nullpunkt erdete. Dieser Uebergang wurde im Jahre 1963 vollendet. Eine Spannung von 400 kV ist auf einer Leitung verwendet worden, die das norwegische und das schwedische Netz verbindet. Bild 14 zeigt die wichtigsten Stammleitungen.

Nach Schweden sind im ganzen fünf Verbindungen errichtet worden.

1.1.5 PRODUKTION UND VERBRAUCH

Bild 15 zeigt die Elektrizitätsproduktion Norwegens in den Jahren 1948 bis 1965. Von der rund 48 760 GWh umfassenden Produktion im Jahre 1965 entfielen nur 73 GWh oder 0,15 % auf Wärmekraft. Die Stromerzeugung im Jahre 1965, verteilte sich in den einzelnen Elektrizitätsgebieten nach vorläufigen Angaben wie folgt:

	GWh	%
Ostland-Agder	25 990	53,3
Rogaland-Hordaland	5 684	11,7
Sogn-Sunnmöre	4 333	8,9
Nordmöre-Tröndelag	6 014	12,3
Helgeland	3 117	6,4
Salten	2 040	4,2
Ofoten-Lyngen	1 224	2,5
Lyngen-Porsanger	160	0,3
Ost-Finnmark	195	0,4
Insgesamt	48 757	100,0

Im Jahre 1964 verteilte sich die Produktion nach dem Besitzerverhältnis zu 29,7 % auf die Werke des Staates, 43,1 % auf die kommunalen Werke und 27,2 % auf private Werke.

In den letzten Jahren erfolgte die Lieferung von Pflichtenergie nach Schweden laut festen Verträgen und umfasste ausserdem auch den Austausch von Ueberschussenergie. Im Jahre 1963 betrug der Nettoexport 845 GWh, im Jahre 1964 stieg er auf 1405 GWh und im Jahre 1965 sogar auf 2058 GWh. Im Verhältnis zur Totalproduktion handelt es sich aber um kleine Energiemengen.

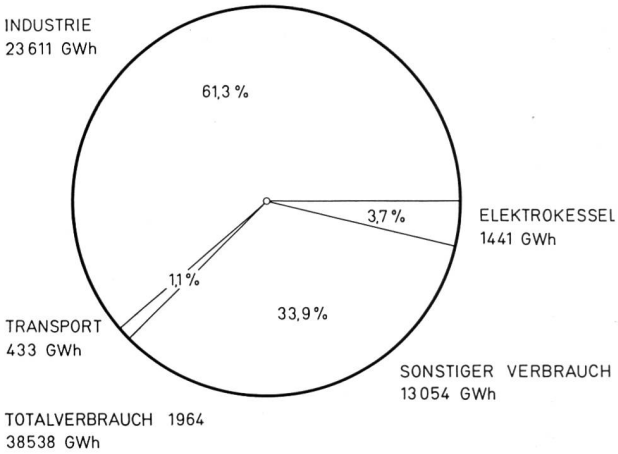


Bild 15 Verteilung der Elektrizitätsproduktion Norwegens auf die verschiedenen Verwendungsgebiete (Mittel der Periode 1948–1965).

Der Energieverbrauch betrug im Jahre 1964 insgesamt 38 538 GWh. Dieser ergibt sich, wenn von der Produktion die Uebertragungsverluste und der Netto-Export in Abzug gebracht werden. Die Verteilung des Energieverbrauches auf einzelne Verbrauchergruppen ist in Bild 15 gezeigt. Die Steigerung von 1963 betrug 10,1 %. Die durchschnittliche jährliche Steigerung betrug vom Jahre 1948 an 8,4 %.

Der Verbrauch je Einwohner betrug im Jahre 1964 10 432 kWh, womit Norwegen weit an der Spitze aller Länder der Welt liegt. Die einzelnen Gebiete zeigen jedoch grosse Abweichungen vom Durchschnitt. Demgemäss hatte das Gebiet Sogn-Sunnmöre einen spezifischen Verbrauch von 18 315 kWh, Helgeland einen solchen von 32 895 kWh und Salten einen Verbrauch von 24 287 kWh. Diese extrem hohen Werte hängen mit dem Verbrauch in der Grossindustrie dieser Gebiete zusammen. Den niedrigsten Verbrauch je Einwohner hatte das Gebiet Lyngen-Porsanger mit 2 336 kWh.

Der hohe Verbrauch pro Einwohner in Norwegen ist ausser dem grossen Industrieverbrauch auch in bedeutendem Grade der umfassenden Anwendung von Elektrizität für Heizung von Wohnhäusern zuzuschreiben, welche bei den üblichen Preisen ökonomisch vorteilhaft ist.

1.1.6 TARIFE

Als typisches Exempel für Preise für Engros-Verkauf soll der Tarif der Staatskraftwerke genannt werden.

Jahreskraft:

Kr. 65 pro kW bei 6000 Gebrauchsstunden pro Jahr, zuzüglich Preis pro kWh wie folgt:

16. Okt.–15. April: 1,6 Öre pro kWh, Gebrauchszeit 3600 Std.
16. April–15. Mai: 1,6 Öre pro kWh, Gebrauchszeit 450 Std.
16. Mai–15. Okt.: 0,8 Öre pro kWh, Gebrauchszeit 1950 Std.
6000 Std.

Winterkraft:

Kr. 53,50 pro kW bei 4050 Gebrauchsstunden pro Jahr, zuzüglich Preis pro kWh wie folgt:

16. Okt.–15. April: 1,6 Öre pro kWh, Gebrauchszeit 3600 Std.
16. April–15. Mai: 1,6 Öre pro kWh, Gebrauchszeit 450 Std.
4050 Std.

Man hat Zahlungspflicht für die grösstmögliche Entnahme von kWh innerhalb der festgesetzten Gebrauchszeit.

Diese beiden Tarife gelten für Kraft geliefert an zentralen Stellen und einmal herabtransformiert.

Bild 16
300 kV-Leitung West–Ost
im Hochgebirge.

Industriekraft:

Der Tarif gilt für grosse Lieferungen. Der Preis beträgt 1,8 Öre pro kWh + 5 % für Auftransformierung + 12 % für Uebertragung bis zu 50 km + 8 % für Herabtransformierung. Der Gesamtpreis beträgt somit 2,25 Öre pro kWh. Bei längerer Uebertragung wird ein Zuschlag von 1,5 % pro 10 km berechnet.

Zu allen genannten Tarifen kommt die Elektrizitätsabgabe von 0,2 Öre pro produzierte kWh hinzu.

Für den Haushalt ist ein gemischter Tarif üblich, als Beispiel können Tarife in Oslo erwähnt werden:
Kr. 80 pro bestelltes kW pro Jahr für 1 kW
Kr. 50 pro bestelltes kW pro Jahr für das Ueberschüssige.
2,5 Öre pro kWh für allen Verbrauch, einschliesslich Elektrizitätsabgabe.
10 Öre pro kWh als Zulage für den Verbrauch über die bestellte kW-Grenze hinaus.

1.1.7 AUSBLICK IN DIE ZUKUNFT

Wie früher erwähnt, ist es üblich, dass die Werke bei ihrem Verkauf mit einem Kraftbezug entsprechend den Wasserverhältnissen in einem sogenannten bestimmenden Jahr rechnen, das heisst mit einer Lieferungssicherheit von 90 %. In besonders trockenen Jahren kann die Produktion noch geringer werden. Das Risiko einer zwangsmässigen Einschränkung des Verbrauches ist somit vorhanden und dies ist für die Energiekonsumenten unbefriedigend. Die Lagerung von Wasser in besonderen Ueberjahresspeichern zur Nutzung in trockenen Jahren kann eine Lösung des Problemes bringen, kommen indessen zwei Trockenjahre nacheinander, kann die Lage schwierig werden. Eine rationelle Zusammenarbeit zwischen Gebieten, wo die klimatischen und hydrologischen Verhältnisse verschieden sind, wird auch zu einer Steigerung der gesamten Produktion beitragen können.

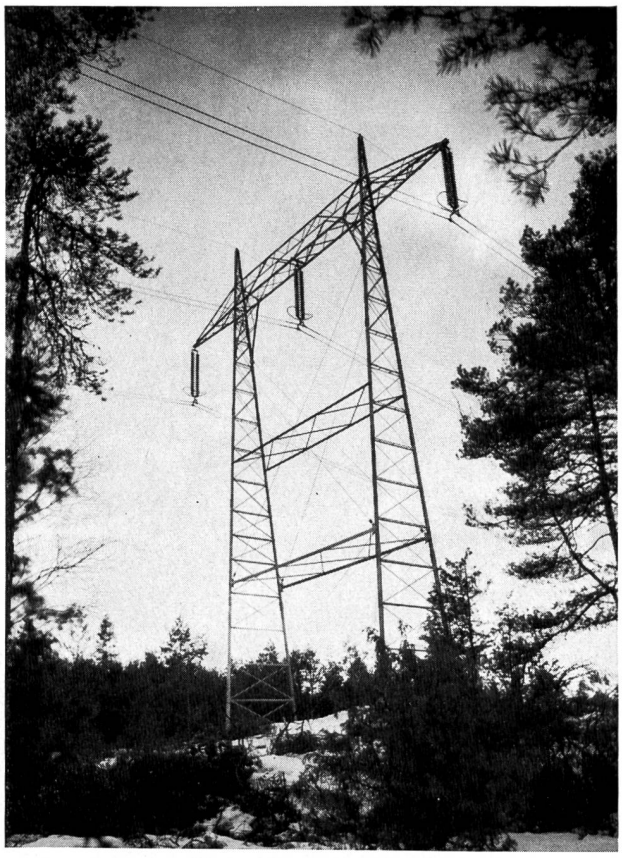
Das Bauen grosser konventioneller Wärmekraftwerke ist vorläufig nicht aktuell. Dagegen wird ein Projekt für die Errichtung eines grossen Kernkraftwerkes gegenwärtig eingehend geprüft.

Eine andere Möglichkeit liegt in der Zufuhr von Wärmekraft aus Schweden, wo ein steigender Ausbau von Wärmekraft und auch von Kernkraftwerken stattfinden wird.

Anderseits besteht die Möglichkeit, auf Grund der grossen Speicher in Norwegen überschüssige schwedische Energie im Sommer zu übernehmen gegen Rücklieferung einer kleineren Energiemenge zu einem späteren vereinbarten Zeitpunkt. Die Differenz repräsentiert alsdann den Gewinn für Norwegen und gleichzeitig findet eine Veredlung der schwedischen Energie statt.

Infolge des steigenden Lebensstandards und der zunehmenden Anwendung von elektrischer Energie in der Indu-

Bild 17 Tragmast der 400 kV-Leitung von Süd-Norwegen nach Schweden (Photo Björnulf Fredrikstad).



strie in Verbindung mit niedrigen und relativ stabilen Elektrizitätspreisen ist es naheliegend damit zu rechnen, dass auch inskünftig eine starke Steigerung im Verbrauche elektrischer Energie stattfinden wird. Die Ausbausteigerung zur Eindeckung des Verbrauches wird jedoch stark davon abhängig sein, in welchem Grade in der energiefordernden Industrie der Verbrauch zunehmen wird, sowie auch von der allgemeinen wirtschaftlichen Entwicklung des Landes.

Der fortgesetzte Ausbau der Wasserkraft muss sich auf die prognostizierte Verbrauchsentwicklung basieren, und es muss hier in Betracht gezogen werden, dass der Ausbau eines Wasserkraftwerkes vom Beginn des Planens bis zur Inbetriebnahme mindestens 5 bis 6 Jahre erfordern wird.

Soll der Elektrizitätsverbrauch einigermassen sicher im wesentlichen durch Wasserkraft gedeckt werden können, so werden naturgemäss in abflussreichen Jahren grosse überschüssige Energiemengen anfallen; diese können teils in Industrien verwendet werden, die in gewissem Grade ihren Verbrauch dem Energieangebot anpassen können, teils für Elektrokessel oder falls möglich für den Export. Die Anwendung dieser überschüssigen Kraft ist für die Oekonomie der Wasserkraftwerke von grosser Bedeutung.

1.2 Bedeutende, auf der Wasserkraft basierende Industrien Norwegens

Ivar Brunborg, Oberingenieur bei der Norsk Hydro-Elektrisk Kvaelstofaktieselskab

DK 621.221 : 338 (481)

Die Entwicklung auf dem Gebiet der Elektrizitätswirtschaft Norwegens steht in sehr engem Zusammenhang mit dem Aufbau der energieintensiven Industrie, die schon seit der Jahrhundertwende eine bedeutende Rolle im Wirtschaftsleben des Landes spielte. Nachdem man Norwegens grossen Reichtum an «weisser Kohle» entdeckt hatte, siedelten sich rasch verschiedene Industriezweige an, die von billiger Kraft besonders abhängig sind. Die Elektrizität steckte damals sozusagen noch in den Kinderschuhen. Man war doch schon so weit gekommen, dass man grosse Möglichkeiten für neue Produkte und für neue Verfahren, mit Elektrizität als Grundlage, erblickte, sofern diese Kraft genügend billig beschafft werden konnte. Der Weg zur Erzeugung elektrischer Energie musste aber über mechanische Arbeit erfolgen, und auch heute noch ist dies der Fall. Die Herstellung auf chemischem Wege in Verbrennungszellen, magnetohydrodynamische Krafterzeugung u. ä. befindet sich noch immer im Versuchsstadium.

1.2.1 BESONDERE EIGENSCHAFTEN DER NORWEGISCHEN WASSERKRAFT

Es waren besondere Gründe vorhanden, dass das Augenmerk auf die norwegischen Wasserkräfte gelenkt wurde, denn hier herrschten Verhältnisse, die sich nicht so leicht in anderen Ländern finden liessen:

Bild 1 Glomfjord Salpeterfabrik (ein Werk der Norsk Hydro), etwas nördlich des Polarkreises gelegen.

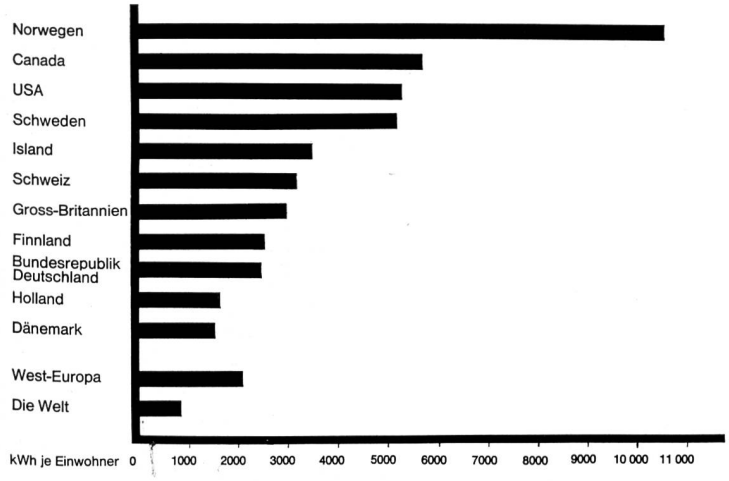


Bild 2
Der Elektrizitätsverbrauch einiger Länder im Jahre 1963, ausgedrückt in kWh je Einwohner.

- Grosse konzentrierte Gefälle, die eine billige Energiegewinnung erlauben;
- Vorzügliche Regulierungsmöglichkeiten in menschenleeren Gebirgsgegenden;
- Kurzer Abstand zu eisfreien Häfen;
- Kurzer Seeweg zu den möglichen Märkten (England und der Kontinent).

Der kurze Weg zum eisfreien Meer bedeutete in der ersten Zeit, als man die elektrische Energie noch nicht auf wirtschaftliche Weise über weite Distanzen übertragen konnte, ungemein viel. Deshalb baute man das Kraftwerk und die Fabrik als eine Einheit.

Aus dieser Erkenntnis heraus erfolgte – wie im nachstehenden Aufsatz dargelegt – ab 1905 und in den darauffolgenden Jahren bis zu Beginn der zwanziger Jahre ein für die damalige Zeit ausserordentlich intensiver Ausbau der Wasserkräfte, so dass Norwegen hinsichtlich Kraftverbrauch pro Einwohner sofort die erste Stelle einnahm; dieser Vorrang ist seither nie bedroht gewesen. Aus Bild 2 ist der Kraftverbrauch pro Person in einigen Ländern ersichtlich. Norwegen hat heute einen jährlichen Elektrizitätsverbrauch von 11–12 000 kWh pro Einwohner erreicht, was ungefähr der doppelten Energiemenge entspricht, die Länder wie Schweden, USA und Kanada verbrauchen. Selbst hochindustrialisierte Länder wie die Schweiz, die Bundesrepublik Deutschland und England weisen einen per capita-Verbrauch auf, der nur einem Bruchteil des norwegischen Verbrauches entspricht.

Schon diese wenigen Angaben dürften genügen, um die Sonderstellung der elektrischen Energie in Norwegen zu beleuchten. In den meisten Ländern ist die elektrische Energie ein Hilfsmittel im Wirtschaftsleben. Zusätzlich aber findet man in Norwegen einen sehr erheblichen Verbrauch für besonders energieintensive Industrien, die ausschliesslich dank der billigen und leicht zugänglichen Wasserkraft ins Leben gerufen worden sind. Dadurch ist die Wasserkraft zu einem im Mittelpunkt stehenden Faktor der wirtschaftlichen Aktivität Norwegens geworden.

1.2.2 BEISPIELE FÜR «KRAFTVERBRAUCHENDE PRODUKTE»

Vorerst soll beschrieben werden, was mit kraftverbrauchender Industrie gemeint ist. Es sei auf Bild 3 hingewiesen, das eine Liste über eine Reihe solch typischer Produkte, mit Angabe des dazugehörigen Kraftverbrauches, zeigt. Umgerechnet in kWh/t Ware, decken diese Produkte ein ganz ausgedehntes Spektrum des Kraftverbrauches, von 15–20

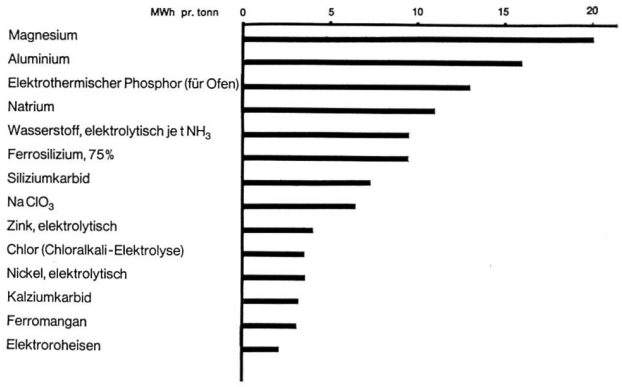
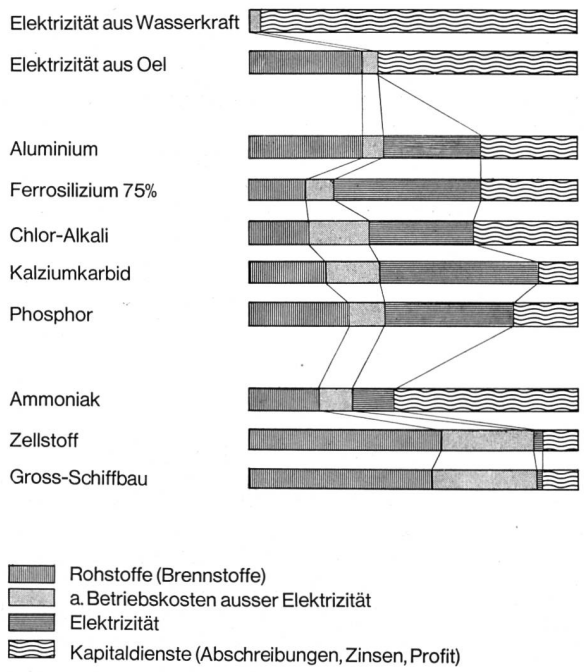


Bild 3 Bedarf an elektrischer Energie für die Herstellung einiger technischer Produkte, in 1000 kWh/Tonne.

Bild 4 Kostenverteilung einiger, für Norwegen interessanter Produkte. Bei jenen Werken, die selbst Elektrizität aus Wasserkraft produzieren, muss auch der wesentlichste Teil der elektrischen Energie als Kapitaldienst in Rechnung gestellt werden.



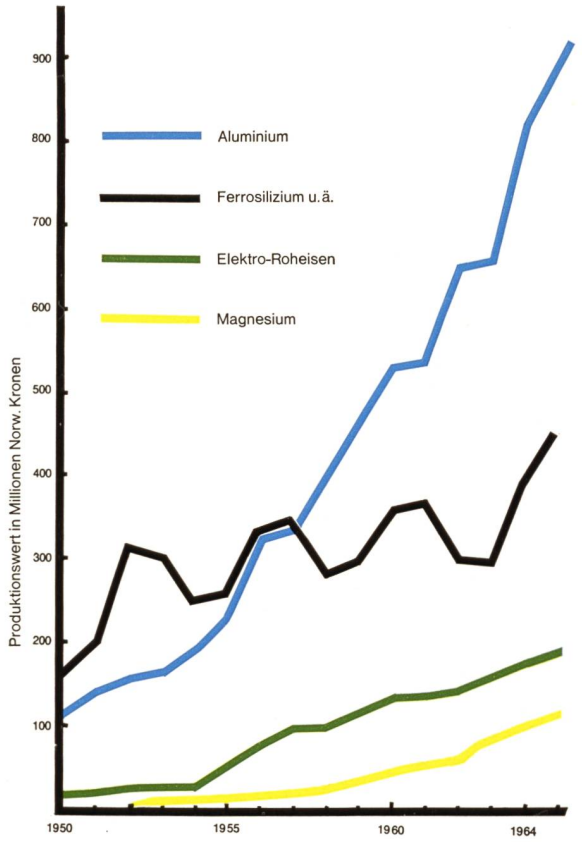


Bild 5 Entwicklung des Produktionswertes einer Anzahl wichtiger Produkte in Norwegen von 1950 bis 1965.

MWh/t[1] für Leichtmetalle bis hinunter zu 2–3–4 MWh/t für Produkte wie Chlor, Karbid und Elektro-Roheisen. Ein noch besseres Bild erhält man aber, wenn man stattdessen den Anteil des Kraftverbrauches an den Herstellungskosten berechnet. Bei einem kWh-Preis von 5 Öre finden wir, dass sich die Stromkosten auf 15–25 % des Verkaufswertes belaufen, in einzelnen Fällen sogar auf 30 % oder mehr. Man versteht sofort, weshalb diese Industrien stets sich dort anzusiedeln suchten, wo sie sich billige Kraft verschaffen können, selbst wenn dadurch Mehrkosten an Fracht entstehen. Bild 4 veranschaulicht diese Verhältnisse. Bei der Herstellung von Produkten wie Aluminium, Magnesium, Ferrosilizium, Chlor, Alkaliprodukten u.a. dominieren die Energiekosten, während sie bei der Zelluloseherstellung, beim Schiffbau sowie in der Maschinen- und Werkstattindustrie praktisch ohne Bedeutung sind.

Aus Bild 5 und Tabelle 1 geht der Produktionswert einiger Erzeugnisse hervor. Soll eine nähere Beurteilung dieser Produkte in der Wirtschaftsstruktur der Gesellschaft vorgenommen werden, ist es geeigneter, eine solche Darstellung in Millionen Kronen zu geben anstatt mengenmässig in Tonnen hergestellter Ware.

Aluminium ist entschieden das mengen- und wertmässig bedeutendste unter den Produkten, und zwar sowohl in Norwegen als auch im Weltmassstab im allgemeinen. Das andere Leichtmetall, Magnesium, hält sich einstweilen wertmässig noch auf nur einem Zehntel, hat aber bereits die Höhe unserer traditionsreichen Kalziumkarbidproduktion erreicht. Die Ferrolegierungsindustrie ist als bedeutend zu bezeichnen, während die Produktion von Chlor und Lauge vorläufig noch verhältnismässig bescheiden ist.

Die vorerwähnte Aufstellung umfasst ebenfalls den entsprechenden Kraftverbrauch in Westeuropa und in der Welt, damit klar vor Augen geführt wird, was diese Produkte als Kraftverbraucher bedeuten. Die Welt als ganzes verbraucht für solche Produkte etwa 300 TWh,[2] doch macht diese Menge nicht mehr als ungefähr 10 % der Gesamtproduktion an elektrischer Energie aus, während die entsprechende Zahl für Norwegen 40 % beträgt (siehe Bild 15 im vorangehenden Aufsatz von Ing. Blydt). In Westeuropa verbrauchen diese Produkte gegenwärtig etwa 60 TWh jährlich; vergleichen wir diesen Verbrauch mit der in Norwegen noch vorhandenen, billig ausbaufähigen Wasserkraft, nämlich 60–80 TWh/Jahr, ersieht man, dass die in den letzten Jahren von gewissen Stellen genährten ehrgeizigen Pläne, Norwegen zu Nordeuropas Leichtmetall-Arsenal zu gestalten, nicht ganz ohne Zusammenhang und Berechtigung sind. Ob ein solches Vorhaben die optimale Anwendung der noch nicht erschöpften Kraftquellen Norwegens darstellen würde, mag jedoch eine andere Frage sein.

Die Entwicklung einer Anzahl von Produkten in Norwegen geht auch aus Bild 5 hervor. Insgesamt beläuft sich der Verkaufswert der in Norwegen hergestellten krafterfordernden Produkte auf etwa 3,5 Milliarden Kronen oder etwa 7 % des Bruttonationalproduktes.

Nach dieser allgemeinen Uebersicht über die kraftverbrauchende Industrie sollen einige bedeutendere Unternehmen besprochen werden; deren geographische Verteilung ist aus Bild 6 ersichtlich. Mit wenigen Ausnahmen sind es die gebirgigen, engen Fjorde, die den Grossteil dieser Industrie beheimaten. Diese Unternehmen sind verhältnismässig stark spezialisiert. Es werden entweder Aluminium oder Ferrolegierungen oder andere Produkte hergestellt, aber unter diesen Unternehmen gibt es auch solche, deren Herstellungsprogramm vielfältiger ist. Die reichste Auswahl an Produkten weist NORSK HYDRO auf, und dieser Konzern hat im Rahmen des Wasserkraftausbaues in Norwegen und überhaupt im ganzen Wirtschaftsleben des Landes eine so dominierende Rolle gespielt, dass er verdient, in erster Reihe genannt zu werden.

[1] 1 MWh = 1000 kWh

[2] 1 TWh = 1 Milliarde Kilowattstunden

DIE WICHTIGSTEN ENERGIEINTENSIVEN PRODUKTE (Schätzwerte) — Tabelle 1

	Produktionswert in Millionen norw. Kronen: Kurs: 1 norw. Krone = 60 Rappen						Entsprechender Kraftverbrauch in TWh/Jahr:	
	Norwegen	Schweden	Schweiz	West-Europa	USA	Welt	In Westeuropa	In der Welt
Aluminium	900	100	230	4000	8500	22 000	20	110
Magnesium	100	–	–	150	350	600	0,7	3
Ferrolegierungen	400	45	12	700	2000	7 500	7	30
Kalziumkarbid	80	50	40	1400	550	4 500	8	30
Phosphor	–	3	–	400	1400	2 000	2	10
Chlor und Lauge	60	250	30	3200	6000	12 000	12	50
Sonstige							10	70
						Summe etwa:	60	300

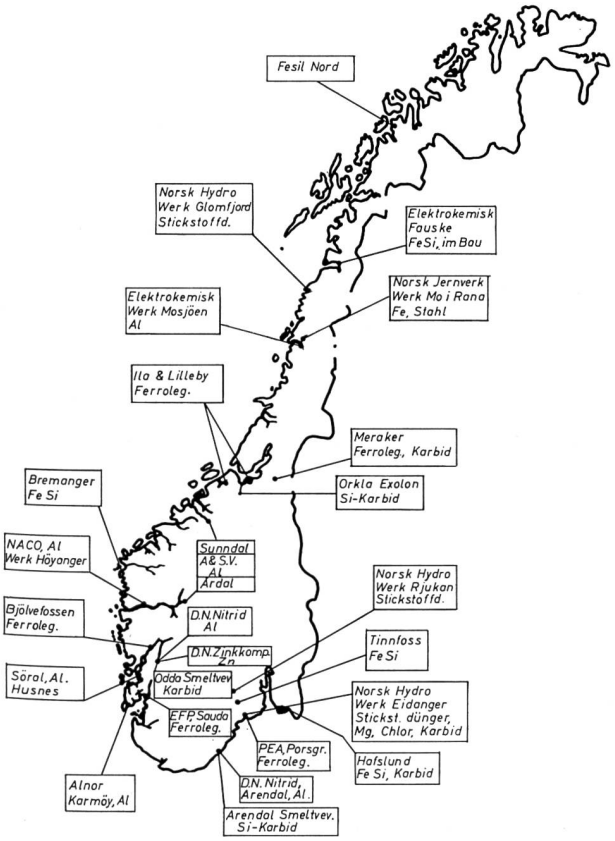


Bild 6 Geographische Verteilung der norwegischen kraftverbrauchenden Industrien.

1.2.3 NORSK HYDRO-ELEKTRISK KVAELSTOF-AKTIESELSKAB,

wie der volle Name dieses Konzerns lautet, wurde vor 60 Jahren auf der Idee gegründet, norwegische Wasserkraft zur Abhilfe des drohenden Stickstoffmangels auf der Welt einzusetzen. Der Gründer der Gesellschaft, Ingenieur S. Eyde, war von der Erkenntnis durchdrungen, die damals immer deutlicher zum Ausdruck kam, dass nur eine ausgedehntere Anwendung von Düngemitteln die ständig anwachsende Bevölkerung der Erde mit Nahrungsmitteln versorgen kann. Durch das von Prof. K. Birkeland erfundene Lichtbogenverfahren war man imstande, den Sauerstoff und Stickstoff der Luft zu Stickstoffoxyden zu verbinden. Auf diese Weise wurde in Wirklichkeit die erste kommerzielle Verwertung des Stickstoffes der Luft geschaffen. Das Birkeland-Eyde-Lichtbogenverfahren musste jedoch etwa 20 Jahre später der Haber-Bosch-Ammoniaksynthese weichen, die auf dem Weg über Ammoniak den Stickstoff bindet. Ammoniak (NH_3) enthält aber Wasserstoff (H), der die teuerste Komponente darstellt. Wasserstoff lässt sich aus verschiedenen fossilen Brennstoffen herstellen; zur damaligen Zeit war es aber noch rationell, Wasserstoff durch Spaltung des Wassers zu erzeugen. Norsk Hydro nahm deshalb auch weiterhin eine starke Stellung auf dem Gebiete der Herstellung von Stickstoffdünger ein. Die Entwicklung war jedoch nicht aufzuhalten, und ebenso wie die Kohle ihre Führerrolle als Energiequelle des kontinentalen Europas bedroht sehen musste, hat auch in Norwegen die elektrische Energie auf diesem besonderen Gebiet anderen Rohstoffen weichen müssen. Oelprodukte und Erdgas sind im Begriffe, auch der europäischen Stickstoffindustrie als vorherrschende Rohstoffe zu dienen, und aus dieser neuen Entwicklung hat Norsk Hydro die Konsequenzen gezogen. Eine bedeutende Ammoniakanlage wurde kürzlich im Werke Heröya bei Porsgrunn in Betrieb genommen, und eine Anlage dreifacher Grösse, nämlich mit einer Leistung von 1100 Tagestonnen Ammoniak, befindet sich im Bau. Diese Anlage wird sich unter den bisher grössten Ammoniakanlagen der Welt einreihen. In wenigen Jahren wird deshalb der wesentlichste Teil der heute für die Ammoniakherstellung gebundenen Energie, nämlich etwa 4,5 TWh/Jahr, für Zwecke freigemacht werden können, für welche die elektrische Kraft nicht nur genügt sondern auch notwendig ist.

Die der Norsk Hydro aus eigenen Anlagen und durch langfristige Mietverträge zur Verfügung stehende Kraftmenge beläuft sich insgesamt auf annähernd 7 TWh/Jahr oder ungefähr einen Sechstel der gesamten Stromerzeugung Norwegens. Es ist unter diesen Umständen einleuchtend, dass sich Norsk Hydro auch weiterhin für die Verwertung der elektrischen Energie auf die wirtschaftlichste Weise stark interessieren muss. Deshalb war diese Einstellung die

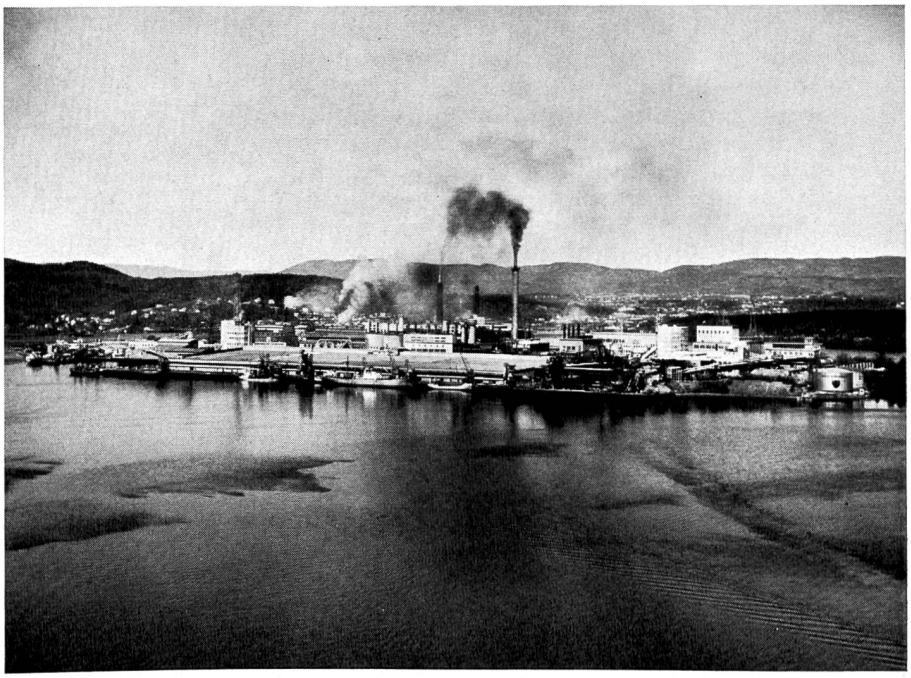


Bild 7
Eidanger Salpeterfabrik der Norsk-Hydro, Norwegens grösster Arbeitsplatz mit 6000 Angestellten.

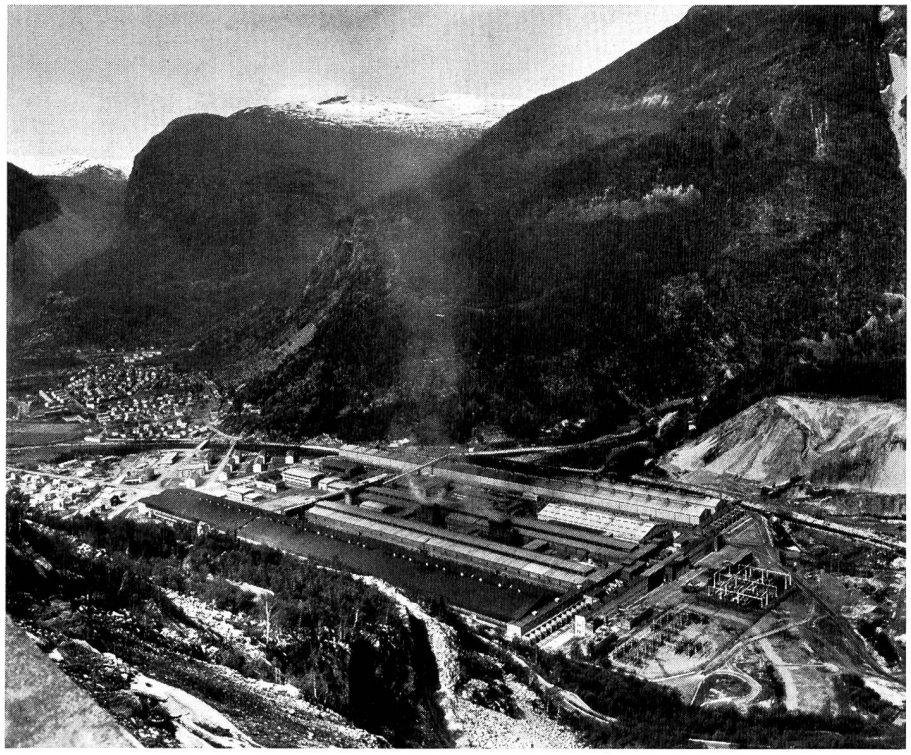


Bild 8
Årdal & Sunndal Verk.
Das Bild zeigt die Aluminiumhütte in Årdal, die grösste in Europa.
(Photo A. Knudsen, Oslo)

Richtschnur für die Bestrebungen des Konzerns, das Unternehmen auf mehreren soliden «Beinen» fussen zu lassen. Magnesium ist eines der neuen Produkte, das im Laufe des letzten Dezenniums von 7000 t auf 26 000 t/Jahr angestiegen ist. Norsk Hydro deckt aber auch mit ihrer Produktion annähernd die Hälfte des europäischen Bedarfes an diesem Metall. Chlor und Lauge haben ebenfalls allmählich breiten Raum eingenommen, und diese Produkte stehen jetzt vor einer bedeutenden Ausweitung. Auch die Karbidherstellung des Konzerns hat beträchtlichen Umfang. Weiterhin ist Norsk Hydro zur Zeit im Begriffe, in Zusammenarbeit mit einer amerikanischen Firma ein grösseres Aluminiumwerk an der Westküste Norwegens zu errichten.

1.2.4 DIE ALUMINIUMINDUSTRIE

Es ist schon aus den vorstehenden Ausführungen ersichtlich, dass Aluminium als das bedeutendste der krafterfordernden Produkte bezeichnet werden kann. Für seine Herstellung sind die grössten Kraftmengen notwendig, und Aluminium weist auch den höchsten Produktionswert auf. Der Markt für dieses Produkt ist sehr ausgedehnt und ist andauernd im Wachstum. Es ist deshalb einleuchtend, dass dieser Industrie ganz besondere Gewogenheit und Interesse zuteil wurden, wenn man sich in Norwegen nach Kunden für die Nutzung der einheimischen Wasserkraftreserven umsieht. Die Rohstoffe und Hilfsmittel für die Herstellung von Aluminium müssen zwar grösstenteils eingeführt werden, aber in dieser Hinsicht sieht sich die norwegische Aluminiumindustrie keineswegs schlechter gestellt als ihre Konkurrenz. Wie bereits erwähnt, wiegen die vorzüglichen eisfreien Häfen, an denen die meisten der norwegischen Aluminiumwerke ihren Standort haben, sehr viel auf. Bereits im Jahre 1907 kam das erste Aluminiumwerk in Norwegen in Betrieb, und eine Anzahl von Werken wurden in den nächsten 20 Jahren errichtet, so dass Norwegen gegen Ende der zwanziger Jahre über ungefähr ein Zehntel der Aluminium-Produktion der Welt verfügte.

In qualitativer Hinsicht unterscheidet sich die heutige Aluminiumherstellung nicht sehr stark von dem von Hall und Heroult vor etwa 75 Jahren erfundenen Verfahren, nämlich die Schmelzelektrolyse von Aluminiumoxyd in einem Bad von Kryolith bei einer Temperatur von etwas über 900 °C, mengenmässig ist die Entwicklung aber sehr bedeutend gewesen. Die meisten Aluminiumhütten verwenden jetzt Schmelzöfen mit 100 kA oder mehr, und die Ofenhallen haben eine Länge von mehreren hundert Metern (siehe Bilder 8 und 10).

Norwegens bedeutendster Aluminiumproduzent ist heute A/S Årdal & Sunndal Verk, ein Unternehmen, das dem norwegischen Staat gehört und im Jahre 1946 zur Verwertung einer während der Besetzungszeit begonnenen Anlage gegründet wurde. Das Werk liegt in Övre Årdal, am innersten Ende des tief einschneidenden Sognefjords im westlichen Norwegen. Man begann mit einer Elektrolysehalle mit Zellen von 32 kA, die vor 20 Jahren als grosse Zellen angesehen wurden. Die damalige Produktion von 12 000 Jahrestonnen wurde indessen sehr bald verdoppelt und ist später auf über 100 000 Jahrestonnen angestiegen. Im Jahre 1954 begann dieses Staatsunternehmen auch mit der Produktion von Aluminium in Sunndalsöra, an der Küste im nordwestlichen Norwegen gelegen, wo die Produktion jetzt etwa 60 000 Jahrestonnen erreicht hat. Bei den späteren Ausweitungen hat man Schmelzöfen für 100–130 000 A in Gebrauch genommen, sowohl mit Söderberg-Anoden, als auch mit modernen, sogenannten «pre-baked»-Anoden, die das Unternehmen selbst herstellt.

In Årdal wird der ganze Energiebedarf der Aluminiumhütte von werkseigenen Kraftzentralen gedeckt. Die Gesellschaft übernahm bereits beim Start eine bedeutende Kraftzentrale, die sich schon annähernd zwei Jahrzehnte im Ausbau befunden hatte. Seither hat das Staatsunternehmen selbst neue Kraftanlagen im Landesteil Indre Sogn ausgebaut. Die Aluminiumhütte in Sunndalsöra basiert auf elektrischer Energie, welche die Hütte von den staatlichen Kraftwerken bezieht.

Die Produktion des Unternehmens A/S Årdal & Sunndal Verk belief sich im Jahr 1965 auf etwa 167 000 t Aluminium, verkauft wurde für etwa 500 Millionen norwegische Kronen,

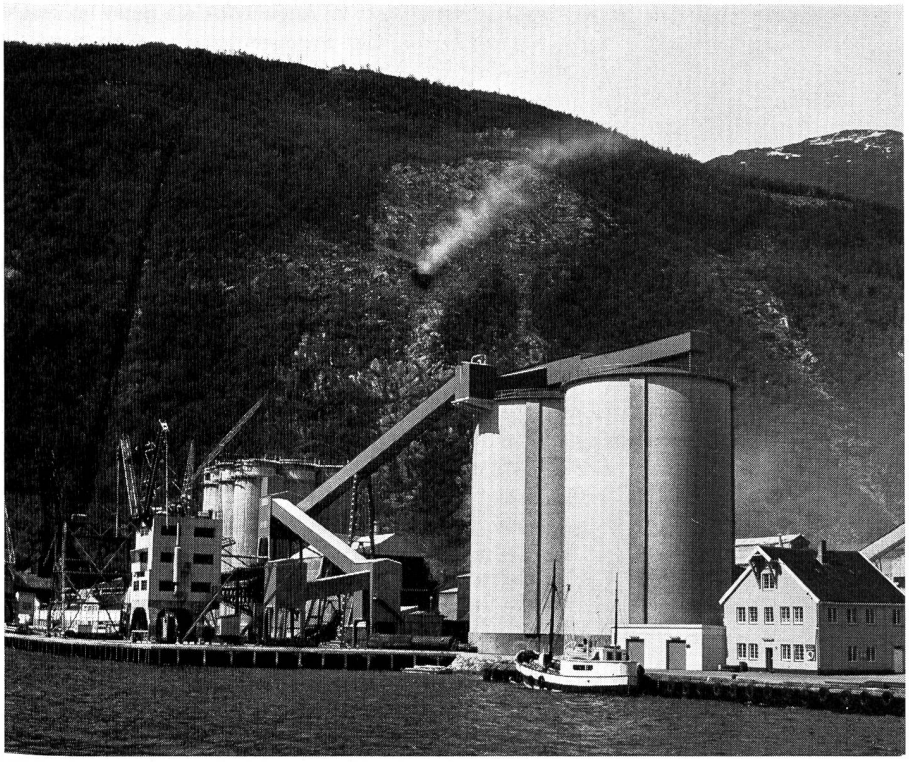


Bild 9
Die Kaianlagen der Norsk Aluminium Company in Höyanger. Unmittelbar rückwärts liegen Kraftzentrale, Elektrolysehalle, die Fabrik für Elektrodemasse und die Aluminiumoxydfabrik.
Der entweichende Rauch am Berghang ist nicht vulkanischen Ursprungs sondern der durch einen Stollen im Berg abgeführte Fabrikrauch.
(Photo G. Hunter, Toronto)

und die gesamte Belegschaft erreichte die Zahl von etwa 3400 Personen. Das Unternehmen steht jetzt im Begriff, ungefähr 300 Millionen norwegische Kronen zu investieren, grösstenteils für das Werk Sunndal, wobei die Kapazität dieses Werkes um weitere 45 000 Jahrestonnen Aluminium ansteigen wird.

A/S Norsk Aluminium Company (NACO) baute im Jahre 1915 ein Aluminium-Schmelzwerk in Höyanger am Sognefjord. Mengenmässig ist die dortige Entwicklung nicht so stark gewesen. Lange Zeit betrug die Produktion nur 8–9000 Jahrestonnen, ist jedoch in der letzten Zeit auf 28 000 Jahrestonnen angestiegen. Die Gesellschaft ist aber besser in der Lage selbständig zu bestehen als die übrigen norwegischen Aluminiumwerke, weil sie nicht nur ihre eigene elektrische Energie erzeugt, sondern ebenfalls einen bedeutenden Teil ihres Bedarfes am Zwischenprodukt Aluminiumoxyd aus der werkseigenen Fabrik in Höyanger decken und auch ihr hergestelltes Metall in ihrer eigenen Fabrik in Holmestrand am Oslofjord zu Halbfabrikaten und fertigen Erzeugnissen walzen und verarbeiten kann. Die Oxydfabrik des Unternehmens basiert auf einem eigenen Verfahren (Erfinder Prof. Harald Pedersen), das den Eisengehalt des Bauxits als Roheisen erbringt. Die Wirtschaftlichkeit dieses Verfahrens stellt sich heute weniger gut, was teilweise darauf zurückzuführen ist, dass die Herstellung in viel zu geringem Massstab erfolgt (Bild 9).

Andere bedeutende Produzenten von Aluminium sind: Det Norske Nitridaktieselskap, gegründet im Jahre 1912, zur Nutzbarmachung des Aluminiumnitrid-Verfahrens von Serpek. Die beiden Werke dieser Gesellschaft

Bild 10
Aluminiumhütte der AIAG in Husnes am Hardangerfjord.
(Photo Løtvedt, Bergen)

in Odda bzw. Eydehavn (siehe Bild 6) besitzen eine Gesamtleistung von annähernd 30 000 Jahrestonnen und beschäftigen 1000 Personen.

Mosjöen Aluminium A/S (MOSAL) ist Eigentum der beiden Firmen Elektrokemisk A/S und Alcoa. Die Kapazität dieses Aluminiumwerkes beträgt 55 000 Jahrestonnen und ein weiterer Ausbau ist geplant.

Von besonderem Interesse für schweizerische Leser ist die Tatsache, dass die Aluminium-Industrie Aktiengesellschaft (AIAG) im November 1965 die Inbetriebsetzung einer neuen Aluminiumhütte in Husnes am Hardangerfjord im westlichen Norwegen begonnen hat (siehe Bilder 6 und 10). Eigentümer und Betriebsherr dieses Werkes ist die Sör-Norge Aluminium A/S (SÖRAL), gegründet von der AIAG und einer norwegischen Minderheitsgruppe. Die Leistung des Werkes beträgt in der ersten Baustufe etwa 60 000 Jahrestonnen, eine Leistung, die schon im laufenden Jahr erreicht werden wird.

Das älteste norwegische Aluminiumwerk, A/S Vigeland Brug, in der Nähe von Kristiansand im südlichen Norwegen gelegen, das bereits im Jahre 1907 zu produzieren begann, existiert noch, stellt aber jetzt kein handelsübliches Rohaluminium her sondern eine Spezialqualität mit einer Reinheit von 99,99 % Al nach dem sogenannten 3-Schichten-Verfahren. Die Produktion beträgt jedoch nur knappe 3000 Jahrestonnen, weil für eine solche Spezialqualität nur ein verhältnismässig bescheidener Markt vorhanden ist.

1.2.5 KALZIUMKARBID

Die erste geglückte Herstellung von Kalziumkarbid erfolgte im Jahre 1892 durch Verschmelzung von kohlenstoffhaltigem Material und Kalk in einem elektrischen Ofen. Die Schmelze, die eine Temperatur von etwa 2000 °C aufwies, wurde in Pfannen abgezapft, in denen man sie erstarren liess, ehe sie zerkleinert, gesiebt und verpackt wurde. Diese Herstellungsweise hat sich in Wirklichkeit seit dieser Zeit ziemlich unverändert gehalten, nur wurden die Einheiten allmählich grösser, von anfänglich einigen hundert kW bis zu den heutigen 30–40 MW.

Bereits vor der Jahrhundertwende kam die Produktion in Norwegen in Gang und erreichte im Jahre 1910 etwa 50 000 Jahrestonnen, die damals etwa 20 % der Weltproduktion darstellten. Die Leistung erhöhte sich im Laufe der nächsten zehn Jahre auf etwa 150 000 Jahrestonnen in Werken mit einem verhältnismässig hohen technischen Standard. In der nachfolgenden Zeit brach jedoch der Markt zusammen, was zur Folge hatte, dass eine Reihe von kleineren Produzenten die Herstellung einstellen mussten, während andere Unternehmen zur Produktion von Ferrolegierungen übergingen. Anfänglich wurde Kalziumkarbid ausschliesslich zur Herstellung von Azetylen verwendet, beispielsweise für Beleuchtungszwecke. Später übernahm man das Zyanamid, und als dieses Produkt den nach dem Haber-Bosch-Verfahren hergestellten Stickstoffverbindungen aus Ammoniak weichen musste, kam abermals eine schwierige Periode für die Karbidindustrie, bis die Azetylen-Chemie eine neue Grundlage schuf. Daran beteiligte sich jedoch die norwegische Industrie nur als Rohstofflieferant und auch als solcher mit einem sehr wesentlichen und fühlbaren Handicap, weil die Verpackungs- und Frachtkosten bei Lieferung an die Verbraucher höher zu stehen kommen als 4 Öre je kWh der zur Herstellung notwendigen Energie. Jetzt ist auch die Azetylen-Chemie im Begriff, auf petrochemische Basis überzugehen, so dass die Aussichten für die Karbidindustrie als weniger gut bezeichnet werden müssen, obschon der Absatz im Augenblick ein guter ist. Heute weist Norwegen nur vier Produzenten von Kalziumkarbid auf, und zwar:

A/S Hafslund, Sarpsborg. Die Karbidfabrik dieser Gesellschaft kam bereits im Jahre 1899 in Gang. Die Leistung erreichte allmählich die Höhe von 30–35 000 Jahrestonnen, mit zwei Schmelzöfen von je etwa 6000 kW, aber in den letzten Jahren hat die Produktion etwa 12 000 Jahrestonnen nicht überschritten.

A/S Odda Smelteverk. Dieses Werk kam im Jahre 1909 in Betrieb und galt eine Zeitlang als eines der grössten Karbid- und Zyanamidwerke der Welt. Im Jahre 1922 mussten die damaligen Besitzer das Werk stillegen, und erst im Jahre 1924 konnte die neue Gesellschaft, A/S Odda Smelteverk, die Produktion wieder aufnehmen. A/S Odda Smelteverk ist in den Händen der englischen Firma British Oxygen Co. Nach dem Zweiten Weltkrieg hat man in Odda auch eine Produktion von Dizyandiamid, ein Zwischenprodukt von Melamin, aufgebaut (Bild 11).

Die beiden anderen norwegischen Produzenten sind: A/S Meraker Smelteverk, mit einer nur ganz bescheidenen Produktion, und Norsk Hydro, über welchen Konzern schon berichtet wurde.

1.2.6 FERROLEGIERUNGEN

Die unter dieser Bezeichnung hergestellten Legierungen werden sehr vorteilhaft in elektrischen Lichtbogenöfen erzeugt. Die norwegischen Werke produzieren gewöhnlicherweise Ferromangan, Silikomangan, Ferrosilizium verschiedener Grade und Ferrochrom. Diese Legierungen sind Träger von Legierungselementen, die bei der Herstellung von Stahl und Eisen benötigt werden. Einzelne dieser Elemente werden auf Grund der spezifischen Eigenschaften, die sie dem Stahl verleihen, zugesetzt, andere wiederum, weil sie Verunreinigungen im Stahl günstig beeinflussen, und andere wirken als Flussmittel gegen unerwünschte Verunreinigungen.

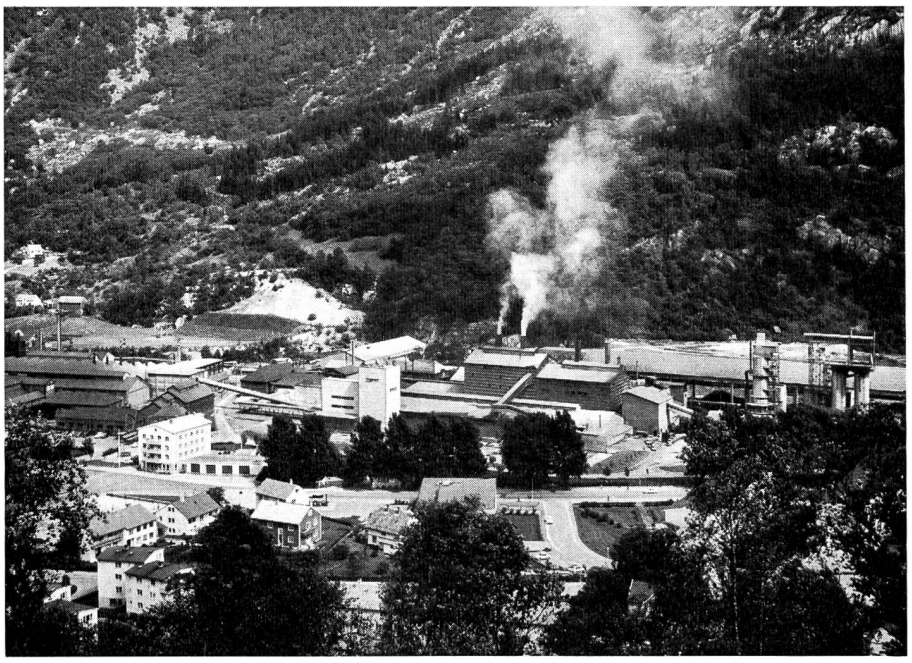
Der Start der norwegischen Ferrolegierungsindustrie erfolgte vor etwas über 50 Jahren. Diese Industrie hat sich allmählich zu einem bedeutenden Faktor im norwegischen Wirtschaftsleben entwickelt, obschon nur ein unbedeutender Teil ihrer Produktion im eigenen Lande Absatz findet. Der Grossteil der Legierungen findet Absatz bei der Stahlindustrie des Kontinentes und in England. Ganz besonders in der Nachkriegszeit war eine sehr starke Entwicklung festzustellen (siehe Bild 5), aber es gab auch Perioden mit bedeutenden Rückschlägen. In den letzten zwei Jahren konnten sich die meisten der Werke einer guten Ausnutzung ihrer Kapazität erfreuen, aber die Preise sind ständig einem harten Druck ausgesetzt.

Die Anzahl der norwegischen Ferrolegierungswerke ist so gross und es gibt so viele Produzenten, dass es zu weit führen würde, auf jeden einzelnen einzugehen. Es wird diesbezüglich auf Bild 6 hingewiesen.

Die meisten der Werke sind verhältnismässig alt. Die ältesten begannen als Karbidwerke und entschlossen sich später – wie schon vorstehend erwähnt – am Rennen sozusagen «mit mehreren Pferden» teilzunehmen oder ganz die Produktion zu wechseln. Es hat aber in den letzten Jahren auch Neugründungen gegeben, besonders im nördlichen Norwegen.

Einen bedeutenden Teil ihres Rohstoffbedarfes sowie Quarz kann die Ferrosiliziumindustrie aus guten einheimischen Quellen decken, während Mangan und Chromerz aus überseeischen Gebieten eingeführt werden müssen. Ebenfalls müssen Reduktionsmittel wie Koks, Anthrazit und

Bild 11
Odda Smelteverk.
Ein altes Werk
in neuzeitlicher Gestalt.



Kohle zum Grossteil eingeführt werden; in diesem Falle kommen aber die verhältnismässig billigen Schiffsfrachten zugute, wobei die Rohstoffe sozusagen direkt ins Schmelzwerk geliefert werden. Ist die Kraftzentrale des Werkes dann auch noch Wand an Wand vorhanden, dann darf auch die zukünftige Stellung als stark bezeichnet werden.

1.2.7 EISEN UND STAHL

Für das Frischen von Qualitätsstahl hat man allgemein Elektrostahlöfen verwendet. Dort aber, wo billige elektrische Kraft zur Verfügung steht, kann auch Roheisen in elektrischen Schmelzöfen hergestellt werden. In den zwanziger Jahren entwickelten die beiden norwegischen Ingenieure Tysland und Hole eine effektive Produktionseinheit von 6000 kW bei der Firma Christiania Spigerverk, Oslo. Während in einem üblichen Masofen ein bedeutender Teil des zugeführten Kokses mittels einlaufender vorerwärmter Luft verbrannt werden muss, um Reaktionswärme zu schaffen, braucht man einem Elektroofen nicht mehr Koks zuzuführen als für den Reduktionsvorgang benötigt wird. Es entfallen ebenfalls die Luftvorwärmung und die grossen Gasprobleme. Man erhält nur eine gewisse Menge besonders reicher Abgase aus dem geschlossenen Elektroofen. Nach dem Zweiten Weltkrieg sind eine ganze Reihe solcher Elektroöfen rundum in der Welt gebaut worden. Von besonderem Interesse in dieser Verbindung ist das staatliche Unternehmen:

A/S Norsk Jernverk, Mo i Rana, das in den Jahren 1950 bis 1955 aufgebaut wurde und wo die Produktion vollständig auf Elektroroheisen basiert. Die ersten vier Oefen brauchten 24 MW und produzierten etwa 250 Tonnen täglich. In der letzten Zeit wurden zwei Oefen mit 35 MW aufgestellt, die auch einen wesentlich geringeren spezifischen Kraftverbrauch aufweisen, so dass die Produktion eines jeden dieser beiden Oefen 500 Tonnen täglich beträgt. Obschon dies im Vergleich zu den grossen neuzeitlichen Masöfen mit Tagesleistungen von mehreren tausend Tonnen als bescheiden angesehen werden muss, sind die Oefen des Norsk Jernverk trotzdem, wenn man allem Rechnung trägt, wirtschaftliche Einheiten. Bei A/S Norsk Jernverk sind ferner drei Elektrostahlöfen für Schrottschmelzen aufgestellt, davon ein Ofen mit 80 Tonnen Kapazität, und seit dem Jahre 1962 wird auch das L.D.-Verfahren mit Sauerstoff-Frischen in zwei Konvertern von je 40 Tonnen angewandt. Es ist schliesslich auch erwähnenswert, dass dieses Werk elektrische Tieföfen für das Anwärmen der Stahlblöcke verwendet. Der gesamte Kraftverbrauch des Werkes beträgt heute annähernd 1,4 TWh. Die Produktion belief sich im vergangenen Jahr (1965) auf etwa 600 000 Tonnen Eisen und Stahlprodukte, und die Zahl der Belegschaft erreichte ungefähr 3000. Diese Zahl umfasst auch die Belegschaft der «Rana Gruber», der werkseigenen Eisenerzgruben des Unternehmens. Diese Gruben produzieren jährlich 500 000 Tonnen Schlich. Vor kurzer Zeit hat dieses Unternehmen auch das neulich in Betrieb gekommene Norsk Koksverk übernommen, das jährlich 250 000 Tonnen Koks und 50 000 Tonnen flüssiges Ammoniak produzieren soll (Bild 12).

1.2.8 ANDERE INDUSTRIEN,

basiert auf billiger Wasserkraft und allmählich bedeutenden Umfanges, sind in Norwegen folgende:

Herstellung von Silizium-Karbid. Bis vor wenigen Jahren gab es in Norwegen nur einen Produzenten von Silizium-Karbid, nämlich A/S Arendal Smelteverk. Dafür hat aber dieses Unternehmen seit mehr als 50 Jahren Silizium-Karbid in verschiedenen Qualitäten unter dem Warenzeichen «Sika» hergestellt. Die Produktion hat allmählich etwa 25 000 Jahrestonnen erreicht, die über den ganzen Erdball exportiert werden.

In der letzten Zeit hat sich auch die Firma Orkla Exolon A/S & Co. als ziemlich bedeutender Produzent hinzugereiht. Dieses Werk wurde teilweise zur Ablösung der Orkla Metal-Aktieselskap gegründet, die Schwefel und Kupfermatte nach einem elektrothermischen Verfahren (das Orkla-Verfahren) hergestellt hat, jedoch vor einigen Jahren infolge der sinkenden Schwefelpreise die Produktion einstellen musste. In der allerletzten Zeit hat auch die Firma Norton A/S in einem neuen Werk in Lillesand die Produktion aufgenommen, und man spricht von einem weiteren Werk, das deutsche Interessenten am Drontheimsfjord errichten wollen.

Die elektrolytische Metallgewinnung vertreten zwei sehr bedeutende Produzenten, nämlich Fal-

in Odda bzw. Eydehavn (siehe Bild 6) besitzen eine Gesamtleistung von annähernd 30 000 Jahrestonnen und beschäftigen 1000 Personen.

Mosjöen Aluminium A/S (MOSAL) ist Eigentum der beiden Firmen Elektrokemisk A/S und Alcoa. Die Kapazität dieses Aluminiumwerkes beträgt 55 000 Jahrestonnen und ein weiterer Ausbau ist geplant.

Von besonderem Interesse für schweizerische Leser ist die Tatsache, dass die Aluminium-Industrie Aktiengesellschaft (AIAG) im November 1965 die Inbetriebsetzung einer neuen Aluminiumhütte in Husnes am Hardangerfjord im westlichen Norwegen begonnen hat (siehe Bilder 6 und 10). Eigentümer und Betriebsherr dieses Werkes ist die Sör-Norge Aluminium A/S (SÖRAL), gegründet von der AIAG und einer norwegischen Minderheitsgruppe. Die Leistung des Werkes beträgt in der ersten Baustufe etwa 60 000 Jahrestonnen, eine Leistung, die schon im laufenden Jahr erreicht werden wird.

Das älteste norwegische Aluminiumwerk, A/S Vigeland Brug, in der Nähe von Kristiansand im südlichen Norwegen gelegen, das bereits im Jahre 1907 zu produzieren begann, existiert noch, stellt aber jetzt kein handelsübliches Rohaluminium her sondern eine Spezialqualität mit einer Reinheit von 99,99 % Al nach dem sogenannten 3-Schichten-Verfahren. Die Produktion beträgt jedoch nur knappe 3000 Jahrestonnen, weil für eine solche Spezialqualität nur ein verhältnismässig bescheidener Markt vorhanden ist.

1.2.5 KALZIUMKARBID

Die erste geglückte Herstellung von Kalziumkarbid erfolgte im Jahre 1892 durch Verschmelzung von kohlenstoffhaltigem Material und Kalk in einem elektrischen Ofen. Die Schmelze, die eine Temperatur von etwa 2000 °C aufwies, wurde in Pfannen abgezapft, in denen man sie erstarren liess, ehe sie zerkleinert, gesiebt und verpackt wurde. Diese Herstellungsweise hat sich in Wirklichkeit seit dieser Zeit ziemlich unverändert gehalten, nur wurden die Einheiten allmählich grösser, von anfänglich einigen hundert kW bis zu den heutigen 30–40 MW.

Bereits vor der Jahrhundertwende kam die Produktion in Norwegen in Gang und erreichte im Jahre 1910 etwa 50 000 Jahrestonnen, die damals etwa 20 % der Weltproduktion darstellten. Die Leistung erhöhte sich im Laufe der nächsten zehn Jahre auf etwa 150 000 Jahrestonnen in Werken mit einem verhältnismässig hohen technischen Standard. In der nachfolgenden Zeit brach jedoch der Markt zusammen, was zur Folge hatte, dass eine Reihe von kleineren Produzenten die Herstellung einstellen mussten, während andere Unternehmen zur Produktion von Ferrolegierungen übergingen. Anfänglich wurde Kalziumkarbid ausschliesslich zur Herstellung von Azetylen verwendet, beispielsweise für Beleuchtungszwecke. Später übernahm man das Zyanamid, und als dieses Produkt den nach dem Haber-Bosch-Verfahren hergestellten Stickstoffverbindungen aus Ammoniak weichen musste, kam abermals eine schwierige Periode für die Karbidindustrie, bis die Azetylen-Chemie eine neue Grundlage schuf. Daran beteiligte sich jedoch die norwegische Industrie nur als Rohstofflieferant und auch als solcher mit einem sehr wesentlichen und fühlbaren Handicap, weil die Verpackungs- und Frachtkosten bei Lieferung an die Verbraucher höher zu stehen kommen als 4 Öre je kWh der zur Herstellung notwendigen Energie. Jetzt ist auch die Azetylen-Chemie im Begriff, auf petrochemische Basis überzugehen, so dass die Aussichten für die Karbidindustrie als weniger gut bezeichnet werden müssen, obschon der Absatz im Augenblick ein guter ist. Heute weist Norwegen nur vier Produzenten von Kalziumkarbid auf, und zwar:

A/S Hafslund, Sarpsborg. Die Karbidfabrik dieser Gesellschaft kam bereits im Jahre 1899 in Gang. Die Leistung erreichte allmählich die Höhe von 30–35 000 Jahrestonnen, mit zwei Schmelzöfen von je etwa 6000 kW, aber in den letzten Jahren hat die Produktion etwa 12 000 Jahrestonnen nicht überschritten.

A/S Odda Smelteverk. Dieses Werk kam im Jahre 1909 in Betrieb und galt eine Zeitlang als eines der grössten Karbid- und Zyanamidwerke der Welt. Im Jahre 1922 mussten die damaligen Besitzer das Werk stillegen, und erst im Jahre 1924 konnte die neue Gesellschaft, A/S Odda Smelteverk, die Produktion wieder aufnehmen. A/S Odda Smelteverk ist in den Händen der englischen Firma British Oxygen Co. Nach dem Zweiten Weltkrieg hat man in Odda auch eine Produktion von Dizyandiamid, ein Zwischenprodukt von Melamin, aufgebaut (Bild 11).

Die beiden anderen norwegischen Produzenten sind: A/S Meraker Smelteverk, mit einer nur ganz bescheidenen Produktion, und Norsk Hydro, über welchen Konzern schon berichtet wurde.

1.2.6 FERROLEGIERUNGEN

Die unter dieser Bezeichnung hergestellten Legierungen werden sehr vorteilhaft in elektrischen Lichtbogenöfen erzeugt. Die norwegischen Werke produzieren gewöhnlicherweise Ferromangan, Silikomangan, Ferrosilizium verschiedener Grade und Ferrochrom. Diese Legierungen sind Träger von Legierungselementen, die bei der Herstellung von Stahl und Eisen benötigt werden. Einzelne dieser Elemente werden auf Grund der spezifischen Eigenschaften, die sie dem Stahl verleihen, zugesetzt, andere wiederum, weil sie Verunreinigungen im Stahl günstig beeinflussen, und andere wirken als Flussmittel gegen unerwünschte Verunreinigungen.

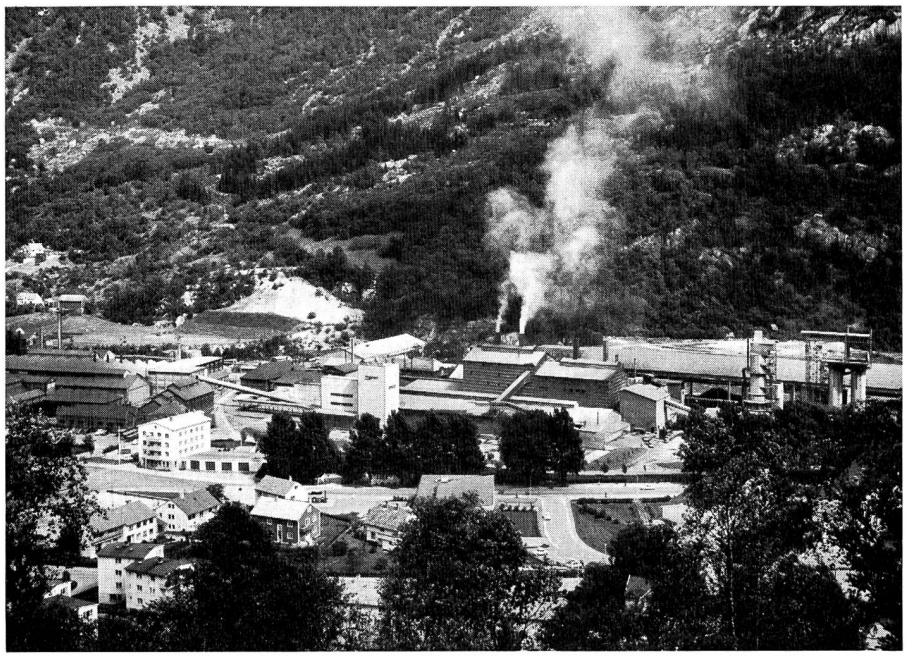
Der Start der norwegischen Ferrolegierungsindustrie erfolgte vor etwas über 50 Jahren. Diese Industrie hat sich allmählich zu einem bedeutenden Faktor im norwegischen Wirtschaftsleben entwickelt, obschon nur ein unbedeutender Teil ihrer Produktion im eigenen Lande Absatz findet. Der Grossteil der Legierungen findet Absatz bei der Stahlindustrie des Kontinentes und in England. Ganz besonders in der Nachkriegszeit war eine sehr starke Entwicklung festzustellen (siehe Bild 5), aber es gab auch Perioden mit bedeutenden Rückschlägen. In den letzten zwei Jahren konnten sich die meisten der Werke einer guten Ausnutzung ihrer Kapazität erfreuen, aber die Preise sind ständig einem harten Druck ausgesetzt.

Die Anzahl der norwegischen Ferrolegierungswerke ist so gross und es gibt so viele Produzenten, dass es zu weit führen würde, auf jeden einzelnen einzugehen. Es wird diesbezüglich auf Bild 6 hingewiesen.

Die meisten der Werke sind verhältnismässig alt. Die ältesten begannen als Karbidwerke und entschlossen sich später – wie schon vorstehend erwähnt – am Rennen sozusagen «mit mehreren Pferden» teilzunehmen oder ganz die Produktion zu wechseln. Es hat aber in den letzten Jahren auch Neugründungen gegeben, besonders im nördlichen Norwegen.

Einen bedeutenden Teil ihres Rohstoffbedarfes sowie Quarz kann die Ferrosiliziumindustrie aus guten einheimischen Quellen decken, während Mangan und Chromerz aus überseeischen Gebieten eingeführt werden müssen. Ebenfalls müssen Reduktionsmittel wie Koks, Anthrazit und

Bild 11
Odda Smelteverk.
Ein altes Werk
in neuzeitlicher Gestalt.



Kohle zum Grossteil eingeführt werden; in diesem Falle kommen aber die verhältnismässig billigen Schiffsfrachten zugute, wobei die Rohstoffe sozusagen direkt ins Schmelzwerk geliefert werden. Ist die Kraftzentrale des Werkes dann auch noch Wand an Wand vorhanden, dann darf auch die zukünftige Stellung als stark bezeichnet werden.

1.2.7 EISEN UND STAHL

Für das Frischen von Qualitätsstahl hat man allgemein Elektrostahlöfen verwendet. Dort aber, wo billige elektrische Kraft zur Verfügung steht, kann auch Roheisen in elektrischen Schmelzöfen hergestellt werden. In den zwanziger Jahren entwickelten die beiden norwegischen Ingenieure Tysland und Hole eine effektive Produktionseinheit von 6000 kW bei der Firma Christiania Spigerverk, Oslo. Während in einem üblichen Masofen ein bedeutender Teil des zugeführten Kokses mittels einlaufender vorerwärmter Luft verbrannt werden muss, um Reaktionswärme zu schaffen, braucht man einem Elektroofen nicht mehr Koks zuzuführen als für den Reduktionsvorgang benötigt wird. Es entfallen ebenfalls die Luftvorwärmung und die grossen Gasprobleme. Man erhält nur eine gewisse Menge besonders reicher Abgase aus dem geschlossenen Elektroofen. Nach dem Zweiten Weltkrieg sind eine ganze Reihe solcher Elektroöfen rundum in der Welt gebaut worden. Von besonderem Interesse in dieser Verbindung ist das staatliche Unternehmen:

A/S Norsk Jernverk, Mo i Rana, das in den Jahren 1950 bis 1955 aufgebaut wurde und wo die Produktion vollständig auf Elektroroheisen basiert. Die ersten vier Oefen brauchten 24 MW und produzierten etwa 250 Tonnen täglich. In der letzten Zeit wurden zwei Oefen mit 35 MW aufgestellt, die auch einen wesentlich geringeren spezifischen Kraftverbrauch aufweisen, so dass die Produktion eines jeden dieser beiden Oefen 500 Tonnen täglich beträgt. Obschon dies im Vergleich zu den grossen neuzeitlichen Masöfen mit Tagesleistungen von mehreren tausend Tonnen als bescheiden angesehen werden muss, sind die Oefen des Norsk Jernverk trotzdem, wenn man allem Rechnung trägt, wirtschaftliche Einheiten. Bei A/S Norsk Jernverk sind ferner drei Elektrostahlöfen für Schrottschmelzen aufgestellt, davon ein Ofen mit 80 Tonnen Kapazität, und seit dem Jahre 1962 wird auch das L.D.-Verfahren mit Sauerstoff-Frischen in zwei Konvertern von je 40 Tonnen angewandt. Es ist schliesslich auch erwähnenswert, dass dieses Werk elektrische Tieföfen für das Anwärmen der Stahlblöcke verwendet. Der gesamte Kraftverbrauch des Werkes beträgt heute annähernd 1,4 TWh. Die Produktion belief sich im vergangenen Jahr (1965) auf etwa 600 000 Tonnen Eisen und Stahlprodukte, und die Zahl der Belegschaft erreichte ungefähr 3000. Diese Zahl umfasst auch die Belegschaft der «Rana Gruber», der werkseigenen Eisenerzgruben des Unternehmens. Diese Gruben produzieren jährlich 500 000 Tonnen Schlich. Vor kurzer Zeit hat dieses Unternehmen auch das neulich in Betrieb gekommene Norsk Koksverk übernommen, das jährlich 250 000 Tonnen Koks und 50 000 Tonnen flüssiges Ammoniak produzieren soll (Bild 12).

1.2.8 ANDERE INDUSTRIEN,

basiert auf billiger Wasserkraft und allmählich bedeutenden Umfanges, sind in Norwegen folgende:

Herstellung von Silizium-Karbid. Bis vor wenigen Jahren gab es in Norwegen nur einen Produzenten von Silizium-Karbid, nämlich A/S Arendal Smelteverk. Dafür hat aber dieses Unternehmen seit mehr als 50 Jahren Silizium-Karbid in verschiedenen Qualitäten unter dem Warenzeichen «Sika» hergestellt. Die Produktion hat allmählich etwa 25 000 Jahrestonnen erreicht, die über den ganzen Erdball exportiert werden.

In der letzten Zeit hat sich auch die Firma Orkla Exolon A/S & Co. als ziemlich bedeutender Produzent hinzugereiht. Dieses Werk wurde teilweise zur Ablösung der Orkla Metal-Aktieselskap gegründet, die Schwefel und Kupfermatte nach einem elektrothermischen Verfahren (das Orkla-Verfahren) hergestellt hat, jedoch vor einigen Jahren infolge der sinkenden Schwefelpreise die Produktion einstellen musste. In der allerletzten Zeit hat auch die Firma Norton A/S in einem neuen Werk in Lillesand die Produktion aufgenommen, und man spricht von einem weiteren Werk, das deutsche Interessenten am Drontheimsfjord errichten wollen.

Die elektrolytische Metallgewinnung vertreten zwei sehr bedeutende Produzenten, nämlich Fal-

conbridge Nikkelverk A/S, das Nickel und Kupfer auf Basis kanadischer Matte herstellt. Die Produktion beträgt gegenwärtig ungefähr 30 000 Jahrestonnen Nickel und wird im Laufe der nächsten Jahre um 40 % ansteigen. Die Herstellung erfolgt nach dem Raffinierungsverfahren von Hybinette, aber ein Teil der Produktionsausweitung wird auf ein von dem Unternehmen selbst entwickeltes Verfahren basiert werden.

Det Norske Zinkkompani A/S produzierte im letzten Jahr in ihrem Werk in Odda etwas über 50 000 Jahrestonnen Zink. Als Rohstoff werden eingeführte Zink-Konzentrate verwendet, deren Schwefelgehalt zur Herstellung von Schwefelsäure benutzt wird, die wiederum bei der Produktion von Phosphatdünger Verwendung findet. Wenn sich der Zugang an elektrischer Kraft bessert, wird die Produktion erhöht werden. Eine neue Schwefelsäurefabrik befindet sich im Anlauf.

Die Herstellung von Chlor und Lauge wurde bereits im Zusammenhang mit dem Konzern Norsk Hydro erwähnt. Ein zweiter bedeutender Produzent von Chlor und Lauge ist A/S Borregaard, die etwa 30 000 Jahrestonnen Chlor herstellt und die gesamte entsprechende Laugenmenge für ihre Zellwoll- und Vanilinproduktion verwendet.

1.2.9 TECHNISCHE NEUSCHÖPFUNGEN

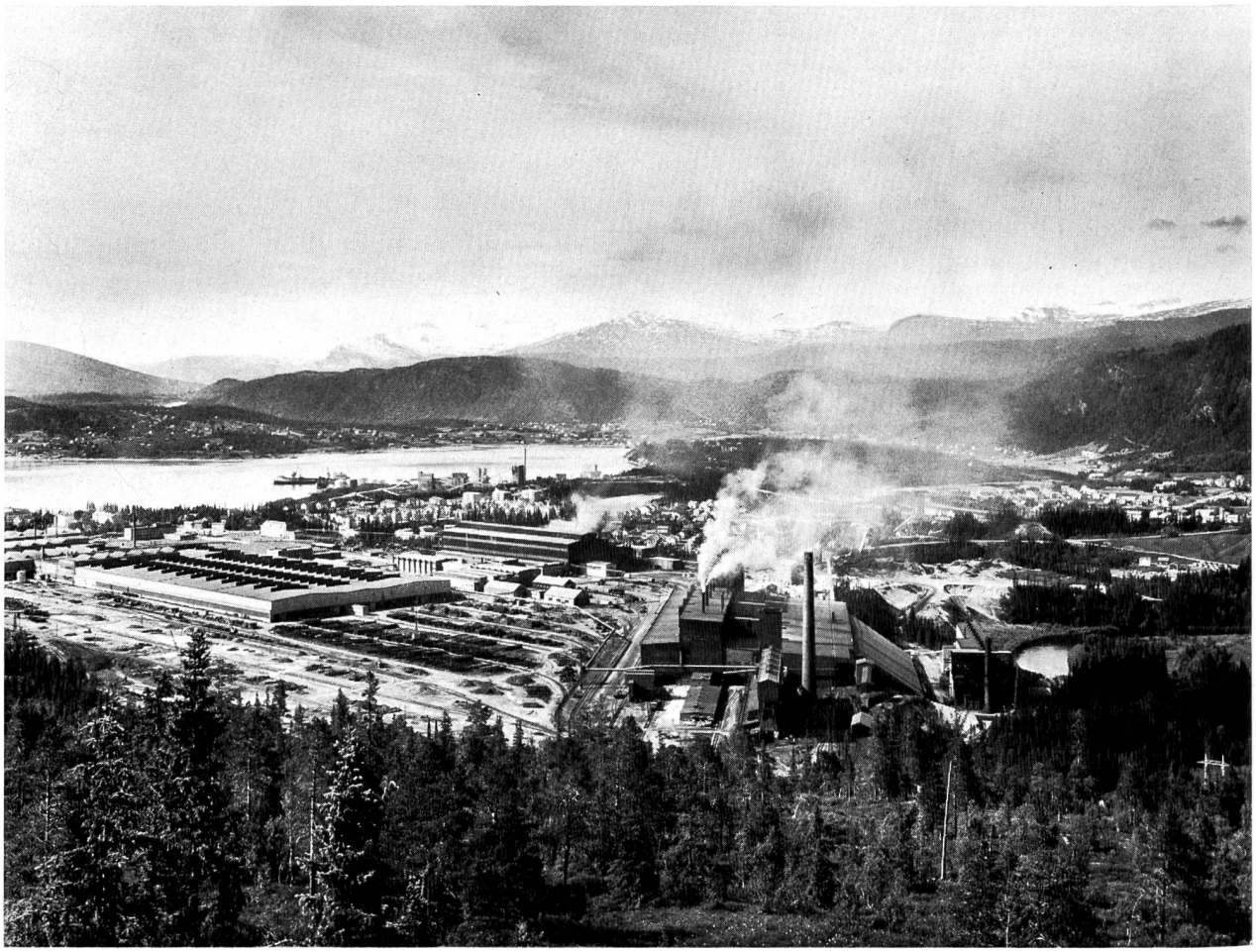
Wie die obigen Ausführungen zeigen, hat die elektrochemische und elektrometallurgische Industrie Norwegens einen bedeutenden Umfang und reiche Traditionen. Dadurch war auch der Nährboden für technische Neuschöpfungen gegeben. Es wurden bereits das elektrische Schmelzen von Roheisen in den Tysland-Hole-Oefen erwähnt und ebenfalls Prof. Harald Pedersens Aluminiumoxyd-Verfahren, ferner das Orkla-Verfahren und Hybinettes Nickelprozess usw. Auch bei der Herstellung von Magnesium aus Meerwasser, bei der elektrolytischen Zinkgewinnung, im Rahmen der Ferrolegierungsindustrie und darüber hinaus sind beträchtliche Entwicklungsarbeiten und eine Vervollkommnung der bestehenden Verfahren durchgeführt worden.

Die Söderberg-Elektrode ist eine kontinuierlich selbstverbrennende Elektrode, die von der Firma Elektrokemisk A/S (Elkem) entwickelt und verwertet worden ist. Diese Firma hat im Verlaufe der Jahre eine sehr ausgedehnte Beratertätigkeit ausgeübt und sich in allen Teilen der Welt als Erbauer elektrothermischer Oefen für alle Zwecke eine hervorragende Position geschaffen.

1.2.10 ZUKUNFTSAUSSICHTEN

Die Zukunftsaussichten für die krafterfordernde Industrie Norwegens sind bereits verschiedentlich erwähnt worden. Norwegen verfügt nur über einen sehr beschränkten einheimischen Markt für die hergestellten Produkte, so dass der Hauptteil der Produktion auf den Exportmärkten Absatz finden muss. Die Transportnachteile, die sich hieraus ergeben, sind in Wirklichkeit sehr gering. Wie schon erwähnt, verfügen die meisten Werke über leichten Zugang zu eisfreien Häfen, wo die Rohstoffe in grossen Ozeanfrachtern zugeführt und die Fertigprodukte auf dem gleichen Kiel wieder ausgeführt werden können. Der Seetransport kraft-

Bild 12 Die Anlagen des «Norsk Jernverk» in Mo. Im Vordergrund das Roheisenwerk. Links das Stahlwerk und das Walzwerk. Im Hintergrund am Fjord Norsk Koksverk.



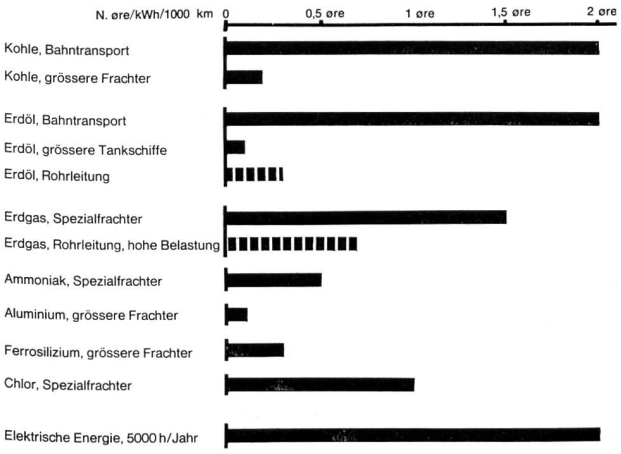


Bild 13 Transportkosten von Energie in verschiedenen Formen.

erfordernder Erzeugnisse ist in Wirklichkeit eine billige Art des Krafttransportes, und diese Tatsache wird in Bild 13 näher veranschaulicht.

Bedeutend grössere und schwerer wiegende Bedenken verursachen die handelspolitischen Einschränkungen. Durch die Zollschranken, denen Norwegen im kontinentalen Europa begegnet, wird unser Kraftvorteil aufgewogen, und wir müssen deshalb unsere Hoffnung in eine stärkere europäische Integration auf dem Gebiete des Handels setzen. Obschon der Europa-Gedanke in den letzten Jahren mancherlei Rückschläge erlitten hat, lässt er sich keineswegs zerstören, und gerade jetzt scheint dieser Gedanke wieder neu aufzuleben. Ein freierer Warenaustausch zwischen den Ländern Europas würde auf die Dauer allen zugute kommen, indem solchenfalls die Waren eben dort hergestellt werden würden, wo sich die Verhältnisse für ihre Produktion am günstigsten stellen.

LITERATURHINWEISE:

1. Industries of Norway, Dreyers Forlag, Oslo 52
2. The Metallurgical Industries of Norway, Oslo 61
3. Investors' Guide to Norway, Oslo 65
4. Rolf Østbye: Norsk Hydro i morgen. Teknisk Ukeblad, Oslo, 1133–1144
5. I. Brunborg: Den kraftkrevende industris fremtidsutsikter. Tiskrift for kjemi, bergvesen og metallurgi. Bd 25 (1965) 165–174.

1.3 Studienreise durch Südnorwegen

DK 061.32 (481)

vom 29. Juni bis 10. Juli 1963

Tagebuchnotizen von G. A. Töndury, dipl. Ing. ETH, Baden

Im Sommer 1959 führte der Schweizerische Wasserwirtschaftsverband (SWV) eine grossartige dreiwöchige Studienreise in Skandinavien durch, wobei vor allem technische Anlagen, insbesondere Wasserkraftanlagen, in Schweden und Finnland besucht wurden; zudem machten wir einen dreitägigen touristischen Ausflug nach Nord-Norwegen, umfassend eine Bahnfahrt vom Torneträsksee nach Narvik mit anschliessender Schiffahrt zur Inselgruppe der Lofoten, um, diese im Norden umfahrend, bis Harstad zu gelangen und von da an im Car nach Narvik zurückzukehren[1]. Dabei wurden in Norwegen an technischen Bauten lediglich die modernsten Umschlaganlagen im Erzhafen von Narvik besucht, jedoch keine Wasserkraftanlagen, die für die norwegische Wirtschaft von entscheidender Bedeutung sind; darüber orientieren die beiden vorgängigen Berichte.

Als Dank für die uns in Schweden und Finnland in ausserordentlichem Masse gewährte Gastfreundschaft, lud der SWV seine Freunde und Berufskollegen aus Schweden und Finnland zu einer einwöchigen Studienreise in die Schweiz ein, die vom 14. bis 20. Juni 1961 stattfand. Dazu wurden auf besonderen Wunsch des damaligen Präsidenten des Schwedischen Wasserkraftvereins, Direktor Erik Blomqvist,

[1] siehe WEW 1959 S. 345/392

Bild 1
Im Anflug über der norwegischen Hauptstadt Oslo am Oslofjord.

Bild 2 Im Hafen der norwegischen Stadt Bergen.

auch zwei Ehepaare aus Norwegen eingeladen, die gerne diese Reise in der Schweiz mitzumachen wünschten, um typische schweizerische Kraftwerkanlagen kennen zu lernen. Es handelte sich um die von ihren Gemahlinnen begleiteten Ing. Rolv Heggenhougen, Direktor der Norsk Hydro, der grössten Industriegesellschaft Norwegens, und Ing. C. B. Blydt, Direktor der Samkøringen Forening Av Elektrisitetswerker, einer Vereinigung für Süd- und Mittelnorwegen, ähnlich unserem VSE, die aber auch Energieaustausch zwischen den Gesellschaften vornimmt, der über die vertraglich geregelte Normalproduktion hinausgeht.

Bereits im Sommer 1962 erhielten wir von unseren Kollegen Heggenhougen und Blydt eine Einladung für einen einwöchigen Besuch Südnorwegens, wobei diese Einladung an die Ehepaare Obrecht, Lardelli und Töndury gerichtet war. Nach längerem Korrespondenzwechsel wurde die Studienreise durch Südnorwegen definitiv auf die Zeit vom 2. bis 9. Juli 1963 festgelegt; der damalige SWV-Präsident Ständerat Dr. K. Obrecht und Gemahlin mussten kurz vor Reiseantritt ihre Teilnahme absagen.

Da die von den Herren Blydt und Heggenhougen festgelegte Reiseroute durch Südnorwegen in Anbetracht der zu besuchenden bedeutenden Wasserkraftanlagen und grossen Industrien mehr durch das Landesinnere führte und wir doch auch die für Norwegen so typische, wildzerrissene Westküste und einige bekannte Fjorde zu sehen wünschten, ergänzten der Berichterstatter und seine Frau die Studienreise durch eine mehrtägige, vorgängige Fahrt. Die gesamte Reiseroute ist aus Bild 29 des Abschnitts 3, Seite 133 dieses Heftes ersichtlich.

Am Samstag, 29. Juni ist das Wetter bei 22 °C bedeckt bis leicht bewölkt. Den Flughafen Zürich-Kloten verlassen wir um 12.42 Uhr mit 15 Minuten Verspätung und erreichen nach einer Flugdauer von 1 Stunde 25 Minuten um 14.07 Uhr den 1020 km entfernten Flughafen von Kopenhagen. Bei der Abfahrt in Zürich ist es leicht bewölkt und warm; der Flug, der äusserst ruhig verläuft, führt direkt über Stuttgart, wobei man die Hauptstadt Württembergs mit ihren Hafenanlagen am Neckar ausgezeichnet unter sich ausgebreitet sieht. Um 13.47 Uhr erreichen wir das Meer, und über Friesland und Schleswig-Hohlstein herrscht noch schönstes Wetter, während über Dänemark und über der dänischen Hauptstadt eine mehrere 1000 m dicke Wolken- und Nebelschicht liegt. In Kopenhagen fällt leichter Regen, und es ist kühl. Nach einem Aufenthalt von 1 Stunde 40 Minuten verlassen wir um 15.47 Uhr wieder den Flughafen mit einem Flugzeug DC 7c, einer grossen, alten, bequemen aber lärmigen Maschine. Schon bald nach dem Abflug in Kopenhagen haben wir wieder schönstes Wetter, und leider

Bild 3
Altes Hansaviertel
im idyllischen Hafen
von Bergen.

macht man die Passagiere darauf aufmerksam, dass das Filmen verboten sei, was besonders schade ist, da wir vor dem Landen eine tiefe Schleife über der schön beleuchteten Stadt O s l o machen (Bild 1). Der Flug nach Oslo führt durchwegs der Westküste Süd-Schwedens und dann dem langen Oslo-Fjord entlang und dauert für die 500 km lange Strecke 1 Stunde 06 Minuten; wir erreichen die norwegische Hauptstadt um 16.53 Uhr MEZ, und müssen die Uhren um eine Stunde vorverlegen auf 17.53 Uhr OEZ. Der Flugplatz liegt in waldigfelsigem Gelände westlich von Oslo, ein primitiver unübersichtlicher Flughafen mit provisorischen Holzbauten; es ist sonnig und sehr schwül bei 28 °C.

Mit der gleichen DC 7c der SAS verlassen wir um 18.38 Uhr Oslo und fliegen in westlicher Richtung nach der 300 km entfernten Küstenstadt Bergen, die wir nach einer Flugdauer von 42 Minuten um 19.20 Uhr erreichen. Für die Totalstrecke von rund 1800 km benötigten wir somit 3 Stunden 13 Minuten. Schon bald nach dem Abflug in Oslo – wir überfliegen dauernd stark kupiertes waldiges Gelände mit vielen Seen – gelangen wir in Wolken und können leider beim Ueberqueren der höheren Gebirgsketten, insbesondere des 1650 m hohen Folgefonn zwischen Sörefjord und Hardangerfjord, nur hie und da einen kurzen Blick aus Wolkenlöchern auf die noch schneebedeckte Landschaft werfen. In B e r g e n – der Flugplatz liegt ziemlich weit südlich der Stadt – sind wir wieder unter einer düsteren Wolkenschicht, und auch hier regnet es leicht. Schon recht bald müssen wir feststellen, dass drei unserer vier Koffer nicht angelangt sind, wie übrigens auch etliches Gepäck anderer Flugpassagiere! Nach langandauernden telephonischen Gesprächen mit Oslo wird festgestellt, dass das fehlende Gepäck im dortigen Flughafen liegt und zum Glück noch gleichentags mit einem späteren Kurs nach Bergen geleitet werden kann.

Seit mehr als zwei Wochen dauert in Norwegen ein Streik der Autobus-Chauffeure, so dass wir erst nach langer Wartezeit ein Taxi erhalten, um für teures Geld (28 NK) das beim Bahnhof gelegene Grand Hotel Terminus zu erreichen. Es geht bereits gegen 21 Uhr, als wir zum Nachtessen in den Speisesaal treten – in einen muffigen, altmodischen Saal mit plüschbepolsterten Möbeln – und sind überrascht bei Harmoniummusik zu essen! Nach dem Nachtessen bummeln wir zum nahegelegenen Hafen und erleben eine eigenartige Stimmung; bei leichtem Regen und tiefhängenden Wolken scheint nach 22 Uhr noch die Sonne durch eine Wolkenlücke in den Hafen hinein. Müde von den reichen Erlebnissen des ersten Tages begeben wir uns zur Ruhe, erhalten aber erst um Mitternacht das fehlende Gepäck.

Während der ganzen Nacht regnet es – eine für Bergen typische Witterung –, und am Sonntagmorgen, 30. Juni, herrscht bei bedecktem Himmel und 20 °C schwüles und für die nördliche Lage sehr mildes Wetter.

Am Vormittag machen wir einen mehrstündigen Gang durch die Stadt, vorbei an der schönen gotischen Domkirche, die man wegen Restauration zur Zeit leider nicht betreten kann, zum Hafen mit den alten Hansabauten am Nordufer (Bilder 2, 3) und zum modernen Stadtteil am Südufer; dann besuchen wir die sehr schöne, alte, zweitürmige romanisch-gotische Marienkirche, die im 12./13. Jahrhundert erbaut wurde und von 1400 an während fast vier Jahrhunderten den Hanseaten gehörte; bis 1868 wurde hier in deutscher Sprache gepredigt! Während unseres Besuches ist eben Gottesdienst. Die Kirche ist protestantisch, wie überhaupt der weit überwiegende Teil der skandinavischen Bevölkerung protestantisch ist.

Am Nachmittag unternehmen wir eine geführte Carfahrt nach dem etwa 10 km südlich der Stadt Bergen idyllisch

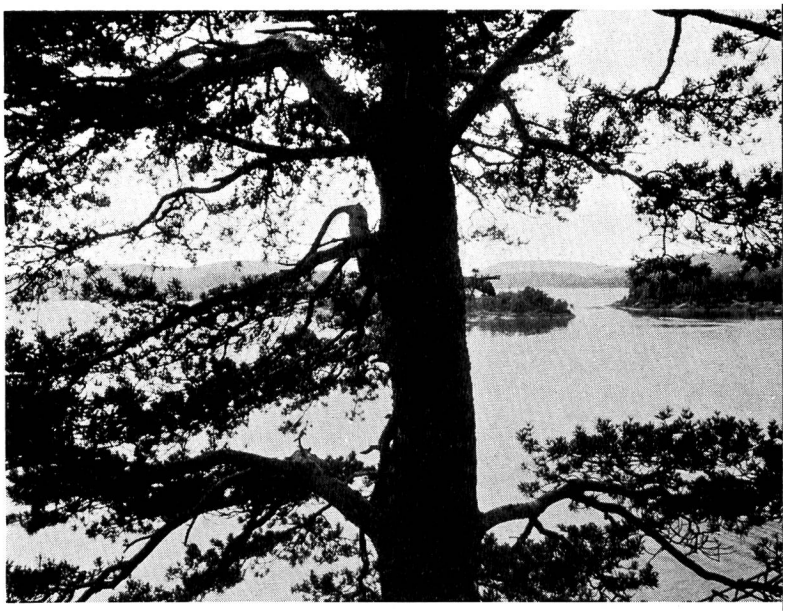
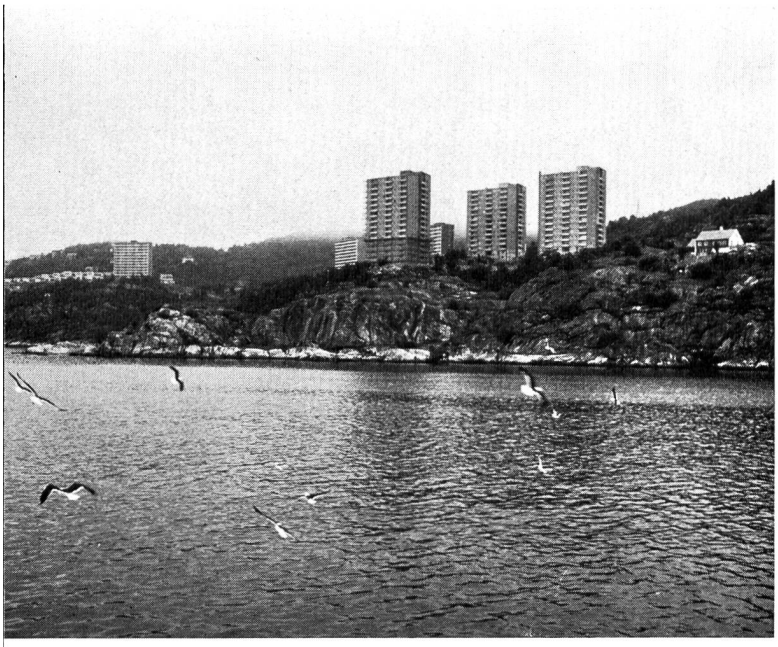


Bild 4 Ausblick von Troldhaugen, dem Heim Edvard Griegs, in die waldreiche Fjordlandschaft westlich der Stadt Bergen.

gelegenen Sitz Troldhougen (auch Trollhougen genannt), wo der berühmteste nordische Komponist, Edvard Grieg, in glücklicher Ehe mit Nina während vieler Jahre lebte. Das im Jugendstil erbaute Haus in typisch norwegischer, weissgestrichener Holzkonstruktion liegt auf einem bewaldeten Felskopf mit grossartiger Aussicht auf den darunterliegenden Fjord und enthält viele Erinnerungen an den Komponisten. Fusswege führen durch stille Waldpartien zum Fjord hinunter, wo ein Holzhäuschen steht, in welchem Grieg mit dem Blick zum Meer besonders gerne weilte, um dort in aller Ruhe zu komponieren (Bild 4). Auf dem Rückweg besuchen wir eine im Wald aufgestellte alte Stabkirche, die aus dem Gebiet des hintersten Sognefjords stammt. Im Jahre 1860 gab es noch ungefähr 300 Stabkirchen in Norwegen, heute zählt man nur noch deren 27. Wir hatten auf unserer Norwegenreise Gelegenheit, ein halbes Dutzend der schönsten zu sehen; diese meist fensterlosen hochragenden Holzkirchen sind innen sehr düster und äusserst ein-

Bild 5 Abendstimmung; Blick vom Floyfiell auf das Hafengebiet von Bergen und die benachbarten Halbinseln und Inseln.



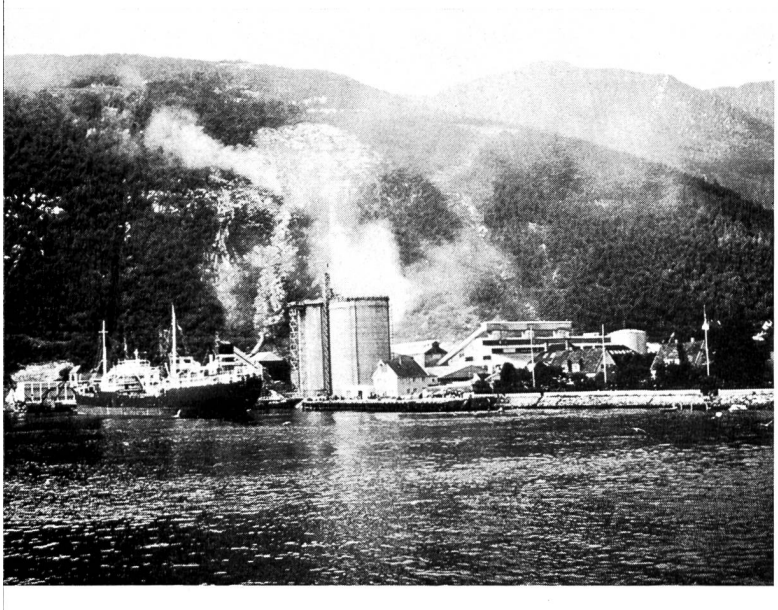


Bild 6 Weit ausserhalb der Stadt Bergen stehen erstaunlicherweise Hochhäuser in der kahlen, einsamen Landschaft.

Bild 7 Aluminiumfabrik in Høyanger am Ende eines langen Seitenarms des Sognefjords.

Bild 8 Auf der langen grossartigen Fahrt durch den Sognefjord.

fach gestaltet. Sie gleichen fast einem auf den Kopf gestellten Schiffsrumpf der alten Wikinger, und mit ihren bizarren Verzierungen auf den Dachgiebeln erinnern sie auch an indische Pagoden (Bild 12). Nach dem Besuch der Fantoftkirche fahren wir mit dem Car über eine am Berghang angelegte Höhenstrasse zur Küstenstadt zurück, mit weitem Tiefblick auf Bergen. Ueberall sehen wir schöne Villen mit prächtigen Gärten mit einer Fülle Lila-Rhododendren, die bereits am Verblühen sind. Bei den Villen handelt es sich meistens um sehr gediegene Holzhäuser. Zudem weist die sehr ausgedehnte Stadt Bergen, die sich über etliche Halbinseln erstreckt, auch viele Hochhäuser auf, was nicht so leicht verständlich ist, da ja Land unbegrenzt zur Verfügung steht. Bergen ist mit etwa 120 000 Einwohnern die zweitgrösste Stadt Norwegens und bekannt für ihr mildes Klima, wobei aber die Stadt sehr häufig unter einer Wolkendecke liegt. Auch wir erleben also diese Stadt in ihrer typischen Atmosphäre.

Nach dem Nachtessen fahren wir vom Hafen aus mit einer Seilbahn zum 320 m hoch gelegenen Floyfiell, das den schönsten Blick auf Bergen und die sich in die Weite verlierenden Halbinseln und Inseln der stark zergliederten Westküste Norwegens bietet (Bild 5). In unserem Hotel in Bergen ist Alkoholverbot, wie übrigens in den meisten Gaststätten Norwegens, und nun freuen wir uns, auf dieser Aussichtsterrasse uns auch einem kleinen alkoholischen Genuss hingeben zu können. Die Preise sind aber dermassen horrend, dass wir uns mit einem Tee begnügen! Auf diesem prächtigen waldigen Aussichtsberg verbleiben wir bei schönster Abendbeleuchtung fast zwei Stunden, und bei unserer Rückkehr wandern wir noch zwischen 22 und 23 Uhr im alten Hafen herum und erleben um diese Zeit einen prächtigen Sonnenuntergang. Um 23 Uhr ist es noch taghell, und die Autos fahren auch um Mitternacht noch ohne Lichter; es herrscht aber auch tagsüber ein sehr geringer Autoverkehr.

Bei tiefhängendem Nebel und 17 °C ist es am Sonntagmorgen, 1. Juli, sehr frisch. Wir gehen an Bord von MS «Sognefjord», und um 08.00 Uhr fahren wir ab, um nach einer längeren Fahrt durch die Schären der Westküste während des ganzen Tages durch den 160 km langen Sognefjord mit etlichen Abstechern in Seitenarmen zu fahren. Eine grosse Schar kreischender Möven begleitet das Schiff, und staunend stellen wir fest, dass die Inseln und Halbinseln weit ausserhalb von Bergen noch ziemlich dicht besiedelt sind, wobei die auf den anstehenden Felsen errichteten Hochhäuserblöcke besonders auffallen (Bild 6). Noch lange ist es unter dem grauen Nebel kühl; nach 10 Uhr gelangen wir auf die offene See, um dann schon bald von der nördlichen Fahrrichtung im rechten Winkel östlichen Kurs in den langen Sognefjord zu nehmen. Am Eingang des Sognefjords ist das felsige bucklige Gelände fast vegetationslos. Auf den kargen Weiden sieht man hie und da kleine Schafrudel. Der Sognefjord, der sich ziemlich genau in westöstlicher Richtung erstreckt, ist mehrere Kilometer breit und

Bild 9
Die Milch gehört zu den wichtigsten regionalen Umschlagsgütern in den norwegischen Fjorden.

weist sehr viele zum Teil auch lange Seitenfjorde auf, die sich nach Süden und nach Norden tief in das gebirgige Land hinein erstrecken. Je weiter man in den Fjord vordringt, desto höher und steiler steigen die Berge aus dem Meer auf – die Landschaft wird immer grossartiger. Am frühen Nachmittag dringt die Sonne endlich durch den Nebel, und von da an haben wir strahlendes wolkenloses Wetter. Um 14.15 Uhr legen wir in Lavik an, einer Ortschaft am Nordufer des Sognefjords. Später halten wir kurz in Vadheim zuhinterst in einem nördlichen Seitenfjord. Erst gegen 17 Uhr erreichen wir Høyanger, eine sehr hübsch gelegene Ortschaft mit schöner moderner Kirche, ebenfalls zuhinterst in einem nördlichen Seitenfjord, eine Ortschaft, die vor allem von der Aluminiumindustrie lebt (Bild 7). Wir dringen weiter in den grossen Sognefjord, und gegen Abend wird die Beleuchtung immer schöner. Auf Deck ist es herrlich warm, und wir geniessen diese schöne Fahrt durch eine Landschaft mit steilen hohen Felswänden, die zum Teil bewaldet sind (Bild 8). Hie und da sieht man einige Häuser mit Wiesen und Aeckern, von Zeit zu Zeit kleine Schneefelder auf den Bergen. Um 18.30 Uhr steht die Sonne noch hoch und scheint herrlich warm. Bald danach erreichen wir Viksøyra am Südufer und fahren dann in direkt nördlicher Richtung nach Balestrand am Eingang des langen Fyørlandsfjord. Gegen 22 Uhr kommt ein Postschiff in Sicht und legt mitten im Fjord an unser Schiff an, um Post und Passagiere aufzunehmen, die durch den langen und ausserordentlich wilden Auerlandsfjord nach Süden fahren. Die Abend- und Nachstimmung wird immer eindrucksvoller, und selbst um diese späte Stunde können wir noch hochsommerlich leicht bekleidet an Bord sitzen. Erst um 23.15 Uhr, nach einer mehr als 15 stündigen Schiffahrt, erreichen wir mit etlicher

Bild 10
Abendstimmung auf dem Sognefjord.

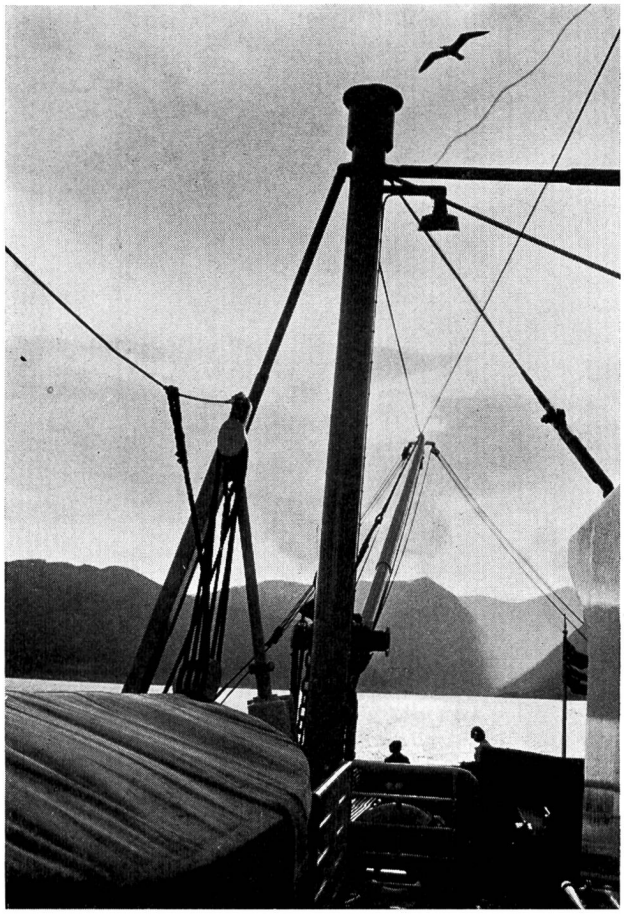


Bild 11 Auf langer Fahrt durch den Sognefjord.

Bild 12 Norwegische Stabkirche in Borgund.

Bild 13 Einsame Passlandschaft auf dem 1000 m hohen Fillefiell.

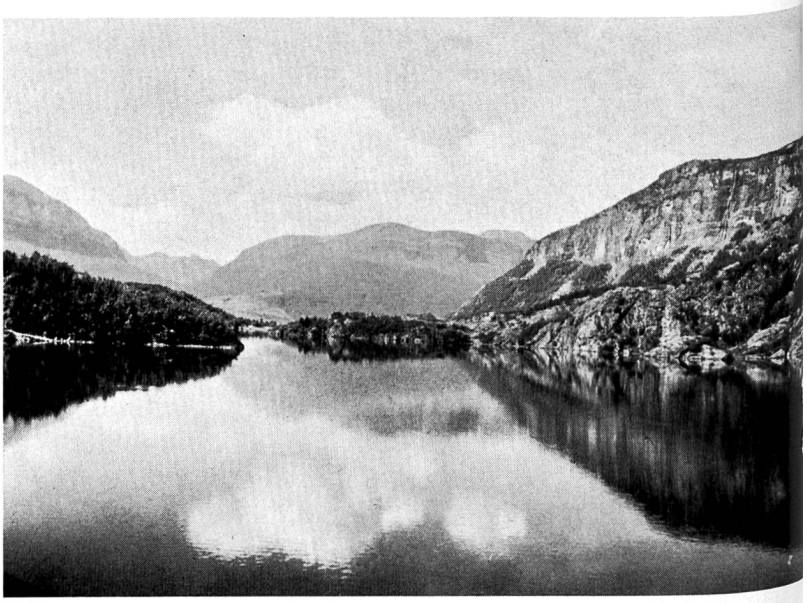


Bild 14 Typische südnorwegische Seenlandschaft.

Bild 15 Grosser ungebändigter Fluss in den ausgedehnten Wäldern Südnorwegens.

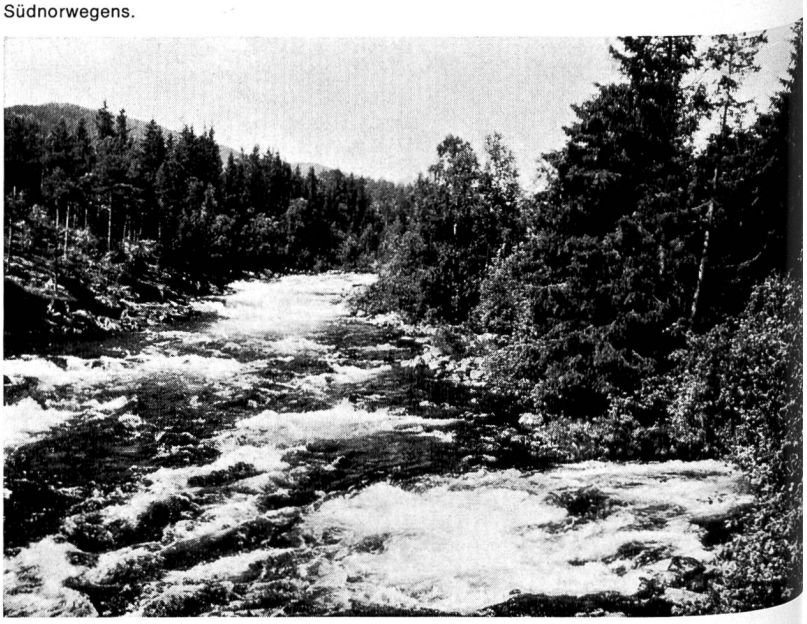


Bild 16 Das markante Rathaus der norwegischen Hauptstadt Oslo, ein schlichter Bau in rotem Backstein.

Verspätung Laerdal (das Kursschiff benötigt noch weitere zwei Stunden, um nach Årdal am westlichen Ende des Sognefjords zu gelangen), wo wir vom kleinen Hafen in kurzer Taxifahrt zum Lindstrøms Hotellet gelangen; das Hauptgebäude und die daneben liegende Dependance bestehen aus entzückenden weiss gestrichenen Holzhäuschen; um Mitternacht ist es noch hell bei 22 °C!

Das Wetter ist auch am 2. Juli sehr schön bei unerwarteter Wärme. Nach einem üppigen Frühstück, wie in Norwegen in der Regel üblich, besteigen wir um 08.30 Uhr einen Autocar der 140 km langen Kurslinie Laerdal–Fagernes. Schon sehr rasch gelangen wir, einem klaren sprudelnden Bergbach entlangfahrend, in ein enges und wildes Tal, abwechselnd zwischen Felsschluchten und kleineren Talweitungen mit schönen Matten in üppigstem Blumenschmuck, wie in unseren Alpentälern. Nach etwa 30 km erreichen wir die kleine Ortschaft Borgund, wo die schönste alte Stabkirche steht (Bild 12). Ein kurzer Halt gibt die Möglichkeit, diese Kirche zu besuchen. Der Car ist sehr wenig besetzt und der Chauffeur so freundlich, dass er immer anhält, wenn er das Gefühl hat, ich möchte etwas photographieren! Die Strasse ist fast durchwegs schmal und nur zum Teil staubfrei. Auf der Weiterfahrt steigen wir bis auf den 1002 m hohen Fillefjell (Bild 13), eine ziemlich kahle Landschaft mit einem Pass-See und Legföhrenwäldern, in denen heute noch Bären leben; auf der Passhöhe sind in einem

Bild 17 Das Innere des Rathauses schmücken grosse Wandgemälde, welche das Leben und die Tätigkeit des norwegischen Volkes darstellen.

Bild 18 Detail der Wandgemälde mit Symbolen der für Norwegen so bedeutenden Schiffahrt.

Bild 19 Kleiner Ausschnitt der zahlreichen und üppigen Leiberknäuel des norwegischen Bildhauers Viegeland im Frognerpark.

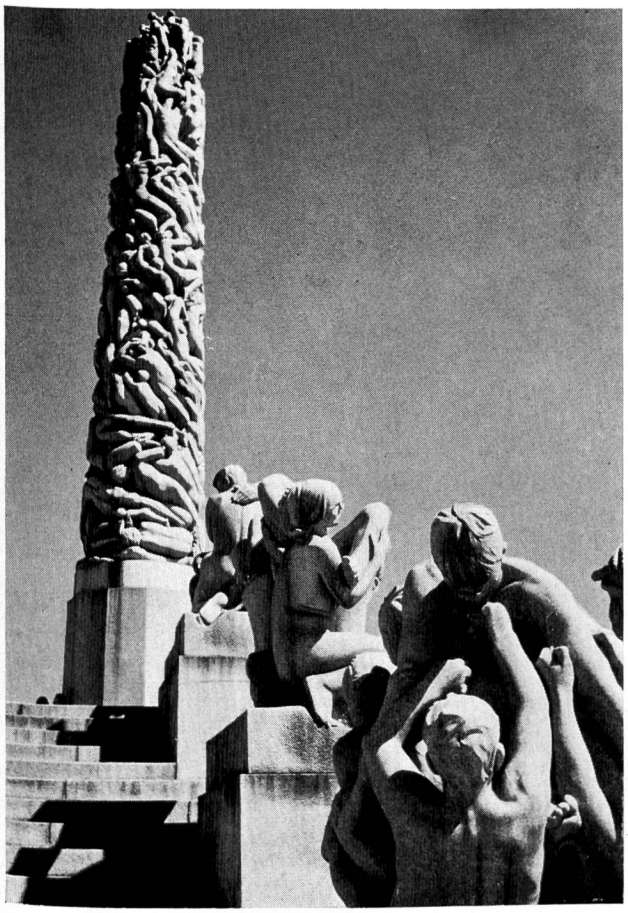


Bild 20 Die weltberühmte Skisprungschanze Holmenkollen oberhalb der Stadt Oslo.

Gehege einige dieser Pelztiere zu sehen. Die Fahrt führt wieder zu Tale und auf langer Strecke etlichen malerischen Seen entlang durch eine liebliche Landschaft, die sehr stark an schweizerische Gegenden erinnert (Bild 14). Von Zeit zu Zeit überqueren wir in den dichten Wäldern grosse Flüsse, die noch ungebändigt rauschend zu Tale fliessen (Bild 15). Um 13 Uhr erreichen wir Fagernes, den Endpunkt der Carfahrt, wo wir bei ausserordentlicher Wärme im Hotel Fagerlund das Mittagessen einnehmen.

Von hier an geht es per Bahn nach Oslo, eine etwa 200 km lange Strecke. Bei der Abfahrt um 15.25 Uhr konstatieren wir am Bahnhof eine Schattentemperatur von 30 °C! Wir durchqueren eine herrliche Gegend, leicht coupiertes Gelände mit riesigen Wäldern (hauptsächlich Tannen, Föhren und Birken), längs vielen langgestreckten Seen, und besonders schön ist die etwa 400 m hoch gelegene Landschaft an einem grossen See vor der Station Eina. Die riesigen Seen, denen wir hier entlang fahren, erinnern in Farben und Vegetation an Saoseo im Puschlav oder an den Caumasee bei Flims, nur in ganz andern, gewaltigen Dimensionen. Ueberhaupt beeindruckt Norwegen vor allem durch die Weite und Grosszügigkeit der Landschaft mit den fernen Horizonten und fruchtbaren Tälern. Kurz nach 20 Uhr treffen wir im Ostbahnhof in O s l o ein und werden dort auf dem Perron sehr herzlich von Anine und Rolv Heggenhougen empfangen, die uns in ihrem Wagen mit einem Umweg zur Besichtigung der reichbeflaggten Stadt Oslo zum Grand Hotel fahren, wo wir die nächsten zwei Nächte logieren. Eben feiert der König von Norwegen seinen 60. Geburtstag: u.a. weilen unter den zahlreichen Gästen für dieses Jubiläum auch die Könige von Schweden und Dänemark in Oslo, ein richtiges Königstreffen! Die drei Königsjachten liegen im Hafen vor Anker. Zur gleichen Zeit wie uns das Ehepaar Heggenhougen am Bahnhof empfängt, erwarten Herr und Frau Blydt das Ehepaar Lardelli, das eben aus der Schweiz kommend mit zwei Stunden Verspätung im Flughafen von Oslo wohlbehalten eintrifft. Später treffen wir uns – die zwei norwegischen und die zwei schweizerischen Ehepaare – zu einem hervorragenden Nachtessen im gediegenen Saal des Grand Hotel, wobei uns vorzüglich zubereitetes Rentierfleisch besonders gut mundet. Unsere norwegischen Freunde verlassen uns kurz vor Mitternacht, und wir finden es schade, in dieser Beleuchtung der «blauen Nächte» schon ins Bett zu gehen, umsomehr als Illa Lardelli erstmals im Norden weilt und das Erlebnis der hellen Nächte hat. Wir wandern also zum nahegelegenen Hafen und haben als Binnenländer und Urdemokraten ein besonderes Erlebnis: neben dem grossen dreimastigen Segelschiff «Eagle» der USA-Marine liegt die Jacht des dänischen Königs vor Anker, und wir sehen aus nächster Nähe, wie der dänische König mit seinem Gefolge seine schöne, mit der Krone gekennzeichnete Jacht besteigt und von einem norwegischen Kriegsschiff eskortiert den Hafen verlässt, wobei die vor Anker liegenden Kriegsschiffe ganz eigenartige Salutsignale «uii-uii-uii» abgeben. Die Könige von Norwegen und Schweden, die sich am Hafen vom dänischen König verabschieden, fahren per Auto in ihre Residenz zurück. Es ist bereits 1 Uhr nachts, als wir in das Hotel zurückkehren; das Thermometer vor dem Hotel zeigt 22,5 °C.

Das Wetter ist am 3. Juli wiederum sehr schön, und frühmorgens haben wir schon 24 °C. Der ganze Tag gilt dem Besuch der norwegischen Hauptstadt. Oslo zählt gegenwärtig fast eine halbe Million Einwohner und ist somit etwas grösser als Zürich, sehr schön zuinnerst am langgestreckten

Bild 21 Segelschiff «Eagle» der amerikanischen Marine, vor Anker im Hafen von Oslo.

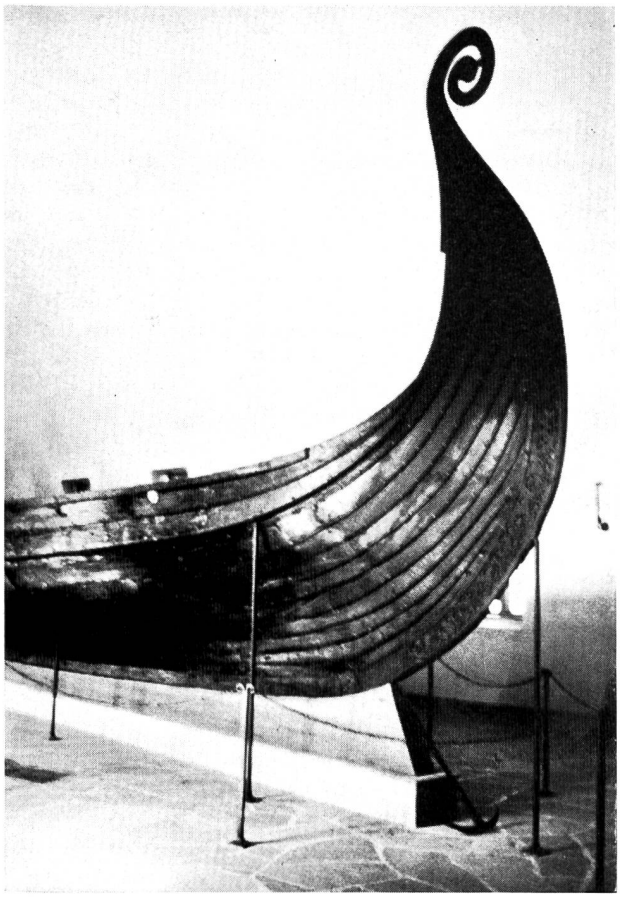


Bild 22 Altes Vikingerschiff aus dem 9. Jahrhundert.

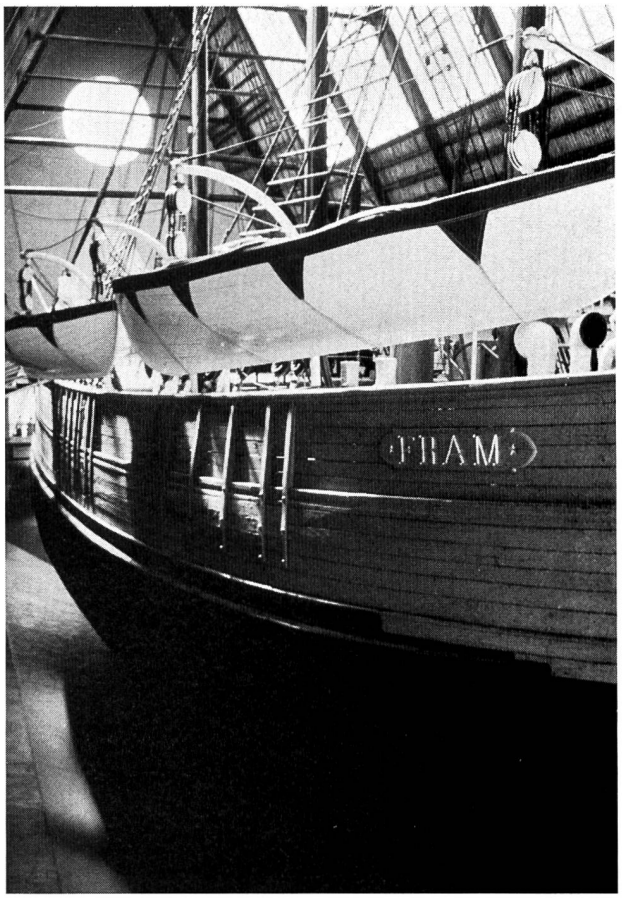


Bild 23 Teilansicht der «Fram», des berühmten, einst von Fridtjof Nansen und später von Roald Amundsen benutzten Schiffs für die Erforschung von Arktis und Antarktis.

Oslofjord gelegen und dehnt sich immer mehr auf die leicht ansteigenden dicht bewaldeten Hänge aus. Schon früh gehen wir zum Frühstück, wie üblich eine äusserst üppige Angelegenheit. Dann besuchen wir den nahegelegenen, lebhaften Hafen. Dicht daneben erhebt sich das Rathaus mit den vielen dieses umgebenden Statuen und symbolischen Gemälden im Innern (Bilder 16 bis 18); diese stellen Szenen aus dem Leben der norwegischen Bevölkerung dar. Gegen Mittag werden wir abgeholt und fahren vorerst zu der am Stadtrand gelegenen berühmten Ski-Sprungschanze Holmenkollen (Bild 20) und anschliessend bis zum Funkturm, den wir besteigen können; von dort aus geniesst man eine grossartige Rundsicht auf die ausgedehnte Stadt Oslo und den Oslofjord im Süden sowie auf die unendliche Wald- und Seenlandschaft im Osten, Norden und Westen dieses Aussichtspunktes. Es folgt ein kurzer Besuch im weiten Frognerpark mit der berühmten Viegeland-Anlage, eine etwa 600 m lange Zusammenstellung üppiger Skulpturen, die der Künst-

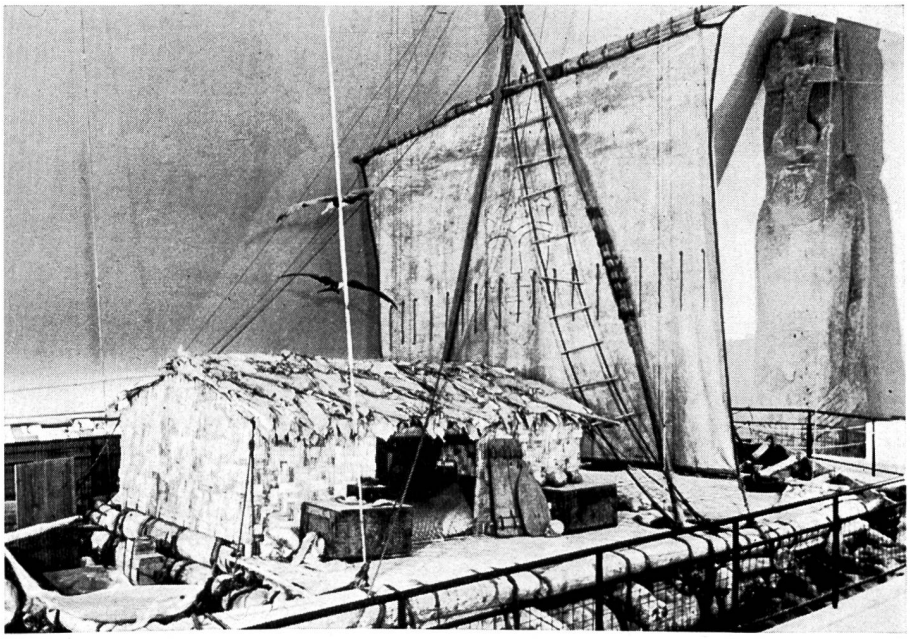
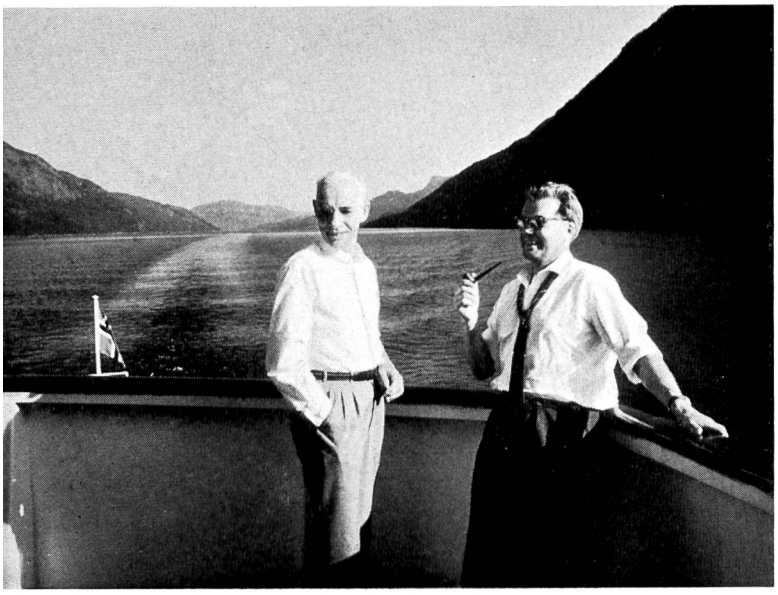


Bild 24
Berühmtes Kontiki-Floss, mit dem Thor Heyerdahl und seine fünf Gefährten 1947 in 15wöchiger Fahrt von der Küste Perus zu den ostpolynesischen Inseln segelten.

Bild 25 Zu Gast bei einer Regionaldirektion der Norsk Hydro in Notodden.

Bild 26 Blick in die moderne Kavernenzentrale Svaelgfoss der Norsk Hydro.

Bild 27 Auf genussreicher abendlicher Schiffahrt auf dem Tinnsyø.



ler in 40jähriger Arbeit schuf. Die künstlerische Krönung dieser Anlage besteht aus einem einzigen, behauenen, 17 m hohen Steinblock; dieser Monolith umfasst 121 in sich verschlungene menschliche Körper und ist von weiteren Gruppen menschlicher Kneuel umgeben (Bild 19). In der Anlage, die auch ein grosses Badebassin enthält, baden und sonnen sich die Norweger zu Tausenden in der sommerlichen Hitze.

In dem dem Segelklub gehörenden, in prächtiger Meerbucht gelegenen Restaurant nehmen wir mit den Ehepaaren Blydt und Heggenhougen ein vorzügliches Mittagessen ein. Am Nachmittag besuchen wir bei einer ermüdenden Schattentemperatur von 30 °C vorerst das unter einem zeltartigen Gebäude konservierte berühmte Polar-Schiff «Fram» (Bild 23), mit dem Fridtjof Nansen 1893/96 seine Trift im Nordpolarmeer durchführte (berühmtes Buch «Fahrt durch Nacht und Eis») und Roald Amundsen 1911/12 in die Antarktis fuhr und dann nach langem Marsch über die unendlichen Eisflächen der Antarktis als erster im Dezember 1911 den Südpol erreichte. Es ist besonders eindrucksvoll, dieses geschichtliche Schiff von oben bis unten zu durchwandern und die Kajüten zu sehen, so wie sie seinerzeit eingerichtet und benützt wurden. Unser nächster Besuch gilt dem berühmten Floss Kontiki, mit dem der norwegische Zoologe Thor Heyerdahl und fünf andere mutige Männer vom 28. April bis 7. August 1947 vom peruanischen Hafen Callao nach den ostpolynesischen Inseln segelten (Bild 24). Schliesslich gehen wir noch in das grosse Gebäude, in welchem die berühmten Wikinger-Schiffe, drei seetüchtige Boote aus dem 9. Jahrhundert, zu sehen sind (Bild 22). Diese Besuche haben uns ausserordentlich ermüdet, und zum Abschluss führt uns Direktor Heggenhougen in das erst kürzlich bezogene Verwaltungs-Hochhaus der Norsk Hydro, wo man von seinem Büro aus und besonders von der Dachterrasse einen herrlichen Ausblick über die Stadt Oslo hat.

Zum Nachtessen sind wir alle im schönen und gastlichen Haus des Ehepaares Heggenhougen, in einem prachtvollen Villenquartier von Oslo, eingeladen und verbringen dort bis spät in der Nacht einen ausserordentlich gemütlichen Abend, wobei ich auf Wunsch unserer norwegischen Freunde meinen Farbenfilm der 1961 durchgeführten Studienreise der Skandinavier in der Schweiz zeige und wo wir schliesslich in der originellen Privat-Bar im Kellergeschoss den Abend beendigen. Zum Nachtessen sind auch Generaldirektor Østbye der Norsk Hydro und Gemahlin zugegen; dieses Ehepaar war am Vorabend bei der Geburtstagsfeier des norwegischen Königs auf der Festung Akerhus zu Gast.

Der Donnerstag, 4. Juli, beschert uns wiederum mit sehr schönem und warmem Wetter, ein gutes Omen für die beginnende Studienreise durch Südnorwegen an der sich die Ehepaare Heggenhougen, Blydt, Lardelli und wir, verteilt auf zwei bequeme, von Chauffeuren gelenkten Personenwagen, beteiligen. Um 09.00 Uhr verlassen wir Oslo und fahren durch eine fruchtbare, ziemlich dicht besiedelte Landschaft, durch Wiesen, Aecker, Wälder und an Seen entlang. Wir gelangen in westsüdwestlicher Richtung durch coupiertes Gelände über Drammen und Kongsberg nach Notodden am Nordende des Hitterdalsvann. Seen, die nur etwa die Grösse des Zürichsees haben, werden in Norwegen in der Regel nicht als See, sondern lediglich als «Vann» bzw. Wanne oder «Vatn» bzw. Wasser bezeichnet. Notodden ist eines der Zentren der in ganz Norwegen verteilten Industrieanlagen der Norsk Hydro. Hier befindet sich eine Salpeterfabrik für flüssiges Ammoniak und eine Fabrik für die Herstellung der Säcke und Fässer zur Verpackung sämtlicher Produkte der Norsk Hydro. Bei unserem kurzen Aufenthalt in Notodden besuchen wir die interessante Sack-

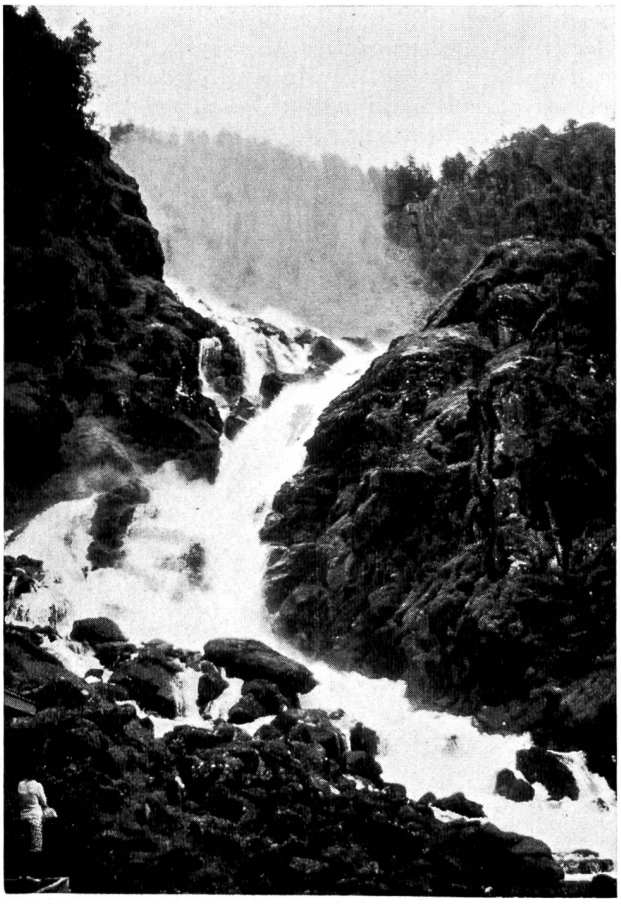
Bild 28
Am Südufer des 35 km langen Tinnsyø mit fahrtbereitem Erzschiff der Norsk Hydro.

fabrik für Kunstdünger, die zurzeit 33 Millionen Säcke pro Jahr herstellt. Hier befindet sich auch eine grosse zentrale Werkstätte für sämtliche Anlagen der Norsk Hydro.

Zu einem exquisiten Mittagessen sind wir im prächtig gelegenen, mit wunderbaren Prunkräumen ausgestatteten Verwaltungsgebäude der Norsk Hydro zu Gast; an diesem Mittagessen nehmen auch die örtlichen Direktoren Simonsen und Klette mit ihren Damen teil. Das in grellem Weiss gehaltene einstöckige Verwaltungsgebäude mit griechischer Kolonnenfassade ist umgeben von einem weiten, prächtig gepflegten Park mit reichen Blumenbeeten und vereinzelten hohen Föhren; in diesem stillen Park inmitten einer lebhaften Industriestadt nehmen wir bei 30 °C den Kaffee ein (Bild 25). Einige besonders eifrige Reiseteilnehmer begeben sich dann zu einem Besuch der in der Nähe gelegenen Kraftwerke, während einige Damen im schönen Park auf uns warten. Wir fahren durch eine Schlucht bis zu der am Flusse Tinnelven gelegenen alten, kürzlich ausser Betrieb gesetzten Zentrale Svaelgfoss, die kürzlich durch eine moderne Wasserkraftanlage mit Kavernenzentrale ersetzt wurde (Bild 26). Im neuen kürzlich in Betrieb genommenen Kraftwerk Svaelgfos sind zwei Maschineneinheiten von je 63 MW installiert mit einer mittleren Produktionskapazität von 540 GWh. Genutzt wird eine Wassermenge von 105 bis 170 m^3/s bei einer Fallhöhe von 60 bis 65 m. Nach dem Besuch dieser schönen Anlage fahren wir zum Verwaltungsgebäude zurück, wo wir noch eine Weile zusammen mit den Damen im prächtigen Park verbringen.

Am Spätnachmittag treten wir unsere Weiterfahrt an. Kurz ausserhalb der Stadt Notodden besuchen wir die Stabkirche Haeddal, die wahrscheinlich im 12. Jahrhundert gebaut wurde und zu den grössten Stabkirchen Norwegens gehört. Wir folgen der grossen Verbindungsstrasse Oslo–Bergen bis Orveria, zweige dort über eine kleine Strasse nach Norden ab und gelangen durch waldiges Gebiet nach Tinnoset am Südende des 35 km langen Tinnsyø. Auf diesem fjordähnlichen, grossartig gelegenen See betreibt die Norsk Hydro eigene Fährschiffe, auf welchen die mit Erz beladenen Spezialzüge transportiert werden, um das Material in die Fabriken von Rjukan zu bringen. Uns acht stehen die schönen Privaträume mit einem kleinen Deck zur Verfügung, und wir erleben nun beim Genuss von Früchten und kühlenden Getränken eine herrliche, unvergessliche etwa eineinhalbstündige Fahrt über diesen langgestreckten See von Tinnoset bis Mael; dieser an hochalpine Landschaft erinnernde See ist umgeben von steilen, bewaldeten Hängen, eine praktisch unberührte und unbewohnte Gegend; nur da und dort sieht man vereinzelte Bauerngehöfte, ideale Orte, um ruhige Ferien zu verbringen. Landschaft und Vegetation erinnern sehr an unsere heimatlichen Berge. Von Mael folgt noch eine kurze Autofahrt bis R j u k a n , einem Industriezentrum der Norsk Hydro im engen, tief eingeschnittenen Vestfjorddalen. Hier logieren wir im vornehmen,

Bild 29 Wasserfall Lätefoss, südlich des Industrieorts Odda.



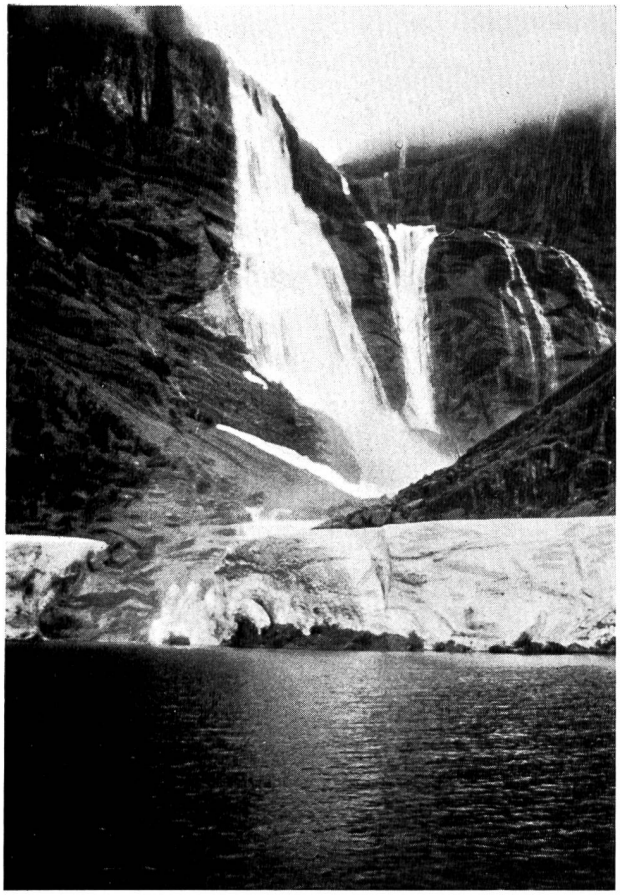


Bild 30 Der imposante 160 m hohe Skjeggedalsfoss, einer der höchsten, schwer zugänglichen Wasserfälle Norwegens.

wiederum in einem schönen, gepflegten Park gelegenen Verwaltungshaus der Norsk Hydro, und jedes Paar erhält sehr geschmackvoll möblierte Schlafzimmer mit grossen Baderäumen. Bei angenehmer Temperatur nehmen wir noch im Freien den Apéritif ein, und zu später Stunde begeben wir uns in den schönen Speiseraum, um ein ausgezeichnetes Nachtessen einzunehmen. Hier gesellen sich zu uns Direktor Nordhagen und Oberingenieur Gründt.

Mit dem Wetter haben wir ganz besonderes Glück, denn auch am 5. Juli ist es wiederum schön und warm, und morgens finden wir uns wieder zu einem ausgezeichneten, üppigen Frühstück ein; dann werden die Damen mit einer Seilbahn zu einem nahegelegenen Aussichtspunkt geführt, während die Herren die neuen Kraftwerkstufen 3 und 4 zwischen Rjukan und dem Tinnsjø und anschliessend das alte Kraftwerk Såheim (120 MW) besuchen, gefolgt von einem Gang durch die grosse Stickstoff-Fabrik in Rjukan. Hier wird Luft verdichtet und tiefgekühlt bis sie in flüssige Form übergeht, und der Stickstoff wird vom Sauerstoff getrennt. Das Wasserstoffgas wird mit dem Stickstoffgas zu einer Mischung im Verhältnis 3:1 vermengt, und dieses Mischgas wird vor der Verdichtung gereinigt. In der grossen Kompressoranlage wird das Mischgas auf 250 Atü verdichtet und dann weiter zur Syntheseanlage geleitet. In den Syntheseöfen durchströmt das komprimierte Mischgas eine Katalysatorschicht unter grossem Druck bei hoher Temperatur und wird in Ammoniak umgewandelt. Die Salpeterfabriken von Rjukan produzieren jährlich etwa 200 000 t Kalksalpeter (Düngmittel), die, in imprägnierten Papier- und Jutesäcken verpackt, in die ganze Welt versandt werden. Leider ist es in Norwegen in der Regel verboten, Fabrikanlagen und Kraftwerke zu photographieren, so dass sich die photographische und filmische Ausbeute der Studienreise mehr auf Landschaften und Leute beschränkte.

Gegen Mittag verlassen wir zusammen mit den Damen das enge Tal in südwestlicher Richtung und gelangen bald in steiler Fahrt zu einem etwa 900 m hoch gelegenen Plateau. Unterwegs sehen wir auch das ebenfalls der Norsk Hydro gehörende grosse Kraftwerk Vermork (132 MW) mit anschliessender Wasserstoff-Fabrik; es handelt sich um die oberste Wasserkraftanlage der vierstufigen Kraftwerkkette zwischen dem als Speichersee genutzten Mösvatn und dem Tinnsyø. Bei Erreichung des Hochplateaus gelangen wir zum Mösvatn, der durch einen kleinen Erddamm zu einem ansehnlichen Speicher (1064 Mio m³ Nutzinhalt) erweitert wurde; die Talsperre zur Schaffung dieses für unsere Begriffe sehr grossen Speichers ist nur 25 m hoch und hat auf Kronenhöhe eine Länge von 180 m. Da es sich um ein so bescheidenes Bauwerk handelt, hat man aus Sicherheitsgründen (kriegsbedingte Beschädigungen) etwas talwärts einfach einen zweiten Damm erstellt, was in der Schweiz bei unseren topographischen Verhältnissen wirtschaftlich unmöglich und undenkbar wäre.

Bild 31
Auf kühler und nasser Fahrt auf dem 440 m hochgelegenen Ringedalsvann bei Tyssedal (Renzo Lardelli, Lydia Töndury, Annine Heggenhougen, Illa Lardelli, Rolv Heggenhougen, Frau und Herr Blydt).

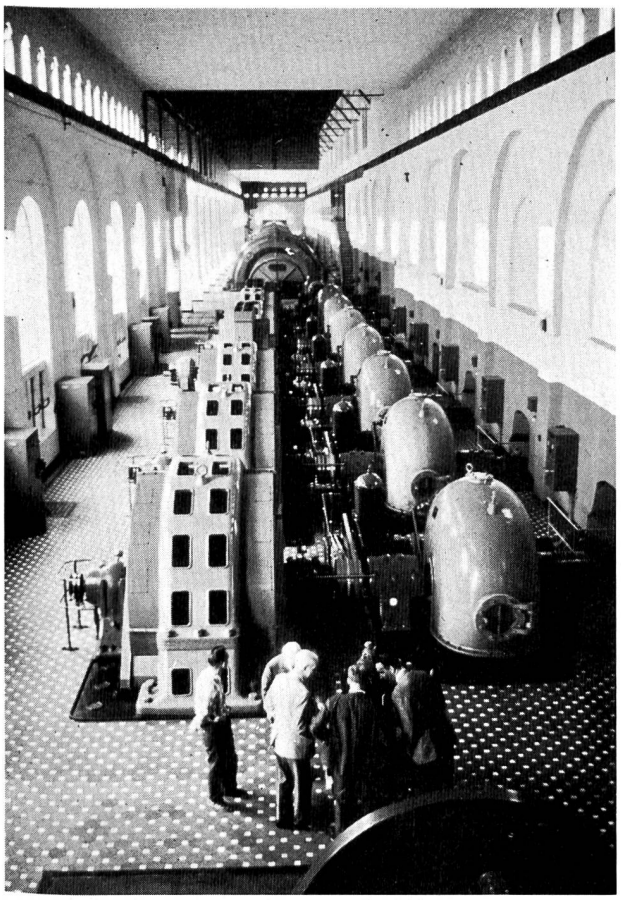


Bild 32 Altes Kraftwerk Tyssedal am Sörefjord, in welchem noch eine 1914 montierte schweizerische Turbine von Piccard-Pictet läuft.

Vom Mösvatndamm aus erstreckt sich der weitverzweigte See in nordwestlicher Richtung; wir überqueren einen Höhenzug und gelangen später wieder zum Ende des südlichen Arms dieses grossen Sees und weiterfahrend durch eine Landschaft mit kleinen verkrüppelten Birken, bis zum Rauland Hotel, einem einfachen, in schöner Berglandschaft gelegenen Gasthaus, wo wir ein typisches norwegisches Essen einnehmen, wobei sich jeder vom reich gedeckten zentralen Tisch das holt, was sein Herz begehrt; besonders gut schmeckt eine eigenartige, Rømme genannte Speise, an der sich mancher kaum sattessen kann.

Die Weiterfahrt führt uns auf neuer Strasse durch Wälder und Schluchten dem Nordufer des Totakvann entlang nach Edland, wobei wir auf dieser Strecke im Walde im Bau befindliche Anlagen für ein grosses Kraftwerk sehen; es handelt sich um das Kraftwerk Tokke 3 (120 MW; 475 GWh), einer Kraftwerkgruppe mit sechs Wasserkraftanlagen mit zusammen 882 MW und 3770 GWh nach Vollausbau. Weiter führt unsere Reise nun wiederum auf der Hauptstrasse Oslo —Bergen von Edland über Haukele und durch die schöne Dyreskarschlucht zur 1130 m hoch gelegenen Passhöhe Dyreskar (Wasserscheide), die stark an unsere Alpenlandschaft erinnert. Dann geht es durch eine öde steinige Gegend und über zahlreiche übersichtsreiche Kehren hinab zum brausenden Valdalselv, wobei wir linker Hand einen grossen Wasserfall sehen.

Von Røldal aus machen die Herren einen kurzen Abstecher nach Norden in das Quellgebiet des Valldal, wo eben mit dem Bau einer 85 m hohen Talsperre für einen Speicher begonnen wurde; dieser wird zur Kraftwerkgruppe Røldal-Suldal, einer Werkkombination mit sechs Kraftwerkstufen, gehören, die nach Vollausbau 385 MW aufweisen werden mit einer mittleren Jahresproduktion von 2140 GWh. Während der gleichen Zeit, in der wir diese im Anlaufen begriffene Baustelle besuchen, besichtigen die Damen die alte Stabkirche von Røldal. Auf der Weiterfahrt erklimmen wir nochmals in vielen Windungen einen 1065 m hohen Pass, von dem die Weiterfahrt in ein enges Tal führt, wo wir in einem neuen Gebirgshotel, im Solfon-Touristenhotel, in einsamer Waldlandschaft Quartier beziehen. Diese typischen norwegischen Touristenhotels sind meistens sehr gemütlich und geschmackvoll eingerichtet. Schon von der Passhöhe aus können wir das Gebiet der Bergkette Folgefon leider nicht sehen, weil sie in den Wolken liegen. Hier setzt nun ein föhnartiger Wind ein, der uns leider bald schlechtes Wetter bringen wird.

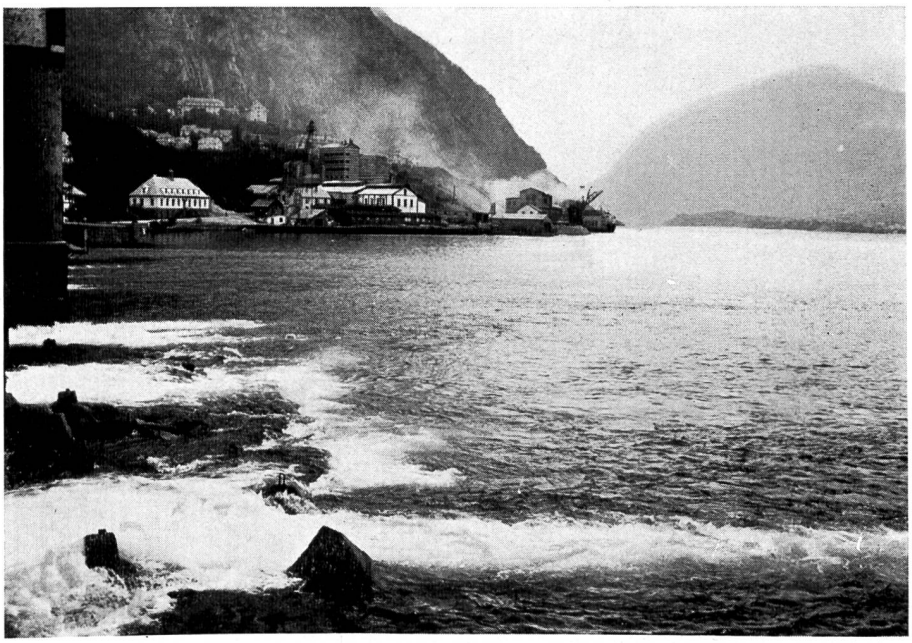


Bild 33
Wasserrückgabe des Kraftwerks Tyssedal in den Sörefjord; im Hintergrund Aluminiumfabrik.

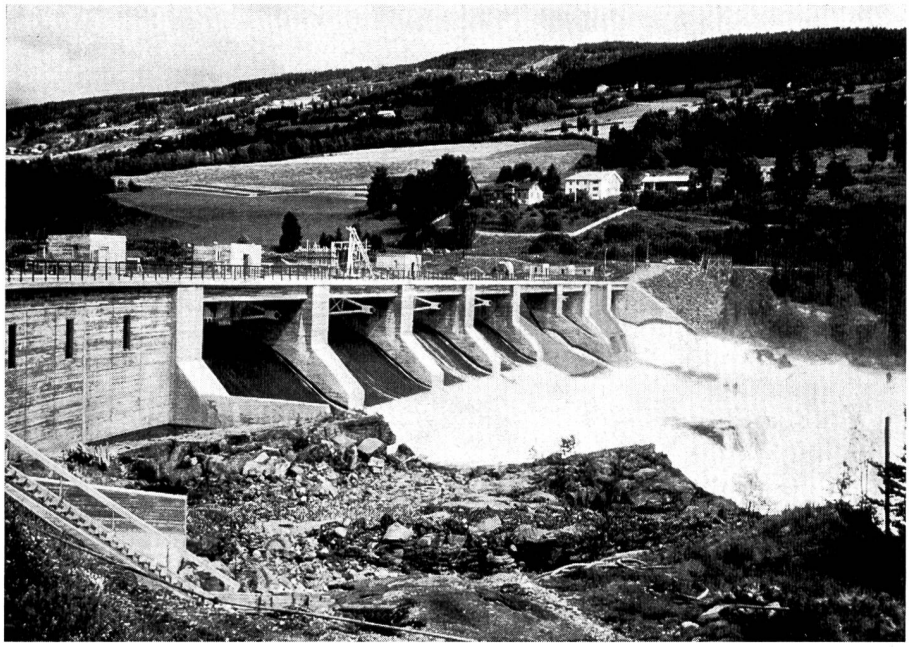


Bild 34
Stauwehr für das neue vor der Betriebsaufnahme stehende Kraftwerk an Stelle des frühern Wasserfalls Hunderfoss im Gudbrandstal.

Am 6. Juli haben wir bedeckten Himmel mit tiefhängendem Nebel. Um 09.30 Uhr fahren wir in nördlicher Richtung, passieren schon bald rechter Hand den grossartigen Wasserfall Lätefoss (Bild 29) und gelangen dann in den Industrieort Odda am Südende des langen Sörefjords, der später in den Hardangerfjord übergeht; der etwa 40 km lange, schmale Sörefjord verläuft direkt in nördlicher Richtung. Die Strasse führt dem östlichen Steilufer entlang, und schon nach 6 km erreichen wir die Ortschaft Tyssedal, von wo wir auf einer Bergstrasse nach Osten abbiegend durch das Tyssedal steil ansteigend zum 440 m hoch gelegenen Ringedalsvann gelangen. Es handelt sich um einen mittels Gewichts-Staumauer geschaffenen Speichersee. In einem Motorboot der Kraftwerkgesellschaft unternehmen wir nun eine grossartige eineinhalbstündige Fahrt bis zum Ende des etwa 8 km langen Sees, wo der 160 m hohe Skjeggedalsfoss, einer der imposantesten Wasserfälle Norwegens zu sehen ist (Bild 30). Leider hat sich das Wetter zusehends verschlechtert, und auf der Rückfahrt setzt sehr heftiger Regen ein (Bild 31). Nachdem wir unterhalb der Talsperre einen Blick in eine kleine Zentrale mit einer ferngesteuerten Maschinengruppe geworfen haben, fahren wir wieder zu Tal und besichtigen am Fjordufer ein grosses altes Kraftwerk mit vielen Maschineneinheiten (Bild 32); dabei sehen wir auch eine schweizerische Turbine von Piccard-Pictet, der Vorgängerin von Charmilles Genève, eine Turbine, die nach Angaben der Norweger seit 1914, also seit beinahe 50 Jahren, fast ununterbrochen läuft! Hier führt uns Direktor Hysing der A. S. Tyssefallne, der auch mit uns das anschliessende ausgezeichnete Mittagessen einnimmt. Direktor Hysing macht uns interessante Angaben über dieses Kraftwerk: Produktionskosten 0,6 Oere pro kWh = zirka 0,36 Rappen pro kWh (nach Angaben von Heggenhougen betragen die durchschnittlichen Produktionskosten in Rjukan sogar nur

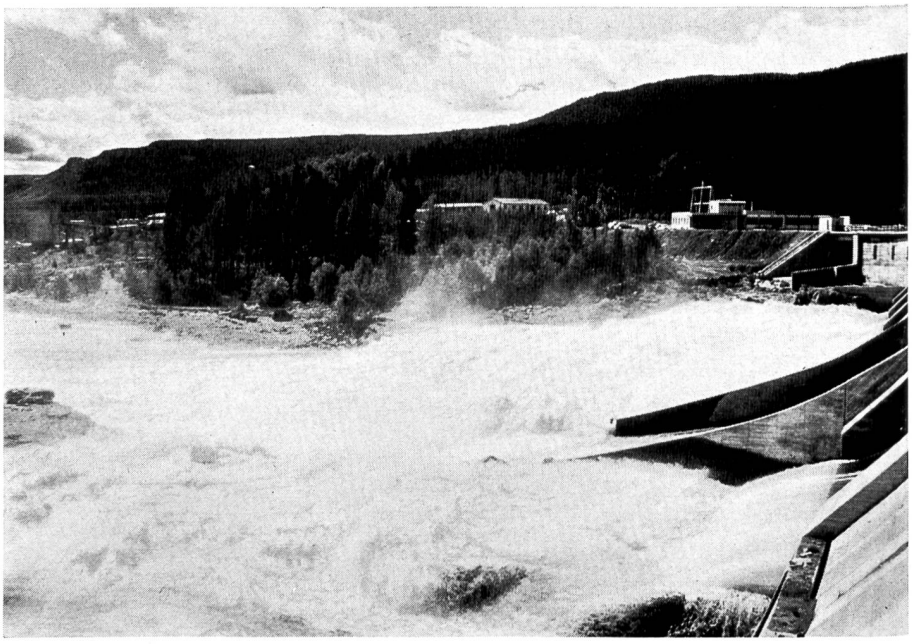


Bild 35
Blick vom Stauwehr auf das zu Tale donnernde Wasser am Hunderfoss; im Hintergrund die Kraftwerkanlage.

0,4 Oere = 0,24 Rappen pro kWh!). Hier können wir überhaupt besonders gut die günstigen, ja einmaligen Wasserkraftverhältnisse Norwegens erkennen, und man könnte als Schweizer ob dieser Vorteile fast neidisch werden: man kann in Norwegen in der Regel mit ganz bescheidenen Bauwerken, also mit sehr geringen Kosten, Speicher von hunderten von Millionen bis zu Milliarden m³ Speicherinhalt schaffen; dann steht oft ein konzentriertes Gefälle zur Verfügung, wobei man da und dort sogar ohne Wasserschloss und Druckstollen auskommt. Zudem sind in der Regel die Flüsse wegen der vielen durchlaufenen Seen praktisch geschiebelos, so dass sich auch die Kavitation bei den Turbinen auf ein Minimum beschränkt. Und hier in Tyssedal und an vielen anderen Orten in Norwegen liegt die unterste Kraftwerkstufe direkt am Meer oder an einem Meerfjord (Bild 33). Ferner liegen in der Regel in unmittelbarer Nähe der Kraftwerke energiehungrige Fabriken (Aluminium, Stickstoff u.a.m.), die ihr Produkt aus der Fabrik per Kran direkt auf das Meerschiff für den billigsten Frachttransport verladen können. Hier in Tyssedal liegt in unmittelbarer Nähe des grossen alten Kraftwerks eine Aluminiumfabrik.

Nach einem ausgezeichneten Essen im Verwaltungsgebäude der Gesellschaft fahren wir nachmittags 65 km weit dem Ufer des Sörfjords und Eidfjords entlang bis zur Ortschaft Eidfjord, hierauf in östlicher Richtung einem grösseren See entlang und dann durch eine ausserordentlich wilde und tiefe Schlucht in grossartig-kühner Strassenführung bis zum hochgelegenen Fosslihotel; von dort aus hat man einen schaurigen Tiefblick in die wilde Schlucht und auf den 163 m hohen Voringsfoss (Foss=Wasserfall). Es ist nun schon Abend geworden, und die Weiterfahrt führt lange über ein ödes Hochplateau in etwa 1240 m Höhe bis nach Geilo, wo wir im schönen und komfortablen Fossheim-Hotel Unterkunft nehmen. Bei den verschiedenen geschmackvollen Touristenhotels handelt es sich meistens um Holzbauten.

Der Landschaftscharakter erinnert selbst in Südnorwegen an unsere alpine Landschaft, – eine alpine Landschaft am Meer. Steigt man in die Höhe, so ändert sich aber die Vegetation viel rascher als bei uns, und schon in 1000 m Höhe sieht man in der Regel keinen Baumwuchs mehr, sondern lediglich noch verkrüppelte Zwergbirken wie in Lappland.

Am Sonntag, 7. Juli, ist das Wetter schlecht; es regnet bei 16 °C. Um 10 Uhr fahren wir ab und durchqueren fast den ganzen Tag öde, weite Hochflächen. Die Fahrt führt uns von Geilo über Hol und Gol stets in nordöstlicher Richtung bis Fagernes und von da weiter in allgemein nördlicher Richtung, wobei wir in etwa 1000 m Höhe auf Hochplateaus mit vielen grossen Seen in das Gebiet des norwegischen Hochgebirges von Jotunheimen gelangen. Leider liegen die regenschweren Wolken so tief, dass wir vom Gebirge nichts sehen. Die Strasse führt zwischen den grossen Hochlandseen Bygdin und Vinsteren durch und weiter nach Norden zum Gyendesee, wo wir an dessen östlichem Ende in Gyendesheim in einem eher primitiven Touristenhotel zu Mittag essen. Dem Nordufer dieses Sees entlang verläuft ein steiler Bergzug, der in der Geschichte von Peer Gynt eine besondere Rolle spielt. Es regnet in Strömen, und die Temperatur ist hier auf 10 °C gefallen. Nach dem Essen fahren wir sofort weiter, stets nach Norden bis Tessanden im westöstlich verlaufenden langen Tal des Ottaflusses. Von hier geht es nun noch 25 km weit stets dem mehr als 40 km langen Vågåvatn entlang bis Lom, dem nördlichsten Ort unserer Studienreise. Vor dem Nachtessen

Bild 36 Im norwegischen Freilichtmuseum von Maihaugen in Lillehammer; norwegische Häuser in lichtem Birkenwald.

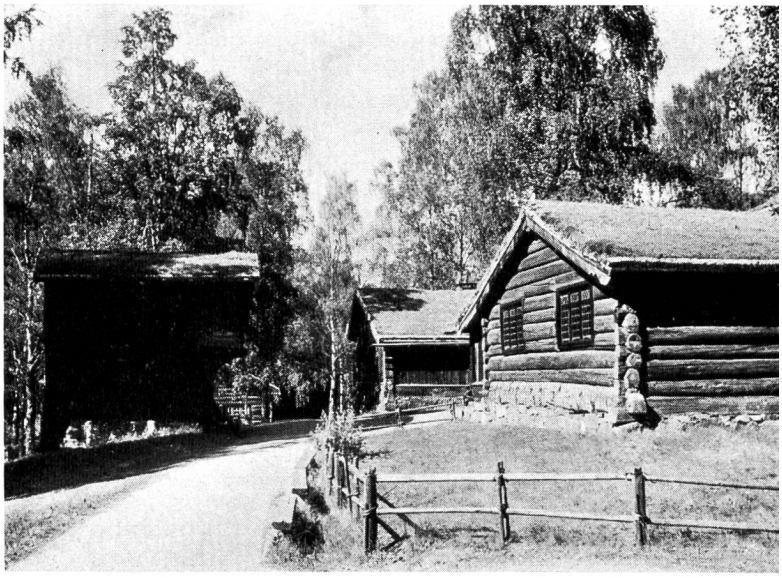
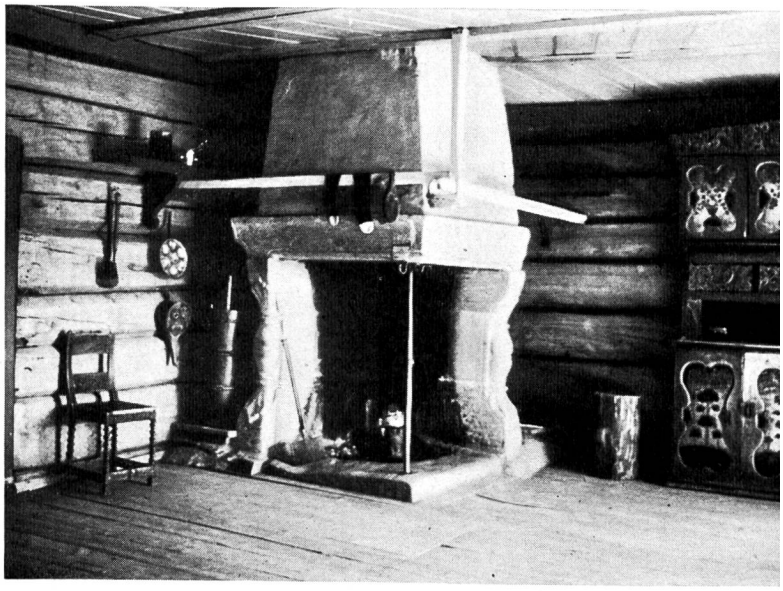


Bild 37 Typische norwegische Holzhäuser mit Graswuchs auf dem Dach.

Bild 38 Innenraum eines norwegischen Bauernhauses.



Bilder 39 und 40 Die Delegierten unserer grosszügigen norwegischen Gastgeber, Ehepaar Blydt (links) und Ehepaar Heggenhougen.

machen wir noch einen kurzen Spaziergang zu der unweit in einem grossen Friedhof gelegenen, im 11. Jahrhundert erbauten Stabkirche. In Lom übernachten wir wieder in einem netten und sehr gemütlichen Touristenhotel, und abends sehen wir noch die Dorfschönen beim Tanz in der unterirdischen Bar des Hotels!

Bei bewölktem bis bedecktem Himmel fahren wir am 8. Juli vorerst bis Tessanden dem schmalen See entlang die gleiche Strecke wie am Vorabend zurück und dann weiter bis Vågå, wo wir die 1270 erstmals erwähnte Kirche mit einem Taufstein vom Jahre 1050 besuchen. 50 km südöstlich von Vågå erreichen wir das wunderbare Gudbrandsdalen und fahren von Otta bis Lillehammer rund 120 km auf der Hauptstrasse Oslo–Trondheim. Beim langen Gudbrandstal handelt es sich um ein vom Fluss Lågen durchflossenes, seen- und waldreiches Gebiet, unterbrochen von Wiesen und Aeckern mit grossartigen Bauernhöfen mit grossen zugehörigen Arealen. In Vinstra, etwa in der Mitte dieses langen Tales, besuchen wir die unterste Stufe der Kraftwerkgruppe Vinstra, wo uns Direktor Hedenstad die Kavernenzentrale zeigt. Die untere Stufe gehört zu zwei Dritteln der Stadt Oslo und zu einem Drittel der Stadt Hammar und zwei weiteren Gemeinden. Die am Vortag erwähnten und passierten, im Hochgebirge gelegenen Seen Bygdin und Vinsteren dienen der Kraftwerkgruppe Vinstra als obere Speicherseen (Bygdin 350 Mio m³, Vinsteren 100 Mio m³; dazu kommen noch vier weitere kleinere Speicherseen mit insgesamt 128 Mio m³). Diese zweistufige Kraftwerkgruppe hat eine Jahresproduktion von 1,5 Milliarden kWh mit einem mittleren Energiegestehungspreis von 1,2 Oere bzw. 0,72 Rp. pro kWh. Das von uns besuchte Kraftwerk mit einer installierten Leistung von 4 mal 68 000 PS-Francisturbinen und einer 900 PS Pelton-Eigenbedarfsturbine produziert im Mittel 1000 GWh, wovon 690 GWh auf den Winter entfallen. Auf der Weiterfahrt sehen wir kurz vor Lillehammer das sehr breite Stauwehr beim riesigen Wasserfall Hunderfoss, wo soeben ein grosses Kraftwerk fertigerstellt wurde und in wenigen Tagen den Betrieb aufnehmen wird. Wir ha-

Bild 41
Düstere Abendstimmung im Hafen von Oslo.

ben aber das Glück, die ungebändigte stiebende Wasserkraft noch über das breite Wehr stürzen zu sehen, ein imposantes Schauspiel, das in wenigen Tagen mit Ausnahme von Hochwasserzeiten verschwinden wird (Bilder 34 und 35).

Sehr spät erreichen wir die am Nordende des riesigen Mjösasees gelegene Stadt Lillehammer, wo wir nach etlichen Irrfahrten das für das Mittagessen auserwählte Hotel finden; in diesem, in erhöhter Lage in einem Park gelegenen Hotel mussten im Frühjahr 1945 die Deutschen die bedingungslose Kapitulation auch gegenüber dem überfallenen friedlichen Norwegen unterzeichnen – eine historische Stätte, welche unsere norwegischen Freunde uns mit begreiflichem Stolz zeigen.

Nach dem Mittagessen besichtigen wir während mehrerer Stunden das Freilichtmuseum Maihaugen (Sandvigsche Sammlungen), wo in idyllischer Landschaft im Birkenwald verstreut typische norwegische Originalhäuser verschiedener Landesgegenden Norwegens errichtet wurden und wo man im Innern auch die Originaleinrichtungen besichtigen kann (Bilder 36 bis 38). Die Führung erfolgt durch nette Norwegerinnen in ihrer schmucken Tracht.

Nach dem Einkauf einiger origineller handwerklicher Gegenstände und erfrischendem Trunk (Bilder 39, 40), fahren wir in der Abenddämmerung in westlicher Richtung ansteigend zu dem an einem kleinen See gelegenen Kurort Sjusjöen, das stark an die Lenzerheide erinnert. Dort verbringen wir die nächste Nacht wiederum in einem typischen Touristenhotel.

Am 9. Juli wird Renzo Lardelli 50jährig, und am Abend wird es natürlich eine gebührende Feier geben, wird er doch nach Angabe von Blydt in den Club der Greise aufgenommen!

Um 10 Uhr fahren wir bei bewölktem bis bedecktem Himmel in südwestlicher Richtung durch ein wiederum seen- und waldreiches Gebiet mit grossartigen Stimmungen und erreichen schon bald wieder den Mjösasee, den grössten See Norwegens, dem wir nun lange Zeit am Ostufer folgen. Auf der letzten Fahrstrecke vom Südende des schönen Mjösasees bis Oslo sehen wir immer wieder grossartige reiche Bauernhöfe; Stall und Haushaltgebäude sind meist braunrot angestrichen, während das Wohnhaus meistens durch weissen Anstrich besonders hervorgehoben wird; grössere Bauernhöfe haben auch ihre eigene kleine Kirche. Die Strecke von Sjusjöen bis Oslo beträgt etwa 220 km, und nach rascher Fahrt erreichen wir kurz nach 13 Uhr die norwegische Hauptstadt, wo wir uns vorläufig von unseren norwegischen Freunden trennen.

Die einwöchige Studienreise durch Südnorwegen führte uns über 1200 km meist durch das Landesinnere.

Am Nachmittag besichtigen wir wiederum etwas die Stadt Oslo, wobei wir zum schlichten, weissen Königsschloss wandern, das in einem grossen Park gelegen ist, und unseren Spaziergang beim Hafen von Oslo beschliessen, zu einer Zeit, als eine prächtige Abendstimmung mit düsteren Wolken über dem Oslofjord herrscht (Bild 41).

Zum abschliessenden Nachtessen sind wir Gäste im Hause des Ehepaares Blydt, zu dem auch Direktor Poppe und Frau – Ingenieur Poppe hat sein Ingenieurstudium an der ETH absolviert – sowie die Tochter Blydt und ihr Mann zugegen sind. Wir verbringen wiederum einen ausserordentlich gemütlichen Abend, wobei das Jubiläum Lardellis gebührend gefeiert und gewürdigt wird; es fällt uns schwer, uns von den auf dieser langen und erlebnisreichen Fahrt so lieb gewordenen Freunden aus Norwegen in später Stunde zu trennen.

Am 10. Juli beschliessen wir unsere schöne Reise. Das Ehepaar Lardelli will am Nachmittag auf dem Seeweg von Oslo nach Kopenhagen fahren, dort noch den ganzen 11. Juli verbringen und in der Nacht nach Zürich zurückfliegen.

Wir fahren morgens schon ziemlich früh zum Flughafen und verlassen Oslo um 08.49 Uhr mit einer Caravelle der SAS. Nach einem Flug bei grossartiger Wolkenbildung und guter Sicht auf das tief unter uns entschwebende Land mit im Sonnenglanz glitzernden Seen, erreichen wir nach einem Flug von nur 52 Minuten um 09.41 bzw. 08.41 Uhr MEZ den Flughafen von Kopenhagen, wobei wir meistens in einer Höhe von 7300 m fliegen. Der Abflug von Kopenhagen, wiederum mit Caravelle, erfolgt um 09.38 Uhr, und schon um 11.14 Uhr landen wir wohlbehalten in Zürich-Kloten nach einer gesamten Flugzeit von 2 Stunden 28 Minuten für die gesamte Strecke Oslo–Zürich von rund 1500 km.

Mit grosser Dankbarkeit gedenken wir der aussergewöhnlichen und herzlichen Gastfreundschaft, die wir in so reichem Masse im schönen und sympathischen Berg- und Küstenland Norwegen in Anspruch nehmen durften.

Bild 42
Ueber lichten Wolkenflocken verlassen wir, reichbeladen mit vielen schönen Erlebnissen, das seenreiche Land Norwegen.

Bilder 1–42
Photos G. A. Töndury