

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298280

Veröffentlichung

# Franfurter Zeitung

1875

Die

## Wasserläufe Deutschlands

ihre Bedeutung und Verwertung.

Von dem Reichsanwalt Dr. jur. h. c. h. Dr. Carl v. Spreti



J. 379  
36

X  
1734



Sonderabdruck

aus der

# Frankfurter Zeitung

No. 144 VI., 161 II., 168 II. und 182 II. Morgenblatt.

Die

## Wasserkräfte Scandinaviens,

ihre Bedeutung und Verwertung.

Mit vier statistischen Tabellen, einer Uebersichts-Karte und der  
Abbildung eines typischen, schwedischen Wasserfalles.

Von

Otto Kahn

Mailand.



Frankfurt a. M. (1912)

Druck und Verlag der Frankfurter Societäts-Druckerei

Gesellschaft mit beschränkter Haftung.

1912

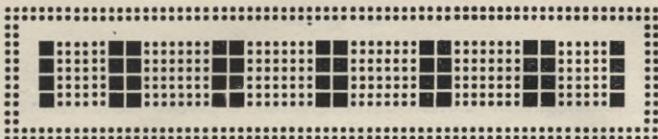
F. Nr. 30135

4342  
36



31557

Akc. nr. 2861/50



## Die Wasserkräfte Scandinaviens, ihre Verwertung und ihre Bedeutung.

Von **Otto Kahn** (Mailand).

### I.

Ein Dichterwort. — Die natürlichen Voraussetzungen der Wasserkräfte: Niederschläge, Flüsse und Seen; Temperaturverhältnisse, Höhenverhältnisse und Gefälle. — Größe und Verteilung der vorhandenen Kräfte.

„Ich denke nicht an so heilige und wunderbare Wasser, wie Ihr, aber vom Morgen bis zum Abend denke in an einen Fluß, der mit hellem, glänzendem Wasser frisch und klar dahinfließt. Ich denke an einen Strom, der von vielen Flüssen und Bächen Zufluß erhält, der breit und tief aus dem dunkeln Walde hervorkommt und so klar ist, daß man alle Kieselsteine, die auf seinem Grunde glänzen, unterscheiden kann. Und der Strom ist nicht vertrocknet wie der Sidron, er ist auch nicht ein Traum wie der Fluß, von dem Hesekiel spricht, oder so unmöglich zu finden, wie der des Hiskio, sondern er braust und rauscht noch heutigen Tags. Ich denke an den Dalelf daheim in Dalarne.“ — Die andern erwiderten kein Wort. Mit gesenkten Lidern saßen sie da. Seit der Dalelf genannt worden war, brachte es keiner mehr fertig, von den Quellen und Flüssen Palästinas zu reden.

Mit diesen ergreifenden Worten schildert Selma Lagerlöf, Schwedens größte Dichterin, in ihrem Roman „Jerusalem“ die gewaltige Sehnsucht, die die Bauern aus Dalarne

in der lechzenden Dürre des Heiligen Landes nach den frischen wassergesegneten Tälern ihrer Heimat ergreift. Die Wässer Skandinaviens, die mit ihren Wellen, Fällen und Stromschnellen der herben nordischen Erde Schönheit verleihen, sie treiben auch Werke und Bahnen, sie beleuchten Städte und Dörfer, sie sind zu einer gesegneten Quelle des Reichthums und gewerblichen Aufschwungs geworden, ja sie haben, wie im Verlaufe dieser Arbeit nachgewiesen werden wird, auch mächtig dazu beigetragen, abgelegene Gegenden ihrer Einsamkeit zu entreißen und zu erschließen.

Der Wasserreichtum Skandinaviens ist außerordentlich groß und auf mehrere günstige Umstände zurückzuführen. Die Niederschläge sind im allgemeinen bedeutend, namentlich im westlichen Hochland von Norwegen, einer der regenreichsten Gegenden Europas, wo sie eine Jahreshöhe von etwa 2200 mm gegen etwa 1000 mm in den regenreichsten Gegenden Deutschlands erreichen. Von dort nach Osten und nach dem Tiefland zu nehmen die Niederschläge ab, immerhin kann man die jährliche Durchschnittsniederschlagshöhe für Norwegen von 1000 mm, für Schweden von 600 mm und für Finland von 500 mm annehmen. Der gleichmäßige Abfluß wird dadurch begünstigt, daß vornehmlich im nördlichen Schweden die Flußgebiete zum größten Teil mit Nadelwald bedeckt sind, dessen Boden eine auffaugende Kraft hat und das gesammelte Raß allmählich abgibt. Bei der kühlen Temperatur ist die Verdunstung und bei der Festigkeit des meist felsigen Untergrundes die Versickerung nur gering, sodaß der größte Teil der Niederschläge in den Wasserläufen zum Abfluß kommt. Vor allen Dingen tragen aber die Seen, an denen alle drei skandinavischen Länder sehr reich sind, sehr dazu bei, einen verhältnismäßig gleichmäßigen Abfluß der Wassermengen herbeizuführen und dadurch erst eine wirtschaftliche Ausnutzung der weißen Kohle in großem Maßstabe zu ermöglichen.

Die Halbinsel hat im Verhältnis zu ihrer nördlichen Lage eine sehr milde Temperatur, die auf die Wirkung des Golfstroms zurückzuführen ist. Die Wasserläufe leiden daher längst nicht so durch Zufrieren, wie man ohne nähere Kenntnis der Verhältnisse annehmen könnte. Verglichen mit anderen

Gebieten der Erde in gleicher geographischer Breite ist z. B. die Temperatur an der Westküste Norwegens 16 bis 20° zu hoch. Die Lofoten haben bei einer Lage unter dem 68.° n. B. dieselbe Januar-temperatur wie die wallachische Ebene unter dem 43.°. Im Innern des Landes macht sich der Einfluß des Golfstroms natürlich weniger geltend und in Nordschweden leiden die Flüsse tatsächlich im Winter durch Austrocknen oder Gefrieren bis auf den Grund.

Bei der überaus großen Bedeutung der Seen für die Wasserkraftindustrie müssen wir bei ihrer Betrachtung etwas verweilen. Die Seen gleichen, wenn sie durch Staudämme zu Speicherbecken ausgebildet worden sind, Fässern, die man bei Ueberfluß füllt, um sie bei Wassermangel anzuzapfen. Fast alle schwedischen Flüsse durchlaufen mehrere Seen von beträchtlicher Ausdehnung, ja die bedeutenden, aber wegen ihrer Lage im menschenarmen Gebieten wenig gefassten nordschwedischen Flüsse erhalten erst beim Austritt aus den an Ausläufern des Kjoelen gelegenen Seen ihre Namen; z. B. der Tornea-Elf beim Austritt aus dem Tornea-Trasck, der Kalix-Elf bei dem Austritt aus dem Kalas-Jaervi, der Stora Lulea-Elf beim Austritt aus dem Lulea-Jaur usw. Es sei auch daran erinnert, daß Schweden einige Binnenseen von gerade ungeheurer Größe hat. Z. B. ist der Wenernsee mit 5568 qkm fast zehnmal so groß wie der Genfer See, der größte der Schweizer Seen. Bedeutend ist auch der vom Motala-Ström durchflossene Wetternssee mit 1900 qkm, der vom Norrström durchzogene Maelarssee mit 1163 qkm, der zum Gebiet des Hornavan-Stellefte-Elf gehörige Hornavan-Storavan mit 713 qkm. In Norwegen ist zwar die Ausdehnung der meisten Seen bedeutend geringer, aber die Seen haben geradezu ungeheure Tiefen und reichen häufig mit ihrem Grund unter den Meeresspiegel. Es hat z. B. der Mjösen eine Maximaltiefe von 440 m (bei einem Spiegel von 362 m ü. d. M.), der Tinsee eine solche von 436 m (Spiegel 190 m ü. d. M.) und der Hornindalssee eine solche von 486 m (Spiegel nur 52 m ü. d. M.). Man kann auch in dem menschenarmen Lande, wo der Bodenwert sehr gering ist, die natürlichen günstigen Verhältnisse, die bei den langgestreckten Tälern mit den engen Ausgängen geradezu zum Aufstauen einladen, ausnutzen, die Staudämme bis zu

außerordentlichen Höhen führen und geradezu ungeheure Wassermengen aufspeichern. Stauhöhen von 10 bis 15 m sind in Norwegen nicht selten. Eines der großartigsten Beispiele für die Aufspeicherung ungeheurer Wassermengen bilden die Seen im Gebiet des Stienflusses in Norwegen. Man hat im Moes-See (Mjøsvand) nicht weniger als 750 Mill. cbm Wasser aufgespeichert und im unterhalb davon gelegenen Tin-See 220 Mill. cbm. Dadurch hat man den Abfluß des aus dem Moes-See kommenden Maansflusses, der das Triebwasser auch für das Riesen-Luftstickstoffwerk am Njukanfos liefert, von 5 auf 45 cbm in der Sekunde erhöht und den Abfluß des aus dem Tin-See kommenden Tinflusses, der das Kraftwerk von Robodden speist, von 14 auf 87 cbm in der Sekunde. Wenn noch einige Seen in diesem Flußgebiete reguliert sind, so werden nicht weniger als 1220 Mill. cbm aufgespeicherten Wassers zur Verfügung stehen. Diese Aufspeicherung und Erhöhung des Abflusses auf ein Vielfaches bedeutet die Gewinnung von hunderttausenden von Pferdekraften. Zum Vergleich sei bemerkt, daß eines der bedeutendsten Schweizer Kraftwerke, das von Brusio, in den Berninaseen und dem Buschlavsee 25 Mill. cbm ansammelt hat und daß von den italienischen Speicherbecken keines auch nur annähernd diese Menge erreicht, ja daß ein Speicherbecken von 5 Mill. cbm in Italien zu den bedeutenderen gehört. Die größte deutsche Talsperre, die im Urftal in der Eifel, sammelt 45,5 Mill. cbm Wasser an. Ebenso bedeutend ist der Aufstau des Mjoesen-Sees, der zum Gebiet des größten norwegischen Flusses, des Glommen, gehört. Nachdem man bereits in den fünfziger Jahren des vorigen Jahrhunderts zu Schifffahrtzwecken einen Stauraum von 830 Mill. cbm Inhalt geschaffen hatte, hat man neuerdings durch einen weiteren Aufstau von 70 cm die Mindestwassermenge von 120 auf 220 cbm/sec. erhöht, sodaß die Werke mit wirtschaftlichem Vorteil auf den Riesenzufluß von 300 cbm/sec. eingerichtet werden konnten. Viele dieser Seeregulierungen dienen außer der Wasserkraftindustrie auch der Flößerei, indem die Staubecken mit ihrer ausgleichenden Wirkung verhindern, daß die Wasserläufe während der Hochwasserperiode zu sehr anschwellen und während der Dürre austrocknen. Auch in

Schweden trifft man auf interessante Seeregulierungen. An kleinen Seen sind derartige Arbeiten schon seit Jahrhunderten ausgeführt. Viele weitere großartige Regulierungsarbeiten sind geplant oder schon in der Ausführung; wir erwähnen davon die an den Seen des Laganflusses, die Regulierungen des Åsnen, Sommen, Wenern, Skagern und Siljan. Das großartigste Projekt ist jedenfalls die Regulierung des Wenernsees, die nach der Berechnung eines der bedeutendsten Fachmänner, des Direktors Sven Luebeck von der Aktiebolaget Battenbygnadsbyran, die Auffpeicherung von 8490 Millionen cbm Wasser erlaubte und für die sich der schwedische Staat wegen seiner an den Trollhätta-Fällen und anderer im Goetaelf gelegenen Kräfte lebhaft interessiert.

Diese günstigen hydrographischen Verhältnisse bringen es mit sich, daß die skandinavischen Kraftwerke mit Wassermengen arbeiten können, die in Mitteleuropa unerhört sind. Während in Deutschland sowohl wie in der Schweiz und Italien eine Wassermenge von 10 cbm/sec. als bedeutend angesehen wird und eine solche von 60 cbm/sec. zu den seltenen Ausnahmen gehört, ist die Zahl der skandinavischen Anlagen, die über 50—60 cbm/sec. verfügen, sehr groß und einzelne Werke, wie die am Dalelf, am Goetaelf und am Glommen haben Wassermengen von über 200 bis 350 cbm/sec. zur Verfügung. Um diese Zahlen anschaulich zu machen sei bemerkt, daß eine Wassermenge von 200 cbm/sec. die durch den Zulaufskanal strömt, von einem endlosen Schnellzuge bewältigt werden könnte, bei dem das ganze Bauprofil von den Schienen bis zum Dache (etwa  $2\frac{1}{2} \times 4$  m) zum Wasserbehälter ausgebildet wäre und der mit einer Geschwindigkeit von 72 km in der Stunde dahinsauft.

Was die Höhenverhältnisse anbetrifft, so sind sie in den verschiedenen Teilen der Halbinsel verschieden. Schweden hat seine bedeutendsten Erhebungen am Kjoelen, dem westlichen Grenzgebirge gegen Norwegen. Die Seen liegen hier etwa 300 bis 400 m über dem Meerespiegel. Der Süden und Südosten, der volkreichste Teil des Landes, ist mehr flach, doch kommen auch hier einige schöne Gefällstufen vor, wie die bei den Trollhättafällen von 32 m. Nor-

wegen hat seine steilsten Hänge bekanntlich an der Westküste und man findet hier Nutzgefälle, die mit 1000 m Höhen den bedeutendsten in den Alpen nicht nachstehen. Da jedoch hier die Wasserläufe bei der Lage der Wasserscheiden in der Nähe der Küste nur kurz und daher wenig mächtig sind, so hat man die schönen Gefällstufen bisher noch wenig ausgenutzt, obwohl einer der besten Kenner der Verhältnisse, Baurat Dubislaw in Münster, in seinem trefflichen Buche „Neuere Wasserkraftanlagen in Norwegen“ darauf aufmerksam gemacht hat, daß hier mit Hilfe von Staubecken noch sehr bedeutende Kräfte zu gewinnen sind. Nachdem jüngst eine entsprechende Vorlage angenommen worden ist, geht der norwegische Staat demnächst an den Ausbau einer weiteren Anzahl von Seen zu Speichierzwecken. Sehr schöne Gefälle bieten sich auch im Südosten des Landes, wo die Flüsse ein größeres Niederschlagsgebiet haben und infolgedessen sehr bedeutende Wassermassen führen. Ein besonders schönes Beispiel bietet der zum Gebiet des Stienflusses gehörige Madnfluß, der vom Moessee bis zum Tinssee ein Gefälle von 712 m oder von durchschnittlich 22 m auf 1 km Flußlänge hat. Ein besonderer Vorteil der skandinavischen Wässer ist es ferner, daß die Gefälle durch die Natur vielfach an einzelnen Stufen vereinigt sind. Diese Fälle, die mit ihrer Macht eine der hervorragendsten Naturschönheiten des Landes bilden, haben die Ausnutzung der Wasserkraft außerordentlich erleichtert und verbilligt, indem nicht erst durch lange und teure Zulaufskanäle künstliche Fälle geschaffen zu werden brauchten.

Die Naturkraft in sämtlichen Wässern wird für Schweden auf 10 Millionen und für Norwegen auf 28 Millionen PS berechnet. Davon dürften sich mit wirtschaftlichem Vorteil ungefähr 3 800 000 Millionen in Schweden und 4 800 000 Pferdestärken in Norwegen ausnutzen lassen. Jedoch liegen bisher nur Schätzungen vor, da genaue hydrographische Aufnahmen erst im Gange sind. Aber wie groß auch die Korrekturen sein mögen, die die endgültige Feststellung an diesen Zahlen vornehmen wird, die vorhandenen Wasserkräfte sind geradezu ungeheuer. Die vorhandene Naturkraft würde ausreichen, um den größten Teil aller gewerblichen Anlagen auf

der Erde zu betreiben. Mit Einschluß von Finnland beträgt die Nutzkraft d. h. die mit wirtschaftlichem Vorteil auszunutzende Kraft in den skandinavischen Gewässern fast 10 Millionen PS, d. i. ungefähr das Dreifache der in ständigem Betrieb befindlichen preußischen Dampfmaschinen, das Dreifache der italienischen, das Zehnfache der schweizerischen, das Zwölffache der bayerischen und das Zwanzigfache der badischen Wasserkräfte. Dabei ist zu bedenken, daß Schweden und Norwegen wohl zusammen fast eineinhalb Mal so groß sind, wie das Deutsche Reich, daß aber ihre Einwohnerzahl die von Bayern nur wenig übertrifft. Im Verhältnis zur Einwohnerzahl hat also Skandinavien einen ungeheuren Ueberschuß an Wasserkraften. Dazu kommt noch, daß die bedeutendsten Wasserkräfte in den volkarmsten Gebieten liegen. Nicht weniger als drei Viertel der schwedischen Kräfte liegen in Norrland, dem am schwächsten besiedelten nördlichen Teile des Landes, wo natürlich der Bedarf an Kraft nur gering ist. Aehnlich liegen in Norwegen die bedeutendsten Kräfte in abgelegenen und schwer zugänglichen Gebirgstälern, von wo die Produkte einer Industrie nur unter bedeutenden Kosten an die See gebracht werden können und wo sich überdies kein Rohmaterial zur Verarbeitung findet. Nichts ist eben auf unserer Erde vollkommen: wo der Wein, da fehlt häufig der Becher, und wo die Wasserkraft, da fehlt der natürlich örtliche Bedarf und muß durch künstlich geschaffene Großindustrien ersetzt werden.

---

## II.

Geschichte und Entwicklung der Wasserkraft in Skandinavien. — Die Einführung der Holzschleiferei. — Die elektrische Fernübertragung und der Aufschwung der hydroelektrischen Industrie. — Die elektrochemische Industrie: Karbid- und Luftstickstoffgewinnung. Die Riesenwerke Notodden und Rjukanfos. — Die elektrometallurgische Industrie: Erzschnmelzung und Stahlbereitung.

Die Anfänge der Ausnutzung der Wasserkräfte in Skandinavien gehen auf eine Zeit zurück, über die uns keine Dokumente vorliegen. Man nimmt an, daß die ersten primitiven Wasserräder etwa im 4. Jahrhundert n. Chr. gebaut worden sind, zunächst für kleine Mühlen, dann für Holzsägen, Knochenquetscher und andere einfache Einrichtungen. Erst im 15. und 16. Jahrhundert entstanden die ersten größeren und vervollkommneten Anlagen, in Schweden für die Eisenwerke, die an zahlreichen Orten, wo Holzkohlen und Wasserkräfte zu finden waren, entstanden, in Norwegen für die Sägemühlen, die das in den Wasserläufen herabgefloßte Rundholz für die Ausfuhr zerschnitten. Diese alten Wasserräder sind auch heute noch an vielen Orten, wo die Wassermenge reichlich ist, selbst bei sonst recht modernen Werken zu finden. Die Erfindung der Turbinen gab der Wasserkraftindustrie in Skandinavien keinen besonderen Anstoß, da wegen des Wasserreichtums rationell arbeitende Motoren nicht unbedingt nötig waren. Dagegen erwies sich die Erfindung der Holzschleiferei, die im Jahre 1843 dem Deutschen Friedrich Heller gelang, als äußerst wichtig für die Ausnutzung der Wasserkräfte in Skandinavien. Gerade für die Holzmassfabriken liegen die Verhältnisse sehr günstig, da das in den ausgedehnten Wäldern geschlagene Rundholz fast

immer auf dem Wasserwege zu den Verarbeitungsstellen befördert werden konnte. Es kamen jedoch nach wie vor hauptsächlich die nahe an der See gelegenen verhältnismäßig geringen Kraftquellen für die exportierende Industrie in Betracht.

Wie in Italien, der Schweiz und in Amerika, so trat auch in Skandinavien die Verwendung der Wasserkraft in ein ganz neues Stadium, nachdem die Fernübertragung der in Elektrizität umgesetzten Wasserkraft durch die Erfindung des Dreiphasensystems gelöst und auf der Frankfurter Ausstellung im Jahre 1891 zum ersten Male praktisch durchgeführt worden war. Es war nun die Möglichkeit gegeben, nicht nur solche Wasserkräfte auszunutzen, die am Orte selbst keine Verwendung finden konnten, sondern man konnte auch weit rationellere und billigere Anlagen machen, indem man das Gefälle einer längeren Flußstrecke an einer Stelle zusammenfaßte und sie durch ein einziges großes Werk ausnutzte. Im Jahre 1893 wurden die ersten 300 elektrischen PS von Hellefors nach Grängesberg geleitet. Von außerordentlichem Wert für die nordischen Wasserkräfte waren dann die erst in unserem Jahrhundert gemachten elektrochemischen und elektrometallurgischen Erfindungen. Die Industrien, die sich auf sie stützen, brauchen geradezu ungeheure billige Kraftmengen, die sich am günstigsten in den norwegischen Fällen boten. In dem schwach besiedelten Lande ist die örtliche Nachfrage nach Kraft sehr gering und es hätten namentlich die riesigen Kräfte im Innern Telemarkens keine Verwendung gefunden, sie wären Naturkräfte geblieben, die der Mensch nicht hätte ausnutzen können. Aber eben dieser Mangel einer anderweitigen Nachfrage hielt den Preis der Wasserkräfte in diesen Gegenden auf ihrem durch die äußerst günstigen natürlichen Verhältnisse, durch den Wasserreichtum, die schönen Gefällstufen und die leichten sowie billigen Stauungen, bedingten niedrigen Stand.

Am wichtigsten von den elektrochemischen Industrien ist die Gewinnung des Stickstoffs aus der Luft, für die in Norwegen die bedeutendsten Anlagen auf der Erde entstanden oder im Entstehen sind. Bei der Bedeutung dieser Industrie und dem direkten Interesse, das deutsches Kapital an ihr hat, (die Badische Anilin- und Sodafabrik, die Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer und

Co. in Elberfeld und die Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation in Berlin sind bekanntlich in einer Gruppe vereinigt hervorragend an ihr beteiligt) mag eine kurze Darstellung ihrer wissenschaftlichen Grundlagen und ihres technischen Zusammenhangs mit der Verwertung der Wasserkraftelektrizität hier Platz finden.

Der Verbrauch an Chilisalpeter ist teils für industrielle, hauptsächlich aber für landwirtschaftliche Zwecke in den letzten Jahrzehnten ungeheuer gestiegen. Hamburg allein führt jetzt jährlich etwa 650 000 Tonnen im Werte von etwa 125 Mill. Mark ein, von denen freilich ein Teil ins Ausland weiter geht. Die chilenischen Salpeterlager sind zwar sehr mächtig, aber bei dem kolossalen Bedarf keineswegs erschöpflich. Es tauchte schon die Salpeterfrage drohend auf, die namentlich für die Landwirtschaft eine sehr ernste Bedeutung hatte, da diese nicht wußte, wie sie nach Erschöpfung der chilenischen Lager ihren Bedarf an einem Düngemittel decken sollte, das den für das Leben der Pflanze höchst wichtigen Stickstoff enthält. Der Stickstoff selbst befindet sich zwar in unbegrenzten Mengen in der Luft, die zu vier Fünfteln aus ihm besteht. Während aber die Pflanze ihren Bedarf an Kohlenäure direkt aus der Luft einzuatmen vermag, obwohl in 10.000 Teilen Luft nur 3 Teile Kohlenäure enthalten sind, so kann sie den nötigen Stickstoff nicht aus der Luft aufnehmen, sondern dieser muß ihr in einer im Wasser gelösten Form im Boden zur Verfügung gestellt werden, damit sie ihn ganz wie die Phosphorsäure und das Kali mit den Wurzeln aufsaugen kann. Wollte man also den Chilisalpeter ersetzen, so müßte man den gasförmigen Stickstoff der Luft in solche feste Verbindungen überführen, die als künstlicher Stickstoffdünger Verwendung finden können. Nachdem Siemens der Welt die Elektrizität in beliebigen Mengen durch Erfindung der Dynamomaschine zur Verfügung gestellt hatte, konnte man die Lösung der Aufgabe unternehmen, denn erst jetzt war die Gewinnung von großen Mengen dieser Verbindungen möglich. Zuerst gelang es im Jahre 1894 Frank und Caro, den Stickstoff an Kaliumkarbid zu binden, indem sie diese im elektrischen Ofen gewonnene Substanz in einen eisernen Kessel brachten und in diesen Stickstoff leiteten,

der durch Destillation flüssig gemachter Luft gewonnen war. Sobald das Kalziumkarbid auch nur an einer Stelle erhitzt wird, absorbiert es den Stickstoff bis zur Sättigung. So erhält man das Kalziumcyanamid, das unter dem Namen Kalfstickstoff in der Landwirtschaft Verwendung findet, jedoch selbst nach seiner Umwandlung in schwefelsäures Ammoniak auf den Pflanzenwuchs von langsamerer Wirkung ist als der Salpeter. Deshalb war die Erfindung des Kalstickstoffs nur eine teilweise Lösung des Problems. Zuerst gelang es den Scandinaviern Birkeland und Eyde, künstlichen Salpeter herzustellen. Chilisalpeter ist salpetersäures Natron und Salpetersäure besteht in ihrer absolut wasserfreien Form aus Sauerstoff und Stickstoff, den beiden Hauptbestandteilen der Luft. Diese beiden in der Luft nebeneinander vorhandenen Gase haben die beiden genannten Erfinder miteinander verbunden, indem sie den Flammbogen der elektrischen Bogenlampe durch einen Magneten zu einer Scheibe auseinander ziehen, diese elektrische Sonne in einem Rohre brennen lassen und durch dieses Luft leiten. Wenn die Luft die Röhre verläßt, so enthält sie etwa 1 pCt. Salpetersäure. Ein anderes Verfahren, das Schönherr erfunden hat, wird von der Badischen Anilin- und Soda-Fabrik angewendet. Schönherr zieht den elektrischen Funken auf eine Länge von 7 Meter aus, läßt ihn dann in einem Rohre überspringen und leitet durch dieses die Luft. Die Luft hat dann bei dem Verlassen der Röhre sogar 2 Prozent Salpetersäure. Die Salpetersäure bindet man der Billigkeit halber an Kalk und erhält so den Luftsalpeter oder Norge-Salpeter. Während der Chilisalpeter infolge seines Gehaltes an Natron den Boden hart macht, hat der Norgesalpeter nicht diese unangenehme Eigenschaft.

Eine Riesenindustrie ist in Norwegen auf dem Gebiete der Luftstickstoffgewinnung entstanden und noch in voller Entwicklung. Sowohl für das Brennen von Kohle und Kalk zu Kalziumkarbid, wie zum Betrieb der Elektrodenöfen Birkeland-Eydescher wie Schönherrscher Bauart sind gewaltige Mengen Elektrizität nötig, die man den unerschöpflichen billigen Minen norwegischer Wasserkräfte entnimmt. Die Badische Anilin-

und Sodafabrik errichtete zunächst eine Versuchsanlage in der Nähe von Christianssand, die 1907 in Betrieb kam. Die norwegisch-(Eydesehe)-französische Gruppe baute dann ihre große Anlage bei Notodden am Svalgfos mit 30 000 PS. Eine noch gewaltigere Anlage baut die deutsche Gruppe am Njukanfos. Von dem Gesamtgefälle des Waanflusses zwischen Moessee und Tinsee sollen bei Notodden nicht weniger als 550 m in zwei Stufen ausgenutzt werden. Da man eine Mindestwassermenge von 47 cbm/sec zur Verfügung hat, so kann man nach Abzug der Verluste in den Rohrleitungen rund 230 000 PS gewinnen. Der Ausbau der ersten Gefällstufe mit rund 145 000 PS ist nahezu vollendet und in wenigen Wochen wird die Luftstickstoff-Fabrik in dem nahegelegenen Saahheim, die die Kraft dieses größten europäischen Wasserelektrizitätswerkes verwendet, in Betrieb kommen. Uebrigens haben sich die beiden Gruppen, die deutsche und die norwegisch-französische (Norsk Hydroelektrisk Kvaestof Aktieselskab) geeinigt und zwei Tochtergesellschaften gegründet: eine Kraftgesellschaft, die mit 16 Millionen Kr. Kapital den Ausbau weiterer norwegischer Wasserkräfte für elektrochemische Zwecke betreiben will und die Norske Salpeterverker mit 18 Millionen Kapital für den Betrieb von Luftstickstoffwerken. Zahlreiche Wasserrechte sind von den Gruppen zu späteren Erweiterungen angekauft worden. Ein größeres Luftstickstoffwerk besteht ferner bei Hafslund am Glommen, eine Gründung von Schuckert in Nürnberg, während Kalkstickstoff in großen Mengen von der Karbidfabrik Odda mit den Kräften des Lyffeoffes beim Hardangerfjord erzeugt wird. Im ganzen beschäftigen sich sieben norwegische Werke mit der Herstellung von Kalziumkarbid, ihre Leistungsfähigkeit wird auf etwa 100 000 t im Jahre im Werte von 18 Millionen Kr. geschätzt, während die Erzeugung vergangenes Jahr wegen der Krise im Karbidhandel nur 50 000 t betrug. Es ist kaum eine Uebertreibung, wenn man berechnet, daß noch vor Ablauf dieses Jahrzehnts etwa eine halbe Million Pferdestärken von der norwegischen elektrochemischen Industrie ausgenutzt werden.

Die elektrometallurgische Industrie, die sowohl Schweden wie Norwegen interessiert, ist noch nicht wie die

elektrochemische in einen langerprobten Großbetrieb eingetreten, obwohl eine Reihe von Versuchen wohl gelungen ist und ein bedeutender Aufschwung unmittelbar bevorsteht. In Betracht kommt hauptsächlich die elektrische Schmelzung von Eisenerzen, an denen namentlich Schweden sehr reich ist. Erze sind bekanntlich Oxydationsformen des Eisens. Um den Sauerstoff zu entfernen, läßt man ihn sich mit dem ihm näher verwandten Kohlenstoff verbinden (erster Kohlenstoffbedarf). Diese Oxydierung des Kohlenstoffs durch den an das Eisen gebundenen Sauerstoff geht am besten in großer Hitze vor sich, da dabei die Stoffe chemisch besser agieren. Zur Erzeugung der Hitze verwendete man bisher ebenfalls Kohlenstoff (zweiter Kohlenstoffbedarf). Die Wirkung des zweiten Kohlenstoffs kann man nun auch durch Anwendung von Elektrizität hervorrufen, während der erste Kohlenstoff natürlich vorhanden sein muß. Die elektrische Wärme wird dann hervorgerufen entweder durch Induktionswirkung des elektrischen Stromes oder wie schon heute in den Elektrotahlöfen durch den Flammbogen. Die Vorteile der elektrischen Roheisengewinnung sind: Die Verunreinigungen durch den Heizstoff, wie Koks, fallen fort, daher kann man für die Reduktion sehr reinen Kohlenstoff, z. B. Holzkohle, nehmen. Man spart etwa drei Viertel des Brennmaterials, die Anlagekosten sind beim elektrischen Ofen geringer als beim Gebläseofen, da der Gebläse- und Heizapparat fortfällt, der Erzstaub kann ohne Bricketieren verwertet werden und die Wartung ist einfacher sowie billiger. Nach einer Information, die mir die Aktiebolaget Elektrometall in Ludvika freundlichst gegeben hat, stellt sich das elektrische Holzkohlenroheisen an den schwedischen Wasserkraftanlagen, wo das Jahreskilowatt nur 35 bis 50 Kronen kostet, auf 5 bis 10 Kr. billiger per Tonne als das in Gebläseöfen hergestellte. In Schweden werden Ende dieses Jahres vier elektrische Hochofen nach der Bauart Elektrometall an drei verschiedenen Plätzen für eine gesamte Kraft von 12 500 PS und eine Jahresproduktion von etwa 35 000 Tonnen Roheisen in Betrieb kommen. Auch in Norwegen sind etwa ein halbes Duzend Unternehmungen für die elektrische Herstellung von Eisen und Stahl gegründet worden, ja man erwartet für dies an billigen Wasserkraften und be-

deutenden Erzlagern reiche Land ein Wiederaufblühen seiner alten Eisenindustrie, die durch die Verteuerung der Holzkohle seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts fast zum Aussterben gekommen war. Das Hardanger Elektrische Zern- og Staalverk errichtet zwei Hochofen von je 2900 PS und einen Stahl- ofen von 800 PS, größere ähnliche Anlagen werden von der Tinfos Zernoers Aktiefelskab, der Stavanger Staalverk Aktiefelskab und von der Arendals Josselkompagni errichtet. Auch die elektrische Stahlbereitung ist aussichtsreich: Wenn erst das im elektrischen Hochofen gewonnene Roheisen, das sich mit einem niedrigen Gehalt an Kiesel und Mangan herstellen läßt, in einen gasgeheizten Mischer gebracht und dann im elektrischen Stahlofen raffiniert wird, so steht das Erzeugnis der höchsten Martinstahlqualität nicht nach. In Schweden beschäftigt sich die Vereinigung der Eisenwerksbesitzer, das sog. Zernskontoret, in Norwegen sogar eine Regierungskommission mit der Erprobung und Weiterbildung der elektrischen Schmelzprozesse. Es ist aber schon heute zweifellos, daß die elektrische Verhüttung in dem wasser- und erzeichen Skandinavien eine große Zukunft hat.

Von einer dritten Verwendung großen Stills der in den Wasserkräften gewonnenen Elektrizität, nämlich mit dem Betrieb der Bahnen unter Berücksichtigung der besonderen Verhältnisse des Nordens, wird in einem weiteren Artikel im Zusammenhang mit der Wasserkraftpolitik des schwedischen Staates die Rede sein.

### III.

Kosten der Anlagen und Strompreise. — Stand der Ausnutzung der Wasserkräfte. — Die Wasserkraftpolitik des schwedischen Staates. — Die Kgl. Wasserfalldirektion. — Die drei Staatskraftwerke. — Verdienste der Privatindustrie. — Der „Wasserkraftsozialismus“. — Wasserkräfte und Politik.

Bei den äußerst günstigen Ausbauverhältnissen, deren Ursachen in den reichlichen Wassermengen, in der leichten und billigen Anlage von Staubecken und in den zahlreichen von Natur vereinten Gefällstufen liegen, stellt sich die Anlage der Wasserkraftwerke in Scandinavien sehr niedrig. Der Ingenieur Sven Luebeck in Stockholm, eine der ersten Autoritäten auf dem Gebiete, gibt die Baukosten für die PS mit Einschluß der elektrischen Maschinen auf 250 bis 350 Kr. im Süden und auf 150 bis 300 Kr. im Norden an. In Mitteleuropa gelten Kräfte, deren Ausbau das Doppelte der höchsten dieser vier Zahlen kosten, im allgemeinen noch für sehr wohl ausbaufähig. Was die Strompreise anbetrifft, so ist schon erwähnt worden, daß an den schwedischen Wasserwerken die Jahres-PS mit 35 bis 50 Kr. bezahlt zu werden pflegt. In Norwegen gehören die Kräfte, die mit 25 Kr. per Jahres-PS geliefert werden können, keineswegs zu den Ausnahmen. Zum Vergleich sei hinzugefügt, daß in Oberitalien ein Preis von 100 Fr. per Jahres-PS ein ganz ausnahmsweis niedriger ist, der nur den bedeutendsten Abnehmern eingeräumt wird.

Kein Wunder, daß trotz der verhältnismäßig schwachen Besiedelung und der mäßigen Industrialisierung des Nordens die Wasserkraftindustrie geradezu riesige Fortschritte ge-

macht hat. In Schweden allein wurden voriges Jahr etwa 121 000 PS an neuausgebauten Anlagen dem Betrieb übergeben. Während hier 1907 erst 220 000 PS in großen Wasserkraftanlagen erschlossen waren, zählte man 1910 schon 450 000 PS und bald wird man in Schweden 600 000 PS zählen, d. i. ebensoviel wie das fünfmal so volkreiche und wegen seines Reichtums an Wasserkräften berühmte Italien. In Norwegen dürften ebenfalls bald 600 000 PS in den größeren Wasserkraftwerken laufen, sodaß alsdann weit mehr als eine Million PS oder über ein Achtel der Nutzkraft der skandinavischen Wasserkräfte auch ausgebaut ist. Um einen Begriff zu geben, wie sich der Bedarf an Wasserkraft auf die einzelnen Industrien verteilt, sei hier erwähnt, daß von den 450 000 PS, die 1910 in Schweden liefen, rund 140 000 von der Holzindustrie bezogen wurden, rund 80 000 von den Eisenwerken, rund 35 000 von der elektrochemischen Industrie, 10 000 von der Textilindustrie, während 185 000 von den großen Zentren für verschiedene Kraft- und Beleuchtungszwecke verteilt wurden.

Nachdem der Privatindustrie in jahrhundertelanger Pionierarbeit die Erschließung der Wasserkräfte gelungen war, hat der schwedische Staat im Hinblick auf die große Bedeutung der Wasserkräfte für das Allgemeinwohl angefangen, eine Wasserkraftpolitik großen Stils zu treiben und selbst den Ausbau von bedeutenden Werken zu unternehmen. Der schwedische Staat hat an Wasserfällen eine Kraft von rund 670 000 PS, die während drei Vierteln des Jahres zur Verfügung stehen, im Alleinbesitz und ist außerdem mit rund 210 000 PS an Wasserfällen in gemischtem Besitz beteiligt. Daneben erhebt der Staat auf sehr bedeutende Wasserkräfte in Norrland Anspruch, deren Eigentumsrecht erst durch Prozeßverfahren festgestellt werden soll. Im Jahre 1906 begann der Staat eine positive Wasserkraftpolitik zu treiben, indem er den Ausbau der großartigen Trollhätta-Fälle in Südschweden beschloß. Zunächst richtete der Staat eine lokale Direktion für die Leitung der Bauarbeiten ein, im Jahre 1909 aber bildete er eine große selbständige Behörde zur Bearbeitung aller mit dem Ausbau der Wasserkräfte zusammenhängenden Angelegenheiten. Diese Behörde, die erste

staatliche dieser Art, die meines Wissens überhaupt auf der Erde besteht, führt den Namen Kgl. Wasserfalldirektion (Kungl. Vattenfallsstyrelsen) und besteht aus einem Wasserfalldirektor und vier Beisitzern. Um eine völlig geschäftsmäßige Verwaltung zu erleichtern, genießt die Wasserfalldirektion ein verhältnismäßig sehr weites Bestimmungsrecht und es gehören ihr außer dem Direktor ein Wege- und Wasserbautechniker, zwei Sachverständige für Handel und Industrie sowie ein Jurist an. Von dem Wasserfalldirektor ressortiert ein vortragender Ingenieur mit einem technischen Bureau und ein Sekretär und Bevollmächtigter mit einem juristischen und verwaltenden Bureau. Die Direktion hat die wichtigsten staatlichen Wasserfälle zu verwalten, für den Bau von Staatskraftwerken die Entwürfe und Vorarbeiten auszuführen und endlich die rationelle Ausnutzung der schwedischen Wasserkräfte überhaupt zu fördern. Zu letzterem Zwecke studiert die Direktion namentlich die Ausbildung von Seen zu Staubecken. Der Staat hat bereits eine Summe von fast 50 Millionen Kronen für seine Wasserkraftwerke und die damit in engem Zusammenhang stehende Elektrifizierung von Bahnen ausgeworfen und im südlichen Schweden für 5 Millionen Wasserkräfte angekauft. Das erste große Staatskraftwerk bei den Trollhättafällen ist bereits seit mehreren Monaten im Betrieb, es wird nach dem vollen Ausbau, der bereits in der Ausführung ist, 80 000 PS entwickeln und soll 11 555 000 Kr. kosten, also nur 144 Kr. für 1 PS Leistung. Im Bau befindet sich ferner jenseits des Polarkreises eine Kraftstation an den Porjusfällen am Uleå-Elf, über die im anderen Zusammenhang noch viel zu sagen ist. Sie wird 50 000 PS entwickeln und soll mit der Bahn Gellivare-Porjus, die das abgelegene Kraftwerk zugänglich machen soll, sowie mit den elektrischen Leitungen für die Erzbahn Kiruna-Niisgränsen 21 500 000 Kr. kosten. Endlich ist die Anlage einer großen Zentrale an den Fällen vor der Mündung des Dalelf im mittleren Schweden (Elfkärlaby) beschlossen. Das Werk, das eine sehr industriereiche Gegend bedient und später seinen Strom 150 Km. weit bis Stockholm leiten soll,

wird nach seinem vollständigen Ausbau auf 45 000 PS 9 210 000 Kr. kosten.

Diese kühne Politik des schwedischen Staates kann natürlich nicht durchgeführt werden, ohne private Interessen zu verletzen und sie stößt deshalb bei einem Teile der Besitzer von Wasserkräften auf Widerspruch. Namentlich verdenkt man es dem Staate, daß er mit Privaten wegen des Besitzes von Wasserkräften in Norrland Prozesse führt und dadurch eine gewisse Unsicherheit in die Verhältnisse gebracht hat. Es liegt kein Vorteil darin, so sagen die Gegner der Wasserkraftpolitik des schwedischen Staates, daß der Staat das Verfügungsrecht über die Mehrzahl der Wasserkräfte in Norrland erhält, da es die private Großindustrie in erster Linie ist, die diese Kräfte ausnützen kann. Die Befürworter des Privatystems weisen auch auf die außerordentlichen Verdienste hin, die sich die Privatindustrie um die Erschließung der schwedischen Wasserkräfte erworben hat. Schweden ist eines der wenigen Länder, die dem Uferbesitzer das Recht über die Wasserkraft ohne eine besondere Konzession einräumen. Im Schutze dieses Gesetzes hat sich die schwedische Wasserkraftindustrie durch die Arbeit der Privatbesitzer kräftig entwickelt. Ueberall läßt sich feststellen, daß die Kraft rationell und wirtschaftlich ausgenutzt wird und die Anlagen solid und modern ausgeführt worden sind. Im südlichen und mittleren Schweden wird allmählich eine durchgreifende „Profilregulierung“ der Flüsse vorgenommen, wodurch die Gefälle in praktischer und wirtschaftlicher Weise vereinigt und von den ruhigen Flussstrecken getrennt werden. Auch um die See regulierungen ist die Privatindustrie verdient. Selbstverständlich wird bei allen Anlagen den allgemeinen Interessen, z. B. der Schifffahrt, der Flößerei und dem Fischfang Rechnung getragen. Nun läßt sich nicht leugnen, daß die Unternehmungslust auf dem Gebiet der Wasserkraftindustrie nachgelassen hat, seitdem einerseits der Staat mit seinen Ansprüchen hervorgetreten ist und andererseits politische Parteien der Linken fordern, daß die Wasserkräfte nicht mehr den Anliegern gehören, sondern durch eine besondere Konzession erworben werden sollen.

Wir möchten in die Diskussion der innerschwedischen Angelegenheit, die den Gegenstand heftiger Kämpfe zwischen den Parteien bildet, nicht eintreten, sondern nur einige allgemeine Bemerkungen über den sogenannten „Wasserkraftsozialismus“ machen. Die Gesamtheit hat ohne Zweifel ein bedeutendes Interesse an den Wasserkraften, die für öffentliche Zwecke, Beleuchtung, Traction und Kraftversorgung der kleineren und mittleren Industrien in Betracht kommen. Es erscheint uns sogar als eine Pflicht des Staates, derartige Kräfte zu erwerben und im Nutzen der Allgemeinheit zu verwalten. Die Rechte der Privaten müssen natürlich in angemessener Weise abgefunden werden, genau so wie das bei der Verstaatlichung anderer Betriebe, die früher privat waren, z. B. bei den Posten und den Eisenbahnen geschehen ist. Andererseits erscheint es uns nicht angängig, daß der Staat auch solche Kraftwerke ausbaut, die in dünn bevölkerten Gegenden gelegen nicht für öffentliche Zwecke in Betracht kommen, sondern nur für den Betrieb einiger weniger Großanlagen dienen können, die am besten ihre Kraftquelle selbst verwalten. Doch hat der Staat die Pflicht, dafür zu sorgen, daß der Nutzen auch dieser Kraftquellen, wenn sie ihm gehören, nicht Privatspekulanten, sondern ihm als dem Vertreter der Gesamtheit zu Gute kommt. In dieser Beziehung handelt der schwedische Staat recht, wenn er erst einmal sein Eigentumsrecht an den norrländischen Kräften feststellen läßt, womit ja noch nicht gesagt ist, daß er ihren Ausbau selbst in die Hand nimmt. Wie in Schweden, so bildet auch in Norwegen die Revision der Wasserkraftgesetzgebung den Mittelpunkt des politischen Streites.

---

#### IV.

Das Polar kraftwerk an den Porjusfällen. — Die Elektrifizierung der nördlichsten Bahn der Erde. — Wasserkräfte und Eisenbahnen. — Anteil der deutschen Industrie an der Elektrifizierung der skandinavischen Bahnen. — Die Erschließung weltferner Gegenden durch Wasserkraftanlagen. — Heimatschutz und Wasserkraftindustrie.

Von einer ganz außerordentlichen Bedeutung für die Wasserkraftpolitik des schwedischen Staates ist, wie schon angedeutet, das Kraftwerk an den Porjusfällen, das jenseits des nördlichen Polarkreises beim Ausfluß des Großen Lulea-Elf aus dem Großen Lulesee gebaut wird. Dieses Riesenkraftwerk soll teilweise zum Betrieb der Djötenbahn, die von der Erzstätte Kiruna über die Grenze gegen Norwegen nach Narvik, dem nördlichsten eisfreien Hafen der Welt geht, benutzt werden, teilweise zum Betrieb der großen lappländischen Erzbergwerke von Kiruna und Gällivare. Die lappländischen Erzlager sind die bedeutendsten der Welt, sie zeichnen sich aber auch gleichzeitig durch ihren hohen Gehalt und die äußerst günstigen Abbauverhältnisse aus: Das lappländische Erz enthält selten unter 60 pCt. ja häufig bis zu 69 pCt. Eisen, während der theoretische Höchstgehalt 72 pCt. ist. Der Abbau erfolgt im Tagbau wie bei einem Steinbruch. Sehr große Mengen des Erzes der lappländischen Riesen gehen zur Verhüttung über Rotterdam ins rheinische Industriegebiet, andere nach England, Belgien, Frankreich und Nordamerika. Schweden und Norwegen bauten die fast ausschließlich dem Erztransport dienende Lapplandbahn Kiruna-Narvik, die im Jahre 1903 den Verkehr aufnahm. Die Erzausbeute ist jedoch in starkem Steigen begriffen: während im Jahre 1908 nur 1.66 Millionen Tonnen Erz befördert wurden, hat sich der Staat gegenüber der Kirunavaara-Luosavaara

Aktiengesellschaft, die die lappländischen Erzlager ausbeutet, verpflichtet, im Jahre 1913 bereits 3.2 Mill. Tonnen und im Jahre 1918 sogar 3.85 Mill. Tonnen zu befördern. Einer derartig erhöhten Beanspruchung sind aber die bestehenden Dampftriebseinrichtungen keineswegs gewachsen. Die Strecke müsste teilweise zweigleisig ausgebaut werden und es wären Lokomotiven schwerster Bauart zu beschaffen, für die wieder neue Wasser- und Kohlenstationen einzurichten wären. Diese Aufwendungen für den Dampfbetrieb können aber durch die Einführung des elektrischen Betriebes auf dieser nördlichsten Bahn der Welt vermieden werden und zwar lediglich durch Vergrößerung der Zuggewichte und durch Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit. Es hat sich gezeigt, daß man zur Zeit nicht mehr als 28 beladene Erzwagen nebst einem zweiachsigen Güterwagen zu einem Zuge zusammensetzen darf, da sonst die Kuppelungen zu zerreißen drohen. Beim Dampfbetrieb weisen nämlich langsam fahrende Züge Schwingungserscheinungen auf, die darauf zurückzuführen sind, daß die Zugkraft der Dampflokomotive je nach der Kolbenstellung starken Schwankungen unterliegt. Gerade die Kuppelungen der Wagen, die von der Lokomotive am weitesten entfernt sind, reißen am leichtesten. Man kann auch nicht zwei Lokomotiven, die eine an den Anfang und die andere ans Ende des Zuges gestellt, benutzen, da sich das Personal nicht mit Sicherheit mit einander verständigen kann. Bei elektrischem Betriebe dagegen treten Schwingungen der erwähnten Art nicht auf und die Ueberwachung der Leistungen zweier Lokomotiven von einem Führerstand aus ist ohne weiteres möglich. Man kann daher die Zuglänge auf 40 Erzwagen und einen Güterwagen erhöhen, was eine Steigerung der Verkehrsleistung um fast 50 Prozent bedeutet. Eine weitere Erhöhung der Leistung wird durch eine erhebliche Steigerung der Geschwindigkeit, von maximal 40 Kilometer auf 50 bis 60 Kilometer, erzielt. Daneben gehen noch Betriebsersparnisse einher, die bei einem Transport von 3.85 Mill. Tonnen jährlich Kr. 420 000 betragen. Endlich fällt noch durch die Einführung der Elektrizität der Rauch weg, der in den Tunnels das Personal belästigte und durch Säurenentwicklung das Mauerwerk angriff, sodaß man schließlich kostspielige Ventilationseinrichtungen hätte treffen müssen. Alle

diese Gründe brachten die schwedische Regierung zu dem Entschluß, auf der Lapplandbahn den elektrischen Betrieb einzuführen und das Kraftwerk an den Porjusfällen anzulegen.

Dieses Kraftwerk hat seine bemerkenswerte Eigentümlichkeit: Der strengen Kälte wegen, die in dieser Polargegend herrscht, ist der Maschinenraum 50 Meter tief unter der Erdoberfläche in die Felsen eingesprenzt worden, sodaß auch Zulauf- und Ablaufkanal unter dem Boden verlaufen, wodurch verhindert wird, daß das Wasser gefriert. Der Maschinenraum muß allerdings künstlich gelüftet und beleuchtet werden; man hat deshalb die Schaltapparate und Transformatoren in einem besonderen Gebäude über Tag aufgestellt, von wo aus die Maschinen durch Kabel, die in einem Tunnel nach dem unterirdischen Raum laufen, bedient werden.

Die Eisenbahnlinie von Gellivare nach den Porjusfällen, die das Polar kraftwerk zugänglich machen soll, hat noch eine andere Bedeutung: sie bildet das erste Glied zur Großen Inlandsbahn, die von Sveg, dem nördlichsten Punkte des Bahnnetzes in Dalarna ausgehend, über Defterjund, Urksfors, den Angerman-Elf, den Skellefte-Elf und Gellivare nach Porjus laufend, eine Länge von 650 Kilometer (gleich der Linie Frankfurt a. M.—Frankfurt a. D.) haben und das Innere von Norrland erschließen soll. Dieser Plan, der teilweise schon in der Ausführung begriffen ist, hängt aufs engste mit der Wasserkraftpolitik des schwedischen Staates zusammen, da die Linie dicht am Ausfluß der langen nordschwedischen Seen, den günstigsten Stellen für die Anlage von Wasserkraftwerken, entlang geführt wird. Natürlich hat man als Betriebskraft für die Inlandsbahn die aus den norrländischen Wasserfällen gewonnene Elektrizität in Aussicht genommen. Auch für Südschweden ist die Einführung des elektrischen Bahnbetriebs geplant und man spricht davon, im ganzen 2000 Kilometer der schwedischen Staatsbahnen mit einem Aufwand von 70 Millionen Kronen zu elektrifizieren, was besonders bemerkenswert ist, da selbst Südschweden im Verhältnis zu den mitteleuropäischen Ländern schwach besiedelt ist und das Bahnnetz demzufolge einen verhältnismäßig geringen Verkehr und eine wenig dichte Zugfolge hat. Der Grund für die Ausdehnung

des elektrischen Betriebs in Schweden liegt im großen Ganzen nicht so sehr in dem Bedürfnis nach einer schnelleren und leistungsfähigeren Verkehrsabwicklung als in seiner größeren Wirtschaftlichkeit bei den besonderen skandinavischen Verhältnissen. Auch in Norwegen sind im Zusammenhang mit der Erschließung von Wasserkraften und der Errichtung von elektrochemischen Großbetrieben bisher abseits gelegene Gegenden durch Bahnen an das große Verkehrsnetz angeschlossen worden. Der Njukanfall lag noch vor wenigen Jahren in einem schwer erreichbaren Gebirgstal. Jetzt geht die Njukanbahn, die elektrisch eingerichtet wird, mit dem einen Flügel von Notoden nach Tinnoset am Tinnsee, von wo eine Fährverbindung nach Kollag am anderen Ufer des 30 Kilometer breiten steilufriigen Sees stattfindet. Kollag wiederum ist der Ausgangspunkt des zweiten Flügels der Bahn, die in Saasheim endet, wo die deutsch-norwegischen Luftsalpeterwerke liegen. Die deutsche Industrie hat an der Elektrifizierung der skandinavischen elektrischen Bahnen einen hervorragenden Anteil: Die Siemens-Schuckertwerke liefern die elektrischen Lokomotiven für die Lapplandbahn und die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft führt die elektrische Einrichtung der Njukanbahn aus.

Wir haben schon gesehen, wie eng der Ausbau der großen Kraftquellen mit der Besiedelung weltferner Gebiete zusammenhängt. Das Innere des schwedischen Nordens, das durch die Inlandsbahn erschlossen wird, zählt jetzt weniger als fünf und stellenweise sogar noch nicht einen Einwohner auf den Quadratkilometer. Das Innere von Telemarken, wo jetzt die elektrochemische Großindustrie einen bedeutenden Verkehr hervorgerufen hat, wurde früher nur von wenigen Touristen besucht. So groß natürlich auch der wirtschaftliche Nutzen ist, den der Ausbau der Wasserfälle gebracht hat, so beklagenswert, wenn auch unvermeidlich, ist die Zerstörung der natürlichen Schönheiten dieser jungfräulichen Gegenden. Der größte Teil der Wassermassen, die den Trollhätta-, den Njukan- und manchen anderen Fall heruntergerauscht sind, ist in steinerne Kanäle und eiserne Röhren gefaßt worden, sodaß man nur noch bei Hochwasser einen Begriff davon bekommt, welche Massen einst ungebändigt

hier herabgestürzt sind. Man hat wohl bei den Anlagen einige Rücksicht auf den Heimatschutz genommen, aber doch nicht die gewaltige Schönheit der wilden unberührten Natur bewahren können. Industrielle Interessen und Naturschönheit vertragen sich eben nicht gut miteinander.

Wir sind am Ende unserer Reise durch die Wasserkraftwerke Scandinaviens angelangt. Wir haben Werke gesehen in stillen Tälern und an steilen Felsen, an ruhigen Seen und an rauschenden Fällen. Wir haben ein Werk gesehen, das jenseits der Polargrenze tief in die Nacht der Felsen eingesprengt ist in einer Gegend, wo die Besiedelung erst in neuester Zeit begonnen hat und die Sprache der Lappen herrscht.

Es bleibt mir noch übrig, allen denen zu danken, die mir Auskunft und Material für meine Arbeit gegeben haben: Ich nenne von Stockholmer Stellen die Kgl. Wasserfalldirektion, das Fernskontoret, den Verein der schwedischen Wasserkraftbesitzer (Evenska Vattenkraftföreningen), die Aktiebolaget Vattenbyggnadsbyran, die vielleicht das bedeutendste Wasserbaubureau ist, das auf der Erde besteht, ich nenne ferner die Aktiebolaget Elektrometall in Ludvika, die die elektrischen Defen baut. Von deutschen Firmen, die mir Auskunft gegeben haben, nenne ich die Maschinenfabrik von J. M. Voith in Heidenheim an der Brenz, die Turbinen für die bedeutendsten Kraftanlagen geliefert hat, die Siemens-Schuckertwerke und die A. E. G. in Berlin. Endlich verdanke ich Herrn Diplom-Ingenieur Alfred Plaut in Dortmund einige wertvolle hütten-technische Auskünfte. Die benutzte Literatur ist umfangreich und im Anhang verzeichnet.



# Nutzen der Seeregulierungen.

(Nach Direktor Sven Lübeck)

Seen	Speicher- raum-Inhalt cbm.	Kosten ca. Kr.	Kosten per aufge- speicher- ten cbm. Wasser	Wasser- abfluß (cbm/sec) vor der Regu- lierung	Wasser- abfluß (cbm/sec) nach der Regu- lierung	Höhe ü. d. M.	Kraftgewinn in Turbinen PS.	Kosten per gewon- nene PS. Kr.
<b>Schweden</b>								
Torne träsk.....	1 090	800 000	0.08	12	51	342	110 000	8
Stor Uman.....	960	1 600 000	0.17	25	74	3 48	140 000	12
Storsjön (Jämtland).....	1 110	3 300 000	0.30	55	145	292	225 000	15
Dellenseen (Helsingland).....	130	150 000	0.12	8	13.5	42	2 200	68
Siljan.....	735	400 000	0.06	50	90	161	60 000	7
Wettern.....	910	1 000 000	0.11	27	40	88	10 400	96
Sommen.....	195	480 000	0.25	7.4	14	146	8 550	49
Wenern.....	8 490	1 800 000	0.03	460	550	44	37 000	56
Frisjön (Viskan).....	11.7	100 000	0.86	0.45	2.25	120	1 900	53
Lagansen								
Bolmen, Vidöstern, Flären.....	440	1 200 000	0.28	18	44	ca. 150	35 000	35
<b>Norwegen</b>								
Mjösen, Glommen.....	1 080	3 000 000	0.28	70	170	12	110 000	28
Tinsee, Skienselven.....	220	1 100 000	0.46	55	75	190	36 000	28
Mjøsvand, do.....	800	1 000 000	0.13	6	46	902	320 000	4
Veivand (Kinsaa, Hardanger).....	135	2 400 000	1.78	0.5	8.5	892	68 000	35
Tyjn (Sogn).....	190	250 000	0.13	0.4	7	1076	66 000	4
Aursjön (Romsdalen).....	287	6 000 000	2.10	1	15	884	110 000	55



## Nutzkraft einiger skandinavischer Flüsse nach der Regulierung.

---

### Schweden.

	PS		PS
Torne Elf .....	240 000	Ljugan .....	110 000
Kalix Elf .....	165 000	Ljusnan .....	150 000
Lule Elf .....	155 000	Dalelf .....	320 000
Pite_ Elf .....	185 000	Motalastroem .....	55 000
Byske .....	36 000	Moerrumsan .....	25 000
Skellefte Elf .....	270 000	Lagan .....	55 000
Ume Elf .....	385 000	Aetran .....	20 000
Sidea .....	90 000	Gota Elf .....	150 000
Angermanelfven .....	455 000	Klarelfven .....	55 000
Indalselfven .....	375 000	Gullspangselfven .....	34 000

### Norwegen.

	PS		PS
Glommen ....	1 110 000	Aardal-Tyaelven .....	70 000
Drammenselven .....	500 000	Aura .....	90 000
Numedalslagen .....	260 000	Nidelven .....	80 000
Skienselven .....	700 000	Namselven .....	150 000
Arendalsvasdr .....	116 000	Vefselven .....	60 000
Kvina .....	150 000	Rosaaen .....	130 000
Aardals .....	50 000	Dunderlandselven .....	80 000
Ulla .....	30 000	Langvandselven .....	50 000
Suldalslaagen .....	65 000	Maalselven .....	150 000
Kinso .....	60 000	Pasvikselven .....	50 000

---



## Literatur-Nachweis.

---

Lübeck: Die skandinavischen Wasserkräfte und ihre künftige Verwendbarkeit. Zeitschr. für die gesamte Wasserwirtschaft 1907, Heft 7 und 8.

De la Brosse: Les forces hydrauliques scandinaves. La houille blanche, 1911, Heft 1 und 2.

Aktiebolaget Vattenbyggnadsbyran: Waterpower Plants in Sweden and Norway. Engineering, 12. und 19. März 1909.

Lindner: Wasserkraftanlagen. A E G-Zeitung, August 1910.

Kungl. Vattenfallstyrelsen: Die Wasserkräfte Schwedens und deren Ausnutzung. Stockholm 1910.

Rahm: Svenska Elektricitetsverksfoereningens Statistik. Helsingborg 1910.

Lübeck: Die Wasserkraftindustrie Schwedens. Zeitschrift „Die Turbine“, 1910, Heft 3.

Kgl. Wasserfalldirektion: Beschreibung von Trollhättan. Stockholm.

Reichstagsvorlage über das Kraftwerk Elfkarleby, Stockholm 1911.

Reichstagsvorlage über das Kraftwerk an den Porjusfällen, Stockholm 1910.

Oefverholm: Einführung des elektrischen Betriebes auf der schwedischen Staatsbahnstrecke Kiruna-Riksgränsen. „Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen“, 1910, Heft 25.

Svenska Vattenkraftforeningens Publikationer. (18 Hefte mit Einzelbeschreibungen von schwedischen Anlagen, mit Abhandlungen über Seeregulierungen und über die Einführung des elektrischen Bahnbetriebs in Schweden.)

Aktiebolaget Vattenbyggnadsbyran: Publikationer.

Dubislav: Neuere Wasserkraftanlagen in Norwegen. München und Berlin, 1910. R. Oldenbourg.

Norwegischer Landtag: Dokument Nr. 2. 1911. Angaaende lov om regulering av vassdrag i industrielle oiemed.

---

# Literatur-Nachweis

1. *Die Geschichte der Technik* von W. G. ...  
2. *Die Entwicklung der Technik* von ...  
3. *Die Technik der ...* von ...  
4. *Die Technik der ...* von ...  
5. *Die Technik der ...* von ...  
6. *Die Technik der ...* von ...  
7. *Die Technik der ...* von ...  
8. *Die Technik der ...* von ...  
9. *Die Technik der ...* von ...  
10. *Die Technik der ...* von ...  
11. *Die Technik der ...* von ...  
12. *Die Technik der ...* von ...  
13. *Die Technik der ...* von ...  
14. *Die Technik der ...* von ...  
15. *Die Technik der ...* von ...  
16. *Die Technik der ...* von ...  
17. *Die Technik der ...* von ...  
18. *Die Technik der ...* von ...  
19. *Die Technik der ...* von ...  
20. *Die Technik der ...* von ...



# Übersicht der grossen gebauten und geplanten Werke und ihrer Leistungen.

Flussgebiet	Kraftwerk (Fall)	Besitzer und besondere Verwendung	Gefälle (m)	Wassermenge (cbm / sec)	Leistung der Turbinen (PS.)	Kosten (Kr.)
Lule Elf	Porjus	<b>Schweden:</b> Staatskraftwerk, Betrieb der Lapplandsbahn	50	24 n. R. max. 180	62 500	
Byske Elf	Ytterstfors	Fraeravu A. B., Holzschleiferei	7		1 700	
Skellefte Elf	Finnforsen	Stadt Skelefftea, Städtische Zwecke		25-40 n. R. 80-100	5 200	
Ume Elf	Norrforsen I Norrforsen II	Ume Vattenfalls A. B.	40 11	{ min. 50 n. R. norm. 170}	68 000 18 000	rd. 10 Mill. rd. 5 Mill.
Angerman Elf	Forsse	Graninge A. B.	19		10 000	
Dalelf	Eltkarleby	Staatskraftwerk	19	min. 24 n. R. 135-250	I 18 000 II 27 000 III 45 000	I 827 Mill. II 879 Mill. III 921 Mill.
Westerdalelf	Bullerforsen	Stora Kopparberg Bergslag A. B. Eisenwerk, Erzschnmelzung	10	60/100-500	24 000	
Moeerrunsan	Soederfors	Stadt Stockholm	14	min. 100 7 Monate 250	35 000	rd. 9 Mill.
Lagan	Mockfjaerd	Vesterdalfens A. B.	23		24 000	
Aetran	Fridafors Oevere Hemsjoe Torsebro	Hemsjoe Kraft A. B.	14,5 9,7	{ 10 n. R. 30}	800 4 000 3 000	
Wernsee Goeta elf-System	Majenfors Bassait Oberer Knaered Unterer "	Sydsvenska Kraft A. B., Verteilung an südschwedische Städte	{ zusammen 38	20 n. R. 45		
Upperudelf	Yngeredfors	Yngeredfors A. B.	18	norm. niedr. 19		inkl. Lfgr. 3 Mill.
Gullspang (See Skagern)	Hafrestroem	Papierfabrik Hafrestroem	10	10 n. R. 30-40	4 000	
Norself	Gullspangfors	Kraft A. B. Gullspang-Munkfors, Verteilung Lidkoepping, Mariestad, Kristinehamn	20,5	27 n. R. 45	21 000	
Klarelf	Skramforsen	Oerebro El. Kraft A. B., Verteilung an Oerebro und Graengesberg	8,3 9	47 47	3 600	3/4 Mill.
Goeta Elf	Fryktors Edvalla	Vaermlands El. Kraft Foersaeljnings A. B.	9	50	4 000 5 000	
	Dejefors	Vaermlands El. Kraft A. B.	13	min. 40 7 Monate 170	3 000	
	Forshult	Uddeholm A. B., Eisenerzschmelzung und Verschl.	32	250-350	22 000	
	Trollhaettan	Staatskraftwerk			80 000	11,5 Mill. = 144 Kr pr. PS.
Tistedalsfluß	Tistedalsfos	<b>Norwegen:</b> Saugbrugsforening	53	9,6	5 100	
Glommen	Kykkelsrudfos	EL-Werk und Holzschleiferei	19	220	40 000	
	Vrangfos und Vamatos	Vamatos-S. EL-Werk und Luftstickstoff	25	220 n. R. 285	55 000 75 000	n. R. 7 1/2 Mill. = 100 Kr pr. PS.
	Sarpsfos (Hafslund)	EL-Werk und Zellulose	20	220	28 000	
	Sarpsf. (Borregard)	Holzschleiferei, Papierfabrik	13	45-60	15 000	
Drammen	Gravfos	Staatskraftwerk. Nach Christiania und südnorwegischen Städten	404	6 n. R. 35	8 500	
Numesdalslaagen	Norefossene	Norsk Hydroel. A. S., Luftstickstoff Notodden	46,5	87	142 000	
<b>Skienfluß-System</b> Tindfluß	Svaelgfos (Notodden)	Norsk Hydroel. A. S., Luftstickstoff	17,5	87	40 000	
	Lienfos	Norsk Hydroel. A. S., Hilfswerk für Notodden	22	24	22 500	
Maanfluß	Rjukan I Rjukan II	Norsk Kraft A. S., Luftstickstoff	296 240	47 47	130 000 110 000	
Krageroefluß	Dalsfos	Norsk Elektrokemisk A. S., Karbid	22	24	6 500	
Aardalselven	Tya.	Norsk Kraft A. S., Luftstickstoff	1002	7,5	75 000	11,5 Mill.
Tyssefluß	Tysesfors (Odda)	Karbid und Kalkstickstoff	382	15	57 000	
Nidfluß	Oberer Lerfos Unterer Lerfos	EL-Werk der Stadt Dronheim	{ 32 28	7 n. R. 30	9 600 8 400	

Anmerkung: Der Ausdruck „n. R.“ heisst „nach Regulierung“.

№	Opis	Wzrost	Waga	Temperatura	ciężkość	ciężkość	ciężkość	ciężkość	ciężkość	ciężkość
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
32										
33										
34										
35										
36										
37										
38										
39										
40										
41										
42										
43										
44										
45										
46										
47										
48										
49										
50										
51										
52										
53										
54										
55										
56										
57										
58										
59										
60										
61										
62										
63										
64										
65										
66										
67										
68										
69										
70										
71										
72										
73										
74										
75										
76										
77										
78										
79										
80										
81										
82										
83										
84										
85										
86										
87										
88										
89										
90										
91										
92										
93										
94										
95										
96										
97										
98										
99										
100										



Biblioteka Kraków Politechniczna

# Übersichtskarte

über die

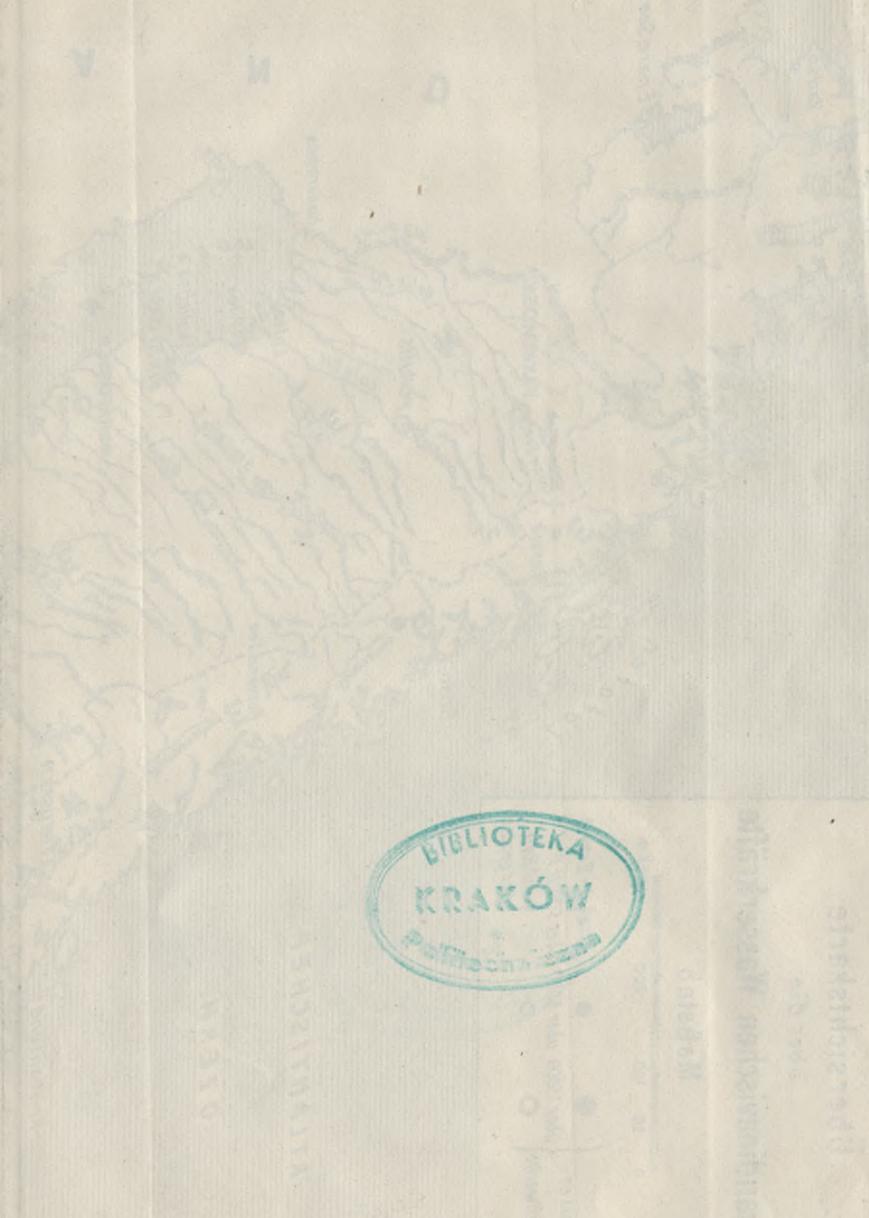
## skandinavischen Wasserkrafte

Maßstab



- im Betrieb
- über 15000 über 5000 über 500 H.P.
- im Bau oder geplant





BIBLIOTEKA  
KRAKÓW  
Państwowa Szkoła

01-644-1012  
17-10-1968  
Biblioteka Państwowa Szkoła  
Ciepłota



## Elfkarleby.

Ein typischer schwedischer Wasserfall.



BIBLIOTEKA

KRAKÓW

\*  
Politechniczna



S. 61



WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

31557

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10,000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298280