

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 30 (1939)
Heft: 18

Artikel: Stand und Entwicklungstendenzen der Elektrotechnik in der Schweiz :
1. Erzeugung der Elektrizität : Elektrizitätswirtschaft und
Wasserkraftnutzung

Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060854>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 03.04.2026

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

Stand und Entwicklungstendenzen der Elektrotechnik in der Schweiz.

1. Erzeugung der Elektrizität.

Elektrizitätswirtschaft und Wasserkraftnutzung.

Vom Eidg. Amt für Elektrizitätswirtschaft und vom Eidg. Amt für Wasserwirtschaft, Bern.

621.311.21

Es wird über Entwicklung, Stand und nächste Aussichten der schweizerischen Hydroelektrizitätswirtschaft und die weitere Ausbaumöglichkeit der Wasserkräfte berichtet. Ferner wird ein Ueberblick über die Unternehmungsformen, die Generalbilanz aller Werke der allgemeinen Elektrizitätsversorgung und die Bundesgesetzgebung gegeben.

Les auteurs esquissent le développement, l'état actuel et les possibilités futures de l'économie hydro-électrique suisse, ainsi que l'aménagement probable de nouvelles usines hydrauliques. Ils donnent ensuite un aperçu des formes d'entreprises, du bilan général des entreprises livrant à des tiers, et de la législation fédérale.

Allgemeines.

Der Elektrizitätsverbrauch ist in unserem Lande gleichbedeutend mit der Nutzbarmachung der Wasserkräfte, denn 99,5% der gesamten Elektrizitätserzeugung erfolgt in Wasserkraft-Elektrizitätswerken. Diese Nutzbarmachung ist so weit gefördert, dass neben der reichlichen Deckung des Inlandbedarfes heute noch eine beachtenswerte Energieausfuhr erfolgen kann. Unser Land wird hinsichtlich der Höhe des Elektrizitätsverbrauches, bezogen auf die Einwohnerzahl, nur von Kanada und Norwegen übertroffen, die über günstigere Wasserkräfte und eine sehr entwickelte elektrochemische Grossindustrie mit hohem Energieverbrauch verfügen.

Die ersten bescheidenen Anfänge der Elektrizitätserzeugung gehen in die 1880er Jahre zurück. Als erste Elektrizitätswerke für den Energieverkauf können in der Schweiz die Société Electricque de Vevey-Montreux (Werk Taulan) und das Elektrizitätswerk Torenborg bei Luzern gelten, die beide im Jahre 1886 den Betrieb eröffneten. Seither hat der Bau von Elektrizitätserzeugungsanlagen eine unausgesetzte Entwicklung genommen. Den starken Auftrieb erhielt der Elektrizitätsverbrauch aber erst durch die Knappheit und Teuerung von Petrol, Gas und Kohle in den Jahren des Weltkrieges und den seitherigen wirtschaftlichen Aufschwung überhaupt. Seit dem Jahre 1914 hat sich der Inlandverbrauch beinahe vervierfacht, die gesamte Energieerzeugung verfünffacht.

Der rasch steigende Energiebedarf veranlasste in der Nachkriegszeit den Bau von Grosskraftwerken durch zwei oder mehrere Versorgungsunternehmen. Durch diese Gemeinschaftswerke (Wägital, Ryburg-Schwörstadt, Oberhasliwerke, Dixence, Etselwerk), die mit den übrigen Werken und den Absatzgebieten ihrer Partner verbunden sind, wurde auf ungewollte Weise die Möglichkeit zu einer zweckmässigen hydroelektrischen Verbundwirtschaft für grosse Landesteile geschaffen. Seit der Erstellung der 150-kV-Leitung über den Gotthard (1931) und der Verbindung des westschweizerischen Höchstspannungsnetzes mit demjenigen der Nordschweiz (1937) können nun auch allfällige Energieüberschüsse und Energiemanko verschiedener Landesteile ausgeglichen werden.

Mit der steigenden Elektrizitätserzeugung war eine bedeutende technische Entwicklungsarbeit verbunden, wie Tabelle I erkennen lässt.

Technische Entwicklung der Wasserkraftwerke und der Energieübertragung.

Tabelle I.

Niederdruckwerke				
Jahr	Grösste Maschinenleistung kW	Grösste Kraftwerksleistung kW	Grösste ausgenutzte Wassermenge m ³ /s	Produktionsmöglichkeit des grössten Werkes 10 ⁶ kWh
1890	400	1 200	?	?
1900	1 100	12 000	320	70
1910	1 100	12 000	350	70
1920	6 000	47 000 ¹⁾	600	350 ¹⁾
1930	25 000	100 000 ¹⁾	1 200	660 ¹⁾
1939	25 000	100 000 ¹⁾	1 200	660 ¹⁾

¹⁾ Grenzkraftwerk, Schweizeranteil 50% davon.

Saison-Speicherwerke		Energieübertragung		
Jahr	Grösste Maschinenleistung kW	Grösste Kraftwerksleistung kW	Höchste Spannung V	Grösste Transformatorleistung kVA
1890	—	—	1 250	ca. 20
1900	—	—	16 000	400
1910	4 400	28 000	50 000	5 200
1920	10 000	46 000	80 000	8 000
1930	22 000	88 000	150 000	33 000
1939	32 000	130 000	150 000	46 000

Damit sind Werte erreicht, die voraussichtlich bei der weiteren Entwicklung auf lange Zeit hinaus, bei den Niederdruckwerken überhaupt nicht mehr überschritten werden.

Kraftwerkbau.

Die Entwicklung im Ausbau der Wasserkraftwerke ist in Fig. 1 dargestellt, in welcher die Summe der grösstmöglichen Leistung (Ausbauleistung) aller jeweiligen bestehenden Kraftwerke aufgezeichnet ist.

Bis zum Jahre 1890 wurden nur sehr kleine Wasserkraftanlagen erstellt, da die erzeugte Energie fast ausschliesslich auf mechanischem Wege übertragen werden musste. In den folgenden Jahren begann dann dank der Einführung der elektrischen Kraft-

übertragung eine raschere Entwicklung im Ausbau unserer Wasserkräfte, die sich erstmals im Jahre 1907 und dann nochmals im Jahre 1920 durch den Bau der Kraftwerke der Schweiz. Bundesbahnen und die Erstellung grosser Speicherkraftwerke für die allgemeine Elektrizitätsversorgung verstärkte. Die Wirtschaftskrise der 1930er Jahre mit den ver-

Hauptsache als Reserve zum teilweisen Ausgleich eines aussergewöhnlichen Leistungsausfalles der Laufwerke (der weitere Ausgleich erfolgt durch Einstellung fakultativer Lieferungen an das In- und Ausland) in einem besonders trockenen Winter dient.

Produktionsmöglichkeit.

Die gleichzeitig verfügbare Höchstleistung aller Wasserkraft-Elektrizitätswerke ist bedeutend kleiner als die im vorangehenden Abschnitt angegebene Summe der Ausbauleistung der einzelnen Kraftwerke und zwar im Sommer deshalb, weil die günstigste Wasserführung, bzw. grösste Leistung nicht bei allen Werken zu gleicher Zeit eintritt und die eigentlichen Winterkraftwerke normalerweise nicht im Betrieb stehen sollen, im Winter deshalb, weil die Leistung der Laufwerke entsprechend der Wasserführung sehr beträchtlich zurückgeht (Fig. 2, Kurve a_1).

Die technisch mögliche Energieerzeugung (Produktionsmöglichkeit) aller bestehenden Wasserkraft-Elektrizitätswerke beträgt in einem Jahr mittlerer Wasserführung rund 8,1 Milliarden kWh, wovon 4,5

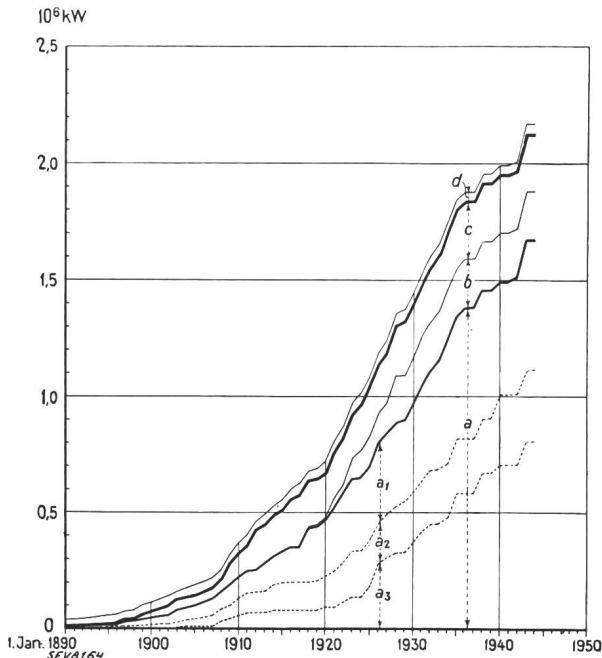


Fig. 1.

Ausbauleistung aller Wasserkraftwerke.

- a Werke der allgemeinen Versorgung, wovon a_1 Laufwerke ohne Ausgleichbecken, a_2 Laufwerke mit Ausgleichbecken und a_3 Speicherwerke.
- b Werke der Schweiz. Bundesbahnen.
- c Werke industrieller Unternehmungen.
- d Werke mit Erzeugung mechanischer Kraft.

ringerten Absatzmöglichkeiten hatte eine Zurückhaltung in der Erstellung neuer Kraftwerke zur Folge, so dass sich die Zunahme der Kraftwerksleistung in den letzten Jahren etwas verlangsamte. Auf Ende des Jahres 1939 erreicht die ausgebaute Leistung sämtlicher Wasserkraft-Elektrizitätswerke 1,94 Millionen kW. Hievon entfallen 1,48 Millionen kW auf die Kraftwerke für die allgemeine Elektrizitätsversorgung, 0,21 Millionen kW auf die Kraftwerke der Schweiz. Bundesbahnen (Etelzwerk zur allgemeinen Versorgung gerechnet) und 0,25 Millionen kW auf die industrieigenen Kraftwerke. Die Leistung der letztern hat sich seit 1916 nur noch um relativ wenig erhöht. Von der gesamten Ausbauleistung entfallen rund 0,86 Millionen kW auf die Speicherkraftwerke.

Nach Inbetriebsetzung der bereits im Bau befindlichen Kraftwerke Reckingen am Rhein und Verbois an der Rhone und des Kraftwerkes Innertkirchen, dessen Baubeginn bevorsteht, wird sich die ausgebaute Leistung, wie Fig. 1 zeigt, bis Ende des Jahres 1942 um weitere rund 0,17 Millionen kW auf 2,11 Millionen kW erhöhen.

Neben der Leistung der Wasserkraftwerke steht in den thermischen Kraftwerken eine Leistung von rund 0,14 Millionen kW zur Verfügung, die in der

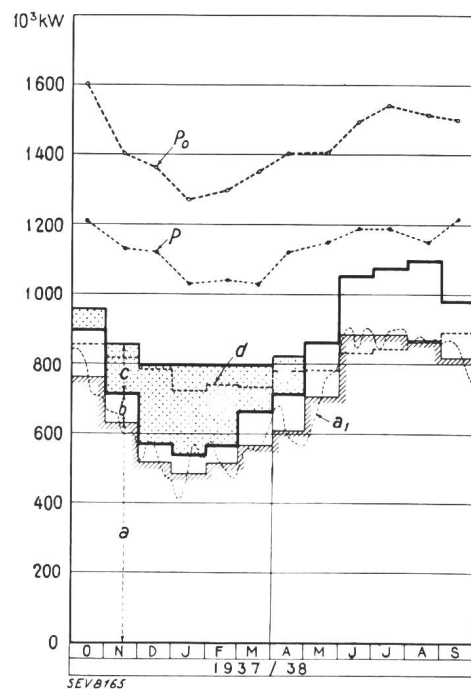


Fig. 2.

Jahresverlauf der Produktionsverhältnisse aller Werke.

- a Mögliche Produktion der Laufwerke.
- b » » » Speicherwerke a. nat. Zuflüssen.
- c » » » Speicherwerke a. Speicherwasser.
- a + b + c = Gesamte Produktionsmöglichkeit.
- d Wirkliche Produktion.
- (a, b, c und d bedeuten monatliche Durchschnittsleistungen.)
- a_1 Mögliche Produktion der Laufwerke an Mittwochen.
- p_0 Verfügbare Höchstleistung aller Wasserkraftwerke.
- p Aufgetretene Höchstleistung (approximativ).

Milliarden kWh im Sommerhalbjahr, d. h. in der Zeit vom 1. April bis 30. September und 3,6 Milliarden kWh im Winterhalbjahr verfügbar sind. In einem besonders trockenen Winter wie 1920/1921 (wie er allerdings nur etwa alle 25 Jahre eintritt), kann die Produktionsmöglichkeit um etwa 0,6 Mil-

liarden kWh kleiner, in einem besonders nassen Winter um etwa 0,5 Milliarden kWh grösser sein.

In den bestehenden Speicherbecken können etwas über 0,9 Milliarden kWh Sommerzuflüsse aufgespeichert werden. Der für das Winterhalbjahr verfügbare Speicherinhalt beträgt rund 22 % der mittleren Winterproduktionsmöglichkeit.

Nach Inbetriebsetzung der Kraftwerke Reckingen, Verbois und Innertkirchen (1942) wird sich die mittlere Produktionsmöglichkeit im Winterhalbjahr auf 3,93 Milliarden kWh (um 9 %), im Sommerhalbjahr auf 4,95 Milliarden kWh (um 10 %) und der Speicherinhalt auf rund 1,05 Milliarden kWh (um 16 %) erhöhen.

In Fig. 2 ist der Verlauf der Produktionsverhältnisse aller Wasserkraftwerke für das Jahr 1937/38, das angenähert einem Jahr mittlerer Wasserführung entspricht, dargestellt. Die Figur zeigt den starken Rückgang der Produktionsmöglichkeit aus natürlichen Zuflüssen in den Wintermonaten (im Januar auf etwa die Hälfte des August) und den möglichen Ausgleich dieses Rückganges bei voller Speicherentleerung. Die verfügbare Höchstleistung P_0 , die je für die Monatsmitte angegeben ist, setzt sich zusammen aus der jeweiligen Laufwerkproduktionsmöglichkeit (a.) und der Ausbauleistung der Speicherwerke, wobei von Mai bis September die Leistung der reinen Winterkraftwerke (Siebnen, Rempen, Fully, Palü und Tremorgio, unberücksichtigt blieb.

Produktion und Verwendung.

Ueber die bisherige Entwicklung der Elektrizitätserzeugung, des Inlandverbrauches und der Energieausfuhr gibt Tabelle II kurz Aufschluss.

Erzeugung, Inlandverbrauch und Ausfuhr.

Tabelle II.

Jahr	Erzeugung	Inlandverbrauch	Energieausfuhr
	in Millionen kWh		
1890 ¹⁾	11	11	—
1900 ¹⁾	180	180	—
1910 ¹⁾	1 100	1 000	100
1920 ¹⁾	2 800	2 420	380
1930/31 ²⁾	5 057 ³⁾	4 045	1 012
1937/38 ²⁾	7 054 ⁴⁾	5 506	1 548

¹⁾ Teilweise geschätzt.
²⁾ Hydrographisches Jahr, d. h. vom 1. Okt. bis 30. Sept.
³⁾ Inkl. 8 Millionen kWh Einfuhr.
⁴⁾ Inkl. 11 Millionen kWh Einfuhr.

Die Entwicklung des Elektrizitätsverbrauches seit 1930 kann an Hand der Fig. 3 näher verfolgt werden, die (wie Fig. 2) auf Grund der verdankenswerten monatlichen, bzw. halbjährlichen Berichterstattung der Elektrizitätswerke der allgemeinen Versorgung sowie der Bahn- und Industriekraftwerke gezeichnet ist. Die drei ersten Verbrauchergruppen: Haushalt und Gewerbe, Bahnen und allgemeine Industrie (einschliesslich der gesamten Uebertragungsverluste von den Kraftwerken bis zum Verbrauchsort) weisen, nach einem vorübergehenden Stillstand in den Jahren 1932 und 1933, eine langsame Zunahme des Energieverbrauches auf, die sich seit 1936 verstärkte. Eine sehr bedeutende Ver-

brauchssteigerung verzeichnet die Gruppe der elektrochemischen, elektrometallurgischen und elektrothermischen Anwendungen, an der in erster Linie die sich seit 1937 einer ausserordentlich günstigen Konjunktur erfreuenden elektrochemischen Betriebe

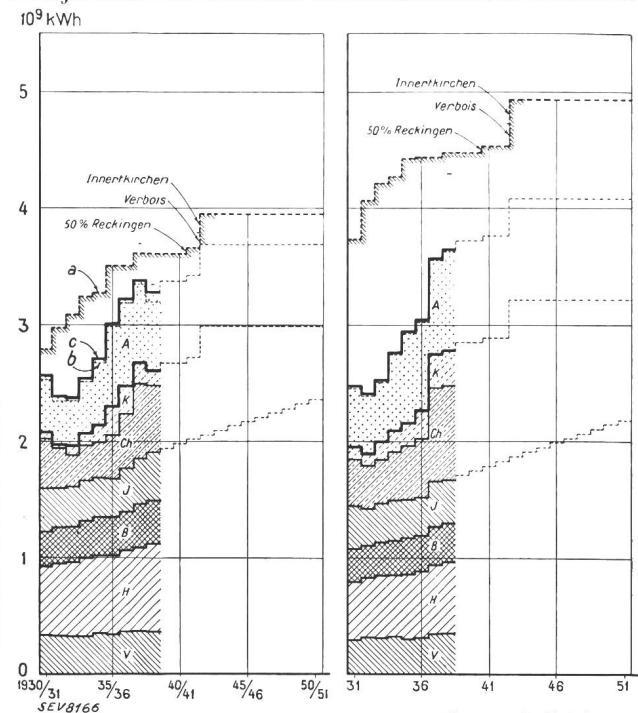


Fig. 3 Gesamte Energieerzeugung und -Verwendung.

- a Mittlere Produktionsmöglichkeit der Wasserkraftwerke.
 - b Wirkliche Produktion der Wasserkraftwerke.
 - c Gesamtproduktion (inkl. thermische Erzeugung und Einfuhr).
- Energieverwendung.
- V Uebertragungsverluste.
 - H Haushalt und Gewerbe.
 - B Bahnen.
 - J Allgemeine Industrie.
 - Ch Elektrochem., -metall. u. -therm. Anwendungen.
 - K Elektrokessel.
 - A Ausfuhr.

beteiligt sind. Eine Verwendung der elektrischen Energie, die sich in der Hauptsache erst seit 1930 zur Verwertung der Sommerenergie und allfälliger Energieüberschüsse in besonders wasserreichen Wintern entwickelt hat, ist die Verwendung zur Dampf- oder Heisswassererzeugung in Elektrokesseln. Es handelt sich bei dieser ärmsten Verwendung der Energie, für welche nur sehr geringe Preise erhältlich sind, grösstenteils um fakultative Lieferungen, die den veränderlichen Energiedisponibilitäten angepasst werden können. Die Aufnahmefähigkeit der heute installierten Elektrokessel beträgt etwa 230 000 kW. Die Erhöhung der Energieausfuhr (um ca. 50 %) ist zum grossen Teil auf die Fertigstellung von zwei Kraftwerken zurückzuführen, die noch in der guten Konjunktur vor 1930 speziell für die Energieausfuhr in Angriff genommen worden waren. Im letzten Betriebsjahr (1937/38) wurden rund 22 % der ausgenutzten Wasserkraft in Form von elektrischer Energie und schätzungsweise weitere 10 % in Form von elektrochemischen und -metallurgischen Produkten an das Ausland abgegeben.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass von der gesamten Mehrerzeugung seit 1930/31 in der Höhe von rund 2 Milliarden kWh, wie Tabelle III erkennen lässt, rund 1/4 auf die vermehrte Energie-

Gesamte Energieerzeugung und -verwendung.

Tabelle III.

	1930/31 ¹⁾	1937/38 ¹⁾	Zunahme
	in Millionen kWh		
1. Erzeugung.			
Wasserkraftwerke	5 026	7 010	1 984
Werke der allgem. Versorgung Bahn- u. Industriekraftwerke ²⁾	3 669	5 386	1 717
Wärme kraftwerke	1 357	1 624	267
Einfuhr	23	33	10
	8	11	3
Energieumsatz	5 057	7 054	1 997
2. Verwendung.			
Haushalt und Gewerbe	1 098	1 329	231
Bahnen	578	722	144
Allgemeine Industrie ³⁾	745	770	25
Elektrochem. usw. Betriebe ³⁾	838	1 452	614
Elektrokessel	155	496	341
Uebertragungsverluste, Speicherp.	631	737	106
Inland ohne Elektrokessel	3 890	5 010	1 120
Inlandverbrauch total	4 045	5 506	1 461
Ausfuhr	1 012	1 548	536
Energieumsatz	5 057	7 054	1 997

¹⁾ Hydrog. Jahr, d. h. Zeit vom 1. Okt. bis 30. Sept.²⁾ Ohne die kleinen Industriewerke mit weniger als 300 kW Leistung.³⁾ Betriebe, die dem Fabrikgesetz unterstellt sind und mehr als 20 Arbeiter beschäftigen.

ausfuhr, rund $\frac{1}{2}$ auf die elektrochemischen, elektrometallurgischen und elektrothermischen Anwendungen sowie Elektrokessel und kaum $\frac{1}{4}$ auf die wertvolleren Energieverwendungszwecke entfällt.

Die *Leistung der gesamten Elektrizitätserzeugung* in der Schweiz (Allgemeinversorgung, Bahn- und Industriewerke) dürfte im letzten Betriebsjahr maximal etwas über 1 200 000 kW erreicht haben und wird auch zur Zeit der geringsten Belastung, die Sonntag und Montag früh zwischen 3 Uhr und 5 Uhr in gleicher Höhe eintritt, nicht unter 500 000 kW gefallen sein. Die entsprechenden Zahlen für den Inlandverbrauch allein sind 950 000 und 380 000 kW.

Die im Jahre 1937/38 in den Wasserkraftwerken erreichte Energieerzeugung entspricht rund 87% der technischen Produktionsmöglichkeit, die (wie in Fig. 3 durch die kurzen Striche über bzw. unter der Linie a angegeben) im Winterhalbjahr etwas über, im Sommerhalbjahr etwas unter der mittleren lag. Die erzielte Ausnutzung darf in Anbetracht der stark überwiegenden Sommerproduktionsmöglichkeit, die sich nur sehr schwer verwerten lässt, als sehr günstig bezeichnet werden.

Für die Beurteilung der *künftigen Entwicklung* ist in Fig. 3 zunächst die Zunahme der mittleren Produktionsmöglichkeit durch die im Bau befindlichen Kraftwerke Reckingen und Verbois und das vor der Inangriffnahme stehende Kraftwerk Innertkirchen eingezeichnet. Mit dieser Produktionsmöglichkeit kann, unter Annahme einer 93%igen Ausnutzung im Winter- und einer 83%igen Ausnutzung im Sommerhalbjahr (etwa wie 1937/38), die in Fortsetzung der Linie c angegebene Energiemenge erzeugt werden. Bei gleichbleibender Energieausfuhr und gleichbleibendem Energieverbrauch für elektrochemische, -metallurgische und -thermische Zwecke (dessen Steigerung im Winterhalbjahr in-

folge des geringen Preiserlöses erschwert ist) dürfte die Inbetriebsetzung eines weiteren grösseren Kraftwerkes, auch beim Anhalten der bisherigen Verbrauchssteigerung von Haushalt und Gewerbe, Bahnen und Industrie, wie die Fig. 3 erkennen lässt, nicht vor der zweiten Hälfte der 1940er Jahre zu erwarten sein.

Unter den gemachten Voraussetzungen würde also gegenüber der allerdings ganz aussergewöhnlich intensiven Bauperiode von 1930 bis 1935, die durch die Hochkonjunktur der vorangehenden Jahre ausgelöst worden war, eine merkliche Verlangsamung im Ausbau der Wasserkräfte eintreten.

Weitere Ausbaumöglichkeit der Wasserkräfte.

Als bauwürdige *Niederdruckwerke* bieten sich vor allem die noch unausgebauten Stufen des Rheins zwischen dem Bodensee und Basel dar, der den Vorteil einer verhältnismässig gut ausgeglichenen Wasserführung aufweist. Die noch gewinnbare Energiemenge dieser Strecke beträgt für den schweizerischen Anteil 750 Millionen kWh pro Jahr, wovon 350 Millionen kWh auf das Winter- und 400 Millionen kWh auf das Sommerhalbjahr entfallen. Die Gestehungskosten der Energie stellen sich bei 100-prozentiger Ausnutzung auf 1 bis 1,5 Rp./kWh. Die in Frage kommenden Wasserkraftprojekte sind zum grössten Teil in ihren Hauptzügen bereits festgelegt.

Weitere Niederdruckwerke werden sich hauptsächlich noch an den untern Strecken der Aare, der Reuss und der Limmat innerhalb wirtschaftlicher Grenzen erstellen lassen. Die Verhältnisse sind jedoch sowohl in bezug auf die Konstanz der Energieproduktion, als auch in bezug auf die Gestehungskosten der Energie im allgemeinen dort weniger günstig als bei den projektierten Rheinwerken. Auf Grund genereller Projekte ist die Produktionsmöglichkeit dieser Strecken zu etwa 450 Millionen kWh im Winter- und 700 Millionen kWh im Sommerhalbjahr anzugeben.

Insgesamt kann aus den noch bauwürdigen Niederdruckwerken, ausser Reckingen und Verbois, mit einer jährlichen Produktionsmöglichkeit von etwa 2 Milliarden kWh gerechnet werden, wovon 0,8 Milliarden kWh im Winter- und 1,2 Milliarden kWh im Sommerhalbjahr verfügbar wären.

Die Wasserführung der alpinen Gewässer geht in der Winterperiode, wie bekannt, besonders stark zurück und erreicht nur einen kleinen Bruchteil derjenigen der Sommerperiode. Einer möglichst weitgehenden Aufspeicherung von Wasser während den Monaten reichlicher Wasserführung kommt daher bei den Hochdruckwerken grosse Bedeutung zu. Leider ist die Anzahl solcher Speichermöglichkeiten in der Schweiz beschränkt, indem sehr oft die Schaffung eines Beckens aus geologischen, wirtschaftlichen oder andern Gründen sich als unmöglich erweist.

Nach den neuesten Untersuchungen des Amtes für Wasserwirtschaft über die verfügbaren Wasserkräfte der Schweiz können aus den noch bauwürdigen *Speicherwerken*, sofern als solche zunächst die Werke berücksichtigt werden, deren Winterenergie

nicht höher als auf 6 Rp./kWh zu stehen kommt, etwa 3,8 Milliarden kWh im Winter- und 1,3 Milliarden kWh im Sommerhalbjahr gewonnen werden. Von der genannten Winterproduktionsmöglichkeit entfallen rund 1,8 Milliarden kWh auf die zwei grossen Werkgruppen Andermatt und Hinterrhein (mit den Becken Andermatt von 420 Millionen m³ und Splügen von 280 Millionen m³), die sehr günstige Gestehungskosten aufweisen würden. Der Erstellung dieser Becken stehen aber grosse Hindernisse entgegen. Wird von der Schaffung dieser zwei Becken abgesehen, so reduziert sich die mögliche Energieproduktion aus den Hochdruckwerken mit Akkumulierung auf 2,0 Milliarden kWh im Winter- und 1,0 Milliarden kWh im Sommerhalbjahr.

Studien darüber, wie sich diese Produktionsmöglichkeit vermindert, wenn der zulässige Winterenergiepreis auf weniger als 6 Rp./kWh beschränkt wird, sind noch nicht durchgeführt worden.

Ueber die noch erstellbaren *Hochdrucklaufwerke* bestehen nur wenig Angaben. Die in der 1916 erschienenen Publikation des Amtes für Wasserwirtschaft «Die Wasserkräfte der Schweiz, III. Teil, verfügbare Wasserkräfte» enthaltenen Werte wurden nur generell und ohne Rücksicht auf die Wirtschaftlichkeit der Anlagen ermittelt. Es ist in Aussicht genommen, allenfalls später ergänzende Untersuchungen auf diesem Gebiete durchzuführen. Es kann aber angenommen werden, dass auch aus dieser Werkgruppe einige Milliarden kWh jährlich zu Preisen, die innerhalb der Wirtschaftlichkeitsgrenze liegen, gewonnen werden können.

Insgesamt ergibt sich, wenn für alle Werke ein Verhältnis der Winter- zur Sommerproduktionsmöglichkeit von 1:1 angestrebt wird, näherungsweise folgendes Bild über die unter den gemachten Voraussetzungen noch bauwürdigen Wasserkraftwerke.

1. Bauwürdige Wasserkräfte

	Mittlere Produktionsmöglichkeit		
	Winter	Sommer	Jahr
	in Millionen kWh		
Niederdruckwerke	0,8	1,2	2,0
Speicherwerke	3,8	1,3	5,1
Hochdruck-Laufwerke	1,9	3,0	4,9
Zusammen	6,5	5,5	12,0

2. Im Betrieb und Bau befindliche Werke

rd.	4,0	5,0	9,0
Insgesamt	10,5	10,5	21,0

Bei Verzicht auf den Bau der Staubecken von Andermatt und Hinterrhein würde sich die Winterproduktionsmöglichkeit, wie bereits erwähnt, wesentlich reduzieren; eine weitere Reduktion würde eintreten, wenn der zulässige Gestehungspreis der Winterenergie kleiner als 6 Rp./kWh angesetzt wird.

Anwendungsgebiete der Elektrizität.

Das älteste Anwendungsgebiet, die Beleuchtung, wird heute von der Elektrizität vollständig beherrscht. Fast ebenso allgemein ist diese als Betriebskraft in Industrie und Gewerbe eingeführt.

Nach der Fabrikstatistik für 1937 entfallen 94 % der gesamten Betriebskraft auf Elektromotoren. Insgesamt sind in den 8365 Fabrikbetrieben rund 176 000 Elektromotoren mit einer Gesamtleistung von 680 000 kW installiert. Ein weiteres schon sehr weitgehend elektrifiziertes Gebiet ist der Eisenbahnbetrieb. Die Elektrifikation der Bundesbahnen darf in der Hauptsache als vollendet gelten. Auf Ende des Jahres 1938 waren 77 % der gesamten Länge des schweizerischen Eisenbahnnetzes elektrisch betrieben und auf dieses elektrifizierte Bahnnetz entfielen 94 % der gesamten Eisenbahnverkehrsleistungen.

In voller Entwicklung befindet sich die elektrische Wärmeerzeugung in Haushalt, Gewerbe und Industrie, wofür allerdings neben den natürlich willkommensten Sommeranwendungen, von Ausnahmen abgesehen, nur ganzjährige Wärmeanwendungen in Betracht kommen, wo der knappe Preisenerlös für Winterenergie in der Abgabe von Sommerenergie eine Kompensation findet. In den Haushaltungen wurden seit 1931 durchschnittlich pro Jahr 8000 elektrische Kochherde und 10 000 Heisswasserspeicher (bei einem durchschnittlichen Neuzugang von ca. 13 000 Wohnungen) installiert. Ihre Gesamtzahl betrug Ende 1937 ca. 110 000 bzw. 170 000 Stück. In der Industrie findet die elektrische Wärmeerzeugung zum Schmelzen, Glühen und Schweißen von Metallen, zum Brennen von Porzellan und ähnlichem Anwendung.

Die elektrochemische Industrie hat schon frühzeitig zur Ausnutzung unserer Wasserkräfte beigetragen. Sie verfügt über eigene Kraftwerke, deren Ausbau allerdings schon seit 1916 nur noch unbedeutend gewesen ist. Die beträchtliche Verbrauchssteigerung der Jahre 1937 und 1938 wurde durch restlose Ausnützung der eigenen Energieverfügbarkeit und vermehrten Bezug von Energieüberschüssen aus den Werken der allgemeinen Elektrizitätsversorgung gedeckt.

Die Energieausfuhr nach unsern Nachbarländern, deren Anfänge auf das Jahr 1907 zurückgehen, stösst in neuer Zeit infolge der Schwierigkeiten im Zahlungsverkehr und der Geldentwertung auf verschiedene Schwierigkeiten.

Unternehmensformen.

Mit der *allgemeinen Elektrizitätsversorgung* befassen sich (nach Statistik 1937 des Starkstrominspektorates) insgesamt 273 Unternehmen mit eigenen Erzeugungsanlagen und 991 Wiederverkäufer. 50 der grössten Unternehmen versorgen rund 71 % der Bevölkerung und 25 verfügen in ihren Kraftwerken über 92 % der gesamten Erzeugung, deren Zusammenfassung also weitgehend verwirklicht ist.

Zeitlich haben sich zuerst die *Gemeinde-Elektrizitätswerke* entwickelt, die mehr als die Hälfte der schweizerischen Bevölkerung versorgen. 98 derselben mit 1 570 000 versorgten Einwohnern verfügen über eigene Erzeugungsanlagen, während 503 Unternehmen mit 750 000 versorgten Einwohnern nur dem Wiederverkauf obliegen und die benötigte Energie in der Hauptsache von kantonalen Ueberlandwerken beziehen.

Die *kantonalen Elektrizitätswerke* sind grösstenteils erst später entstanden und es verblieben ihnen daher verhältnismässig wenig Ortschaften zur direkten Versorgung. Ihre Bedeutung liegt daher vielfach mehr in der Zusammenfassung der Erzeugung für grössere Gebiete und in der Ausbildung regionaler Hauptverteilnetze bis zu den einzelnen Ortschaften. Sie haben zum Teil die Form öffentlich-rechtlicher Unternehmen mit Dotationskapital und eigener Verwaltung (so Zürich, Aargau, Thurgau, Schaffhausen, Freiburg), teils die Form privatrechtlicher Aktiengesellschaften, deren Aktienkapital ganz oder zum Teil im Besitze der Kantone ist (so St. Gallen, Appenzell, Bern).

Die Betätigung der *privaten Gesellschaften*, denen vielfach die Ueberland-Elektrizitätsversorgung in der ersten Entwicklungszeit (vorgängig der kantonalen Unternehmen) zu verdanken ist, liegt heute mehr auf dem Gebiete der Energieerzeugung und des Energieexportes.

Schliesslich bestehen noch rund 450 *Elektrizitäts-Genossenschaften*, die sozusagen restlos Wiederverkäufer sind, bei denen es sich aber, von wenigen Ausnahmen abgesehen, um sehr kleine Betriebe handelt.

Die Beteiligung der verschiedenen Unternehmensformen an der allgemeinen Elektrizitätsversorgung, Stand 1937, ist aus Tabelle IV ersichtlich.

Unternehmungsformen.

Tabelle IV.

Art des Unternehmens	Direkt versorgte Einw.	Energieerzeugung	Energieausfuhr
	Anteil in Prozenten		
Kommunale Unternehmen . . .	55	23	2
Kantonale Unternehmen . . .	19	34	29
Zusammen	74	57	31
Gemischte Unternehmen . . .	5	10	1
Genossenschaften	8	0	1
Private Unternehmen	13	33	67
T o t a l	100	100	100

Die öffentliche Hand versorgt rund $\frac{3}{4}$ der gesamten Bevölkerung und verfügt über 68 % der gesamten Energieerzeugung für die inländische Energieabgabe an Dritte.

Zu den wichtigsten *Selbstversorgern*, d. h. zu den Verbrauchern, die über eigene Kraftwerke verfügen, sind in erster Linie die elektrochemischen Unternehmen und die Schweiz. Bundesbahnen zu zählen. Ihr Anteil an der gesamten Elektrizitätserzeugung betrug im letzten Betriebsjahr 23,4 %.

Wirtschaftliche Angaben.

Für den Bau von Kraftwerken, Uebertragungs- und Verteilanlagen (ohne Fahrleitungen der SBB) wurden bis Ende 1938 insgesamt rund 2,7 Milliarden Franken investiert, davon rund 2 Milliarden Franken seit dem Jahre 1915. Je ungefähr die Hälfte dieser Investitionen entfällt auf die Kraftwerke einerseits und die Uebertragungs- und Verteilanlagen andererseits. Der Wert des jährlichen Energieverbrauches beträgt gegenwärtig, auf den Abgabert bezogen, etwa 290 Millionen Franken, wovon

rund 24 Millionen Franken auf die Einnahme für die ausgeführte Energie entfallen.

Die Investitionen der *Elektrizitätswerke der allgemeinen Versorgung* allein erreichen für die Ende 1938 bestehenden Anlagen den Betrag von rund 2,1 Milliarden Franken, die bisherigen Abschreibungen und Rückstellungen rund 1 Milliarde Franken, so dass die Bauschuld noch rund 1,1 Milliarden Franken beträgt. Am gesamten Kapitalaufwand sind die Unternehmen der öffentlichen Hand mit rund 70 % beteiligt. Eine Erhöhung der Verschuldung wird für die Gesamtheit aller Elektrizitätswerke wahrscheinlich nicht eintreten, da der Geldbedarf für die zu erwartende weniger intensive Bautätigkeit den Betrag der jährlichen Abschreibungen und Rückstellungen (gegenwärtig ca. 65 Millionen Franken) voraussichtlich nicht überschreiten wird.

Die Einnahmen der Elektrizitätswerke der Allgemeinversorgung erreichten im Jahre 1937 rund 246 Millionen Franken (1920: 133, 1930: 225), wovon 24 Millionen Franken auf die Energieausfuhr entfallen. Etwa 93 Millionen Franken, das sind 42 % der Inlandeinnahmen, rühren von der Energieabgabe an die Haushaltungen her.

Im Jahre 1937 betragen die Einnahmen 12 % der Baukosten gegenüber 15 % im Jahre 1930. Der Rückgang rührt in der Hauptsache davon her, dass ein grosser Teil der in den neuen Anlagen produzierten Energie verhältnismässig gering bezahlte Verwendung findet; zum Teil ist er auf die vorgenommenen Tarifreduktionen zurückzuführen.

Bundesgesetzgebung.

Grundlegend ist Art. 24 bis der Bundesverfassung (vom Jahre 1908). Er stellt die Nutzbarmachung der Wasserkräfte unter die Oberaufsicht des Bundes und überträgt ihm den Erlass der zur Wahrung der öffentlichen Interessen und zur Sicherung der zweckmässigen Nutzbarmachung der Wasserkräfte erforderlichen Vorschriften. Indessen steht die Erteilung der Konzession, abgesehen von den Konzessionen an Grenzgewässern, den Kantonen zu. Diese Teilung der Kompetenzen unter Bund und Kantone erschwert eine einheitliche Regelung des Kraftwerkbaues. Nach dem Wasserrechtsgesetz vom Jahre 1916 ist dem Bunde insbesondere die Befugnis vorbehalten,

die Pläne der anzulegenden Werke daraufhin zu prüfen, ob diese in ihrer generellen Anlage der zweckmässigen Nutzbarmachung der Wasserkräfte entsprechen,

bei interkantonalen Konzessionen zu entscheiden, sofern sich die beteiligten Kantone in angemessener Frist nicht einigen,

die Konzession an Gewässerstrecken, die die Landesgrenze berühren, zu erteilen und

die Ausfuhr der aus diesen Gewässern erzeugten Kraft ins Ausland zu bewilligen.

In Art. 24^{bis} der Verfassung ist dem Bunde weiter die Befugnis erteilt, gesetzliche Bestimmungen

über die Fortleitung und die Abgabe der elektrischen Energie zu erlassen. Er hat davon im Elektrizitätsgesetz vom Jahre 1902 schon vor Aufnahme des Art. 24 bis in die Bundesverfassung beschränkten Gebrauch gemacht und weitere Bestimmungen in den Artikeln 8, 9 und 10 des Wasserrechtsgesetzes (Ableitung von Kraft und Gebietsabgrenzungen) getroffen.

Elektrizitätsgesetz vom Jahre 1902 und Wasserrechtsgesetz vom Jahre 1916 ordnen in bundesrecht-

licher Beziehung die Wasserkraftnutzung und Elektrizitätswirtschaft.

Die Kontrolle über die elektrischen Anlagen im Sinne des Art. 21, Ziff. 3, des Elektrizitätsgesetzes obliegt dem Starkstrominspektorat, worüber in dieser Nummer besonders berichtet wird.

(Für nähere Angaben über Energiewirtschaft und Finanzwirtschaft der Elektrizitätswerke der allgemeinen Versorgung siehe die Mitteilungen des Eidg. Amtes für Elektrizitätswirtschaft im Bulletin SEV Nr. 1 der Jahrgänge 1938 und 1939.)

Flussbau, Wehre, Dämme und Staumauern.

Von J. Büchi und K. Jenny, Zürich.

627

Der heutige Stand der mit der Errichtung moderner Wasserkraftanlagen zusammenhängenden rein baulichen Anlagen (Flussbau, Wehranlagen, Staumauern und Dämme, Einlaufbauwerke, Zuleitungskanäle und Stollen) wird dargestellt. Auf die Forschungsmethoden, die berufen sind, die Grundlagen der Bauingenieurkunst zu vertiefen, wird dabei nachdrücklich aufmerksam gemacht; sie haben besonders die Untersuchung des Baugrundes, der Geschiebeablagerungen und deren Beseitigung, die Auswirkung der Wehrbauten auf den Flusslauf (Kolkungen) und die Deformationen von Staumauern zum Gegenstand. Die typischen Merkmale moderner und künftiger Wasserbauten werden unter Berücksichtigung des Einflusses der Baumaschinen und der Entwicklung der Baumethoden auf die Wehre und Staumauern kurz beschrieben.

Les auteurs exposent l'état actuel des ouvrages de génie civil (corrections de rivière, barrages, digues, prises d'eau canaux et galeries) qui sont nécessaires pour l'aménagement d'usines hydro-électriques modernes. Ils insistent sur les méthodes d'investigation qui contribuent à approfondir les bases scientifiques du génie civil; ces méthodes concernent spécialement la prospection du terrain, l'étude des dépôts et leur élimination, l'influence des barrages sur le cours des rivières (affouillements) et les déformations des barrages. Les auteurs décrivent ensuite brièvement les caractères typiques des ouvrages hydrauliques modernes et de l'avenir, en tenant compte de l'influence des machines de construction et de l'évolution des méthodes de construction sur les digues et les barrages.

Flussbau.

Der im Zusammenhang mit den Wasserkraftanlagen stehende Flussbau umfasst vornehmlich die Anpassungsarbeiten bestehender Bauten an die durch den Aufstau des Flusses veränderten Verhältnisse, sowie die Regulierung einzelner Flußstrecken.

Die erstgenannten Anpassungsarbeiten bestehen grösstenteils aus Uferschutzbauten, welche dem Angriff des strömenden Wassers Widerstand leisten sollen, sowie aus Entwässerungsarbeiten, die dort nötig werden, wo durch die Stauung des Flusses ausserhalb liegende Geländeflächen unter den künftigen Wasserspiegel zu liegen kommen. Während die Uferschutzbauten auf Grund der reichen Erfahrungen der Flussbauämter heute ziemlich typisiert sind, stehen die Entwässerungsarbeiten erst in Entwicklung. Diese Entwicklung hängt zusammen mit der erst in neuerer Zeit an Hand genommenen erdbaukundlichen Erforschung der Böden in den dafür geschaffenen Laboratorien. Daneben haben oft auch neuere Verfahren für Bodenverfestigung und Abdichtungsarbeiten Einfluss auf Projekt und Ausführung solcher Entwässerungsbauten gehabt. Sie dürften in Zukunft bei Lösung solcher Aufgaben noch an Bedeutung gewinnen.

In bezug auf die Regulierungen und Tieferlegung von Flußstrecken basierte die Projektierung lange Zeit mehr auf dem praktischen Gefühl des Bauingenieurs als auf genauen Berechnungsmethoden. Erst durch die in jüngerer Zeit eingeführten und rasch ausgebauten hydraulischen Modellversuche, verbunden mit den inzwischen gesammelten Erfahrungen, haben sich die Erkenntnisse und die Grundlagen für eine rationelle Projektbearbeitung erheblich erweitert. Dies betrifft insbesondere die mit

der Geschiebeführung eines Flusses zusammenhängenden Probleme. Es ist besonders erfreulich, dass gerade auf diesem, früher wenig erforschten Gebiet die Untersuchungen und Studien des Wasserbaulaboratoriums an der ETH für die Aufstellung praktisch befriedigender Lösungen Richtung weisend geworden sind. Die zahlreichen und mannigfaltigen flussbaulichen Probleme, welche beim Bau des Etzelwerkes zu lösen waren, geben ein eindringliches Bild von der Nützlichkeit der hydraulischen Modellversuche, welche dort in sehr umfangreichem Masse zur Anwendung gelangten.

Im übrigen wird sich der mit Wasserkraftanlagen zusammenhängende Flussbau je länger je mehr mit dem Problem der Geschiebeablagerung in den Stauhaltungen der Niederdruckkraftwerke zu befassen haben. Bei den Hochdruckwerken mit den nur mässigen Stauhöhen und starken Gefällen des Flusses ist die regelmässige Durchspülung der Stauhaltungen meist leicht durchführbar, ohne dass dadurch unangenehme Störungen des Flußlaufes und öffentlicher Interessen in Frage kommen. Mit wachsender Stauhöhe und zunehmender Länge der Stauhaltungen, wie z. B. an den Mittellandflüssen Limmat, Aare und Rhein ist dagegen eine ausreichende Beseitigung von Geschiebeablagerungen mittels Durchspülung der Stauhaltung bei teilweise oder ganz gesenktem Stau nur in besonders günstig gelagerten Fällen erfolgreich durchführbar. Je vollkommener ein Fluss durch aneinandergereihte Gefällstufen ausgenützt wird, um so schwieriger wird die Geschiebeabseitung durch Spülungen. In diesen Fällen muss die Geschiebeabseitung meist auf künstliche Weise durch Baggerung aus dem Staugebiet erfolgen, wie dies z. B. gegenwärtig