

Wasserkraftnutzung und Energiewirtschaft 1910-1960

Autor(en): **Töndury, G.A.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **52 (1960)**

Heft 8-10

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-921760>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

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

Wasserkraftnutzung und Energiewirtschaft 1910 – 1960

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

DK 621.2+620.9

1. Einleitung

In unserer großen, den ganzen Jahrgang dieser Zeitschrift beanspruchenden Rückschau auf die verflossene fünfzigjährige Entwicklung der vielfältigen Wasserwirtschaft, nimmt die Wasserkraftnutzung eine zentrale Stellung ein, handelt es sich doch um das Gebiet, mit dem sich der Schweizerische Wasserwirtschaftsverband im Verlaufe seines nun fünfzigjährigen Bestehens und Wirkens zweifellos am stärksten beschäftigt hat, stets eingedenk der hervorragenden Bedeutung einer wirtschaftlichen Nutzung des einzigen maßgebenden Rohstoffes für die Volkswirtschaft unseres Landes, für seine bisher wenigstens vom Ausland außer in Zeiten von Wassernot unabhängigen Elektrizitätsversorgung, die bis heute praktisch ganz auf Wasserkraft beruht. Diese Bedeutung der Wasserkraft kam besonders eindringlich während des Ersten und namentlich im Verlaufe des Zweiten Weltkrieges und in der anschließenden Nachkriegsperiode weitesten Kreisen augenfällig zum Bewußtsein.

So sind denn die verschiedensten mit der Wasserkraftnutzung in engem oder weiterem Zusammenhang stehenden Probleme, wie Wasserrecht, wasserbauliches Forschungs- und Versuchswesen, Sondierungen und Installationen für Großbaustellen, Kraftwerk- und Tal-sperrenbau, elektromechanische Anlagen für die Produktion und den Transport der elektrischen Energie, die vielfältigen Elektrizitätsanwendungen, Preisentwicklung der Elektrizität u. a. in zahlreichen Beiträgen besonders qualifizierter Fachleute in den ersten sie-

ben Heften dieses Jahrgangs der «Wasser- und Energiewirtschaft» und in diesem Jubiläumshft in gedrängter Form behandelt worden, so daß sich diese Studie mehr auf eine zusammenfassende statistische Darstellung der Entwicklung der Energiewirtschaft und Wasserkraftnutzung beschränken kann, ein Gebiet, das die Geschäftsstelle SWV seit jeher außerordentlich stark beschäftigt hat und dessen Studienergebnisse laufend in der eigenen Verbandszeitschrift und periodisch in vielen besonderen Veröffentlichungen dargelegt wurden. Für die neuere Zeit m. W. erstmals wird in diesem Artikel auch die Entwicklung der Wasserkraftnutzung in den einzelnen Flußgebieten und der heutige und zukünftige Stand auch für alle Kantone gezeigt.

2. Allgemeine Energiewirtschaft

Unser Land zählt heute etwa 5,3 Millionen Einwohner und gehört mit 125 Einwohnern pro km² zu den am dichtesten bevölkerten Ländern Europas; die Bevölkerungszahl ist zudem — wie fast überall — in ständigem Steigen begriffen. Immer mehr Kulturland muß dem raschen Wachstum der Städte und Ortschaften und dem sich stets weiter ausdehnenden Verkehrsnetz geopfert werden, man denke beispielsweise nur an den zukünftigen Ausbau der geplanten Autobahnen und Nationalstraßen. So ist es nicht verwunderlich, daß der Anteil der unsere Bevölkerung ernährenden Landwirtschaft an der gesamten Volkswirtschaft unseres Landes in stetem Abnehmen begriffen ist. Unsere Lebensbe-

Entwicklung des gesamten Rohenergieverbrauches der Schweiz von 1910 bis 1959

(umgerechnet in äquivalente Milliarden Kilowattstunden nach Studien des Schweiz. Nationalkomitees der Weltkraftkonferenz und ergänzenden Angaben von W. Schrof)

Tabelle 1
(siehe auch Bild 1)

Jahr	Kohle		Gas ¹		Flüssige Brennstoffe		Holz und Torf		Elektrizität		Total	
	10 ⁹ kWh	%	10 ⁹ kWh	%	10 ⁹ kWh	%	10 ⁹ kWh	%	10 ⁹ kWh	%	10 ⁹ kWh	%
1910	21,1	72,8	1,7	5,9	0,2	0,7	4,8	16,5	1,2	4,1	29,0	100
1915	24,3	74,7	2,0	6,1	0,1	0,2	4,2	12,9	2,0	6,1	32,6	100
1920	17,0	63,0	1,4	5,2	0,5	1,8	5,7	21,1	2,4	8,1	27,0	100
1925	20,1	63,1	1,6	5,0	1,2	3,8	5,6	17,5	3,4	10,6	31,9	100
1930	23,5	61,7	2,1	5,5	2,8	7,3	5,4	14,2	4,3	11,3	38,1	100
1935	22,1	57,0	2,2	5,7	4,5	11,6	5,6	14,4	4,4	11,3	38,8	100
1940	19,5	51,3	2,7	7,1	3,0	7,9	6,5	17,1	6,3	16,6	38,0	100
1945	10,1	32,4	1,1	3,6	0,3	1,1	10,9	34,8	8,8	28,1	31,2	100
1950	19,2	39,3	2,2	4,5	11,9	24,3	5,7	11,6	9,9	20,3	48,9	100
1951	19,2	36,6	2,6	5,0	13,0	24,8	6,0	11,4	11,6	22,2	52,4	100
1952	19,2	35,7	2,6	4,8	14,1	26,3	5,9	10,9	12,0	22,3	53,9	100
1953	19,1	34,6	2,5	4,5	15,5	28,2	5,5	10,0	12,5	22,7	55,0	100
1954	18,7	32,0	2,4	4,1	19,0	32,6	5,3	9,1	13,0	22,2	58,4	100
1955	19,3	30,4	2,6	4,1	22,2	34,9	5,3	8,4	14,1	22,2	63,5	100
1956	21,9	30,1	2,5	3,5	28,5	39,2	5,3	7,3	14,5	19,9	72,8	100
1957	22,6	30,7	2,5	3,4	28,0	38,0	5,3	7,2	15,2	20,7	73,6	100
1958	19,0	25,2	2,4	3,2	33,1	43,8	5,2	6,9	15,8	20,9	75,5	100
1959	19,0	24,3	2,5	3,2	35,4	45,2	5,1	6,5	16,3	20,8	78,2	100

¹ bzw. die Kohle, die für den Veredelungsprozeß notwendig ist, abzüglich verkäuflicher Koks und Teer

dürfnisse mit der ausgeprägten Tendenz zunehmenden Komforts müssen immer mehr durch Einfuhren aus dem Ausland befriedigt werden, und diese müssen durch eine stets steigende Ausfuhr und durch die Devisen des unsichtbaren Exports — des Fremdenverkehrs — gedeckt werden, um eine gesunde Handelsbilanz zu erhalten. Als Ausfuhrprodukte kommen aber infolge der Beschaffenheit unseres Landes und des fast vollständigen Fehlens wichtiger Rohstoffe, die ebenfalls importiert werden müssen, größtenteils nur Industrierzeugnisse in Frage. Daher hat sich die Schweiz seit Jahrzehnten notgedrungen zu einem stark industrialisierten Land entwickelt, und diese Entwicklung schreitet unentwegt weiter; die seit Jahren anhaltende Hochkonjunktur bringt besondere, sich verschärfende Probleme, namentlich auf dem Gebiete der benötigten Arbeitskräfte — insbesondere des qualifizierten Fachpersonals —, und die fast unheimliche Aufblähung unserer Wirtschaft kann heute nur mit Hilfe Hunderttausender ausländischer Angestellter und Arbeiter aufrechterhalten werden. Diese starke Industrialisierung erfordert aber große Energiemengen, wobei wir auch hierfür leider allzustark von der Einfuhr aus dem Ausland abhängig sind.

Die fünfzigjährige Entwicklung des gesamten Rohenergieverbrauches der Schweiz von 1910 bis 1959 ist perioden- und zahlenmäßig aus Tabelle 1, die fortlaufende besonders instruktiv aus Bild 1 (Faltblatt) ersichtlich.

Die Entwicklung des gesamten Rohenergieverbrauches — ein ausgezeichnetes Barometer für die wirtschaftliche Lage eines Landes — war in fünfjährigen Perioden durchschnittlich folgende:

Periode	Durchschnittliche Änderung pro Jahr		
	in 10 ⁹ kWh	in %	
1910 — 1915	+ 0,72	+ 2,28	
1915 — 1920	— 1,12	— 3,44	Erster Weltkrieg
1920 — 1925	+ 0,98	+ 3,62	
1925 — 1930	+ 1,24	+ 3,88	
1930 — 1935	+ 0,14	+ 0,36	Weltwirtschaftskrise
1935 — 1940	— 0,16	— 0,41	
1940 — 1945	— 1,36	— 3,59	Zweiter Weltkrieg
1945 — 1950	+ 3,54	+ 11,32	
1950 — 1955	+ 2,92	+ 5,96	
1955 — 1959	+ 3,68	+ 5,80	

Vergleichen wir die Verhältnisse des letzten Vorkriegsjahres 1938 mit dem Jahre 1945 (kriegsbedingte stark beschränkte Einfuhrmöglichkeiten) und dem Jahre 1959, so sehen wir folgende bedeutsame Strukturverschiebungen der Energieversorgung:

	1938	1945	1959
Kohle und Gas	63,6%	35,0%	27,5%
Flüssige Brenn- und Treibstoffe	10,8%	1,1%	45,2%
(Importgüter)	74,4%	36,1%	72,7%
Elektrizität	13,4%	28,1%	20,8%
Holz und Torf	12,2%	34,8%	6,5%
Total	100,0%	100,0%	100,0%

Bild 1 zeigt besonders auffällig die enorme Steigerung im Verbrauch flüssiger Brenn- und Treibstoffe seit 1946, hervorgerufen vor allem durch die unaufhaltbare starke Motorisierung im Verkehr und die weitverbreitete Verwendung von Öl für Heizzwecke; der Rohenergieverbrauch ist hier von 1938 bis 1959 von 4,5 auf 35,4 Mrd. kWh, also auf etwa die achtfache Menge angestiegen, und der Anteil am Gesamtenergieverbrauch des Landes hat von 10,8 % auf 45,2 % zuge-

Entwicklung der gesamten schweizerischen Elektrizitätserzeugung aus Wasserkraft von 1910 bis 1960

(Alle Werke mit 450 PS bzw. 300 kW und mehr Leistung)

Tabelle 2 (siehe auch Bild 2)

Periode (Jahr bzw. hydrographisches Jahr ¹)	Max. mögl. Leistung ab Generator MW ²	Mögliche mittlere Erzeugung ab Generator in GWh (Mio kWh)		Gesamte Elektrizitätserzeugung aus Wasserkraft GWh			Tatsächliche Erzeugung in % der mittleren möglichen Erzeugung	Produktionskapazität in % des 1960 geschätzten Vollausbau
		Total ³	davon Speicherenergie ⁴ (% der Jahresenergie)	Winter ¹	Sommer ¹	Jahr		
1910	345	1 841	75 (4,1)			1 250	68,0	5,25
1920	752	4 020	84 (2,1)			2 800	69,7	11,5
1930/31	1445	6 651	498 (7,5)	2 555	2 471	5 026	75,5	19,0
1940/41	1994	8 743	940 (10,8)	3 839	4 428	8 267	94,7	25,0
1949/50	2667	11 747	1 282 (10,9)	4 081	6 237	10 318	87,9	33,6
1950/51	2789	12 359	1 443 (11,7)	5 161	7 030	12 191	98,7	35,3
1951/52	2881	12 585	1 443 (11,5)	5 463	7 302	12 765	101,2	35,9
1952/53	2986	12 934	1 479 (11,4)	5 867	7 540	13 407 ⁵	103,6	37,0
1953/54	3255	13 856	1 720 (12,4)	5 413	7 581	12 994	93,8	39,6
1954/55	3358	14 344	1 872 (13,0)	6 695	8 686	15 381	107,2	40,9
1955/56	3514	15 270	2 126 (13,9)	5 899	8 761	14 660	96,2	43,5
1956/57	3869	15 915	2 252 (14,2)	6 775	8 929	15 704	98,7	45,5
1957/58	4116	16 491	2 934 (17,8)	6 696	10 007	16 703	101,2	47,1
1958/59	4767	17 913	3 415 (19,1)	8 294	9 784	18 078	100,8	51,2
1959/60	5149	18 919	3 702 (19,6)	7 438				54,0

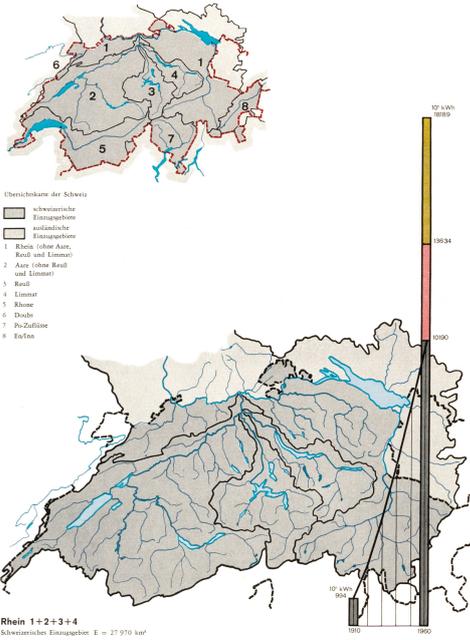
¹ 1. Oktober bis 30. September; Winterhalbjahr: 1. Oktober bis 31. März; Sommerhalbjahr: 1. April bis 30. September

² 1 MW = 1000 kW, jeweils auf 1. Januar

³ jeweils auf 1. Januar; ⁴ jeweils auf 1. Oktober

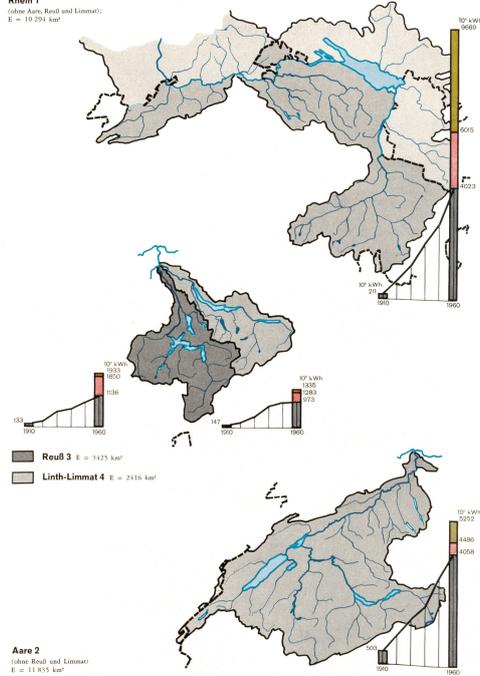
⁵ erstmals einschließlich Schweizer Anteil (20%) des Rheinkraftwerkes Kembs

Bild 10 Schema 276/278 (siehe auch Tabelle 8) Wasserkonzeption in den einzelnen Flussebenen. Entwicklung der minimalen Produktionsmöglichkeiten von 1919 bis 1960 (schwarze Kurven), Produktionskapazität der im Bau stehenden Anlagen (rot) und der 1960 bekannten Projekte (grün).

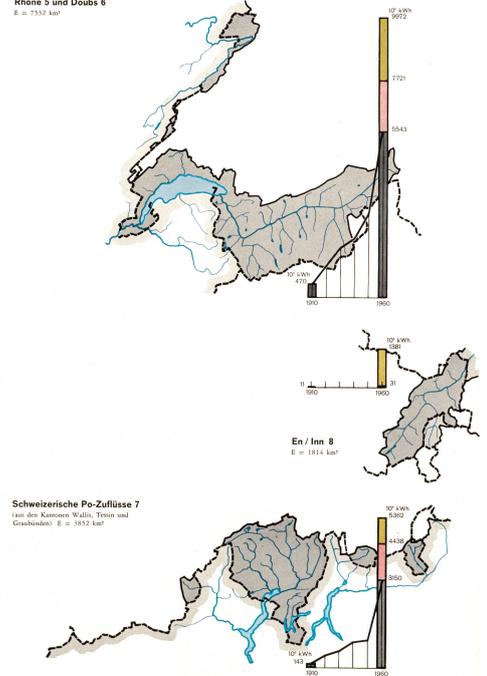


276/278

Rhein 1
(ober Aare, Reuß und Limmat):
E = 19.291 km²



Rhone 5 und Doubs 6
E = 23.12 km²



nommen, womit die flüssigen Brenn- und Treibstoffe nun an erster Stelle der Energieträger stehen. Der Anteil von Kohle und Gas ist im gleichen Zeitraum von 63,6 % auf nur 27,5 % gesunken, obwohl die Menge nur leicht sinkende Tendenz aufweist (23,6 bzw. 19,0 Mrd. kWh). In der prekären Versorgungslage des Zweiten Weltkrieges konnten Holz und Torf eine große Lücke füllen (rund 35 % gegenüber 6,5 % heute), mengenmäßig ist der Anteil dieser Energieträger seit langem stationär. Die Elektrizität vermochte in den Mangeljahren des Krieges bis etwa 28 % (1945) des Rohenergiebedarfs zu decken; der Anteil ist heute auf etwa 21 % gesunken und dürfte trotz des seit Jahren und auch in der nächsten Zukunft forcierten Ausbaues unserer Wasserkraft weiter abnehmen, insbesondere nach deren Vollausbau, etwa nach 1970/75.

Mit diesen kurzen Hinweisen ist die Bedeutung der Elektrizitätswirtschaft im Rahmen der gesamten Energiewirtschaft unseres Landes skizziert. Wie bereits erwähnt, wird die in unserem Lande verwendete Elektrizität praktisch fast ausschließlich aus Wasserkraft gewonnen, wobei ein zunehmend reger Austausch elektrischer Energie mit unseren Nachbarländern für den Ausgleich zwischen Zeiten von Wasserüberfluß und Wassernot notwendig und sehr wertvoll ist; die in der Schweiz thermisch erzeugte Energie kann

bis heute in Jahren durchschnittlichen und reichen Wasserdargebots im gesamten betrachtet als unwesentlich bezeichnet werden. Aber schon in nächster Zeit wird man auch bei uns an den Bau großer thermischer Anlagen treten müssen, um zu gegebener Zeit und bis zur größeren Anwendung der heute noch unwirtschaftlichen Kernenergie (Atomenergie) einen günstigen Übergang zu schaffen.

3. Wasserkraftnutzung

Die fünfzigjährige Entwicklung der gesamten Wasserkraftnutzung nach Leistung, Produktionsmöglichkeit und tatsächlicher Erzeugung ist für bestimmte Jahre aus Tabelle 2, die kontinuierliche aus Bild 2 (Faltblatt) ersichtlich.

Der durchschnittliche Zuwachs an mittlerer Erzeugungsmöglichkeit entwickelte sich in der betrachteten Periode folgendermaßen:

Zehnjahres- Periode	Durchschnittliche jährliche Zunahme der Produktionskapazität		
	total Energie in GWh	davon Speicherenergie in GWh	in % des Totals
1910—1920	+ 217,9	+ 0,9	0,4
1920—1930	+ 263,1	+ 41,4	15,7
1930—1940	+ 209,2	+ 44,2	21,1
1940—1950	+ 361,6	+ 50,3	13,9
(1950—1959)	(+ 728,9)	(+ 251,0)	34,5

Entwicklung der Speicherkapazität der schweizerischen Stauseen

Voralpenspeicher = Speicherbecken mit Stauziel unterhalb 1200 m ü. M.
Gebirgsspeicher = Speicherbecken mit Stauziel oberhalb 1200 m ü. M.

(Für Wägital-Speicherbecken seit Inbetriebnahme nur 92 hm³ bzw. 85 GWh Nutzinhalt angenommen)

Tabelle 3
(siehe auch Bild 3)

Inhalt je ab 1. Okt.	Voralpenspeicher		Gebirgsspeicher		Total	
	hm ³	GWh	hm ³	GWh	hm ³	GWh
1902	—	—	3	5	3	5
1904	30	12	3	5	33	17
1908	79	45	18.1	18	97.1	63
1910	79	45	35.3	30	114.3	75
1915	79	45	38.3	38.5	117.3	83.5
1921	141	71	81.5	150	222.5	221.0
1926	233	156	137.9	248.4	370.9	404.4
1927	233	156	137.9	342.4	370.9	498.4
1932	233	156	259.9	489.5	492.9	645.5
1934	233	156	309.9	689.5	542.9	845.5
1937	325	248	311.5	691.7	636.5	939.7
1943	325	248	311.5	871.7	636.5	1 119.7
1945	325	248	321.5	902.7	646.5	1 150.7
1946	325	248	331.5	932.7	656.5	1 180.7
1947	325	248	345.6	987.7	670.6	1 235.7
1948	505	294	345.6	987.7	850.6	1 281.7
1950	512	303	398.1	1 139.7	910.1	1 442.7
1952	512	303	410.1	1 175.7	922.1	1 478.7
1953	512	303	484.6	1 416.7	996.6	1 719.7
1954	512	303	535.6	1 568.7	1 047.6	1 871.7
1955	512	315	641.9	1 811	1 153.9	2 126
1956	512	315	684.9	1 937	1 196.9	2 252
1957	512	315	923.4	2 619	1 435.4	2 934
1958	512	315	1 068	3 100	1 580	3 415
1959	512	315	1 152	3 387	1 664	3 702
In Betrieb und im Bau:						
1960	512	315	1 276	3 773	1 788	4 088
1961	512	315	1 464	4 363	1 976	4 678
1962	512	315	1 674	4 890	2 186	5 205
1963	512	315	1 911	5 600	2 423	5 915
1964	512	315	1 949	5 750	2 461	6 065
1965	512	315	2 071	6 137	2 583	6 452

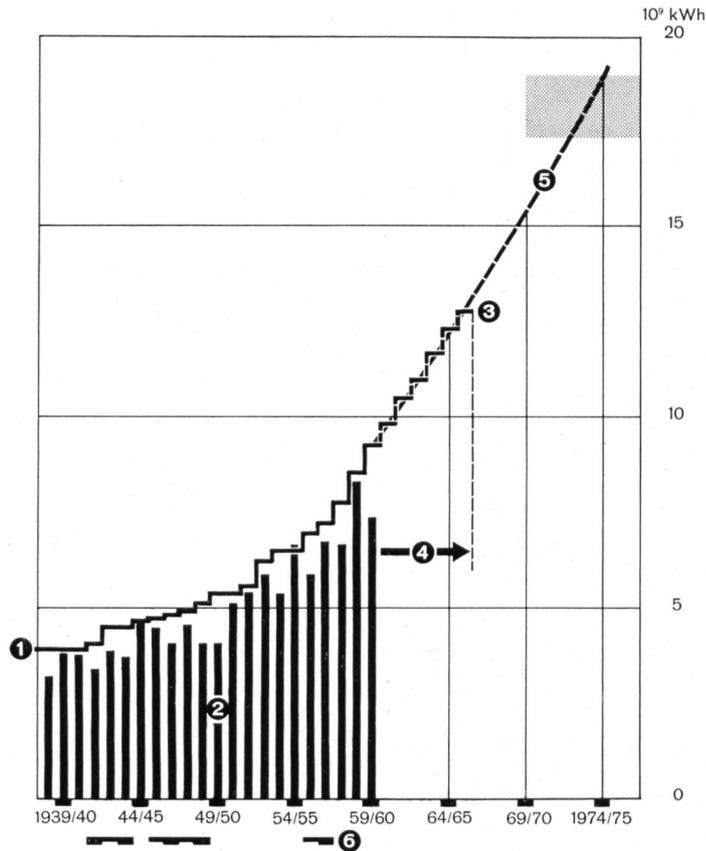


Bild 4 a Entwicklung von Produktionsmöglichkeit und tatsächlicher Erzeugung elektrischer Energie aus Wasserkraft im Winterhalbjahr (1. Oktober bis 31. März) von 1938/39 bis 1959/60.

- Legende:
- 1 mittlere mögliche Erzeugung
 - 2 tatsächliche Erzeugung aus Wasserkraft
 - 3 mittlere mögliche Erzeugung mit den 1960 im Bau stehenden Wasserkraftanlagen
 - 4 Zeitspanne der Inbetriebnahme der 1960 im Bau stehenden Anlagen
 - 5 Vermutliche Bedarfszunahme bis zum Vollausbau der Wasserkräfte
 - 6 Perioden behördlich verfügbarer Einschränkungen im Elektrizitäts-Verbrauch

Neben der wachsenden Produktionskapazitäts-Zunahme, insbesondere im letzten Jahrzehnt, kommen hier die gewaltigen Anstrengungen zur Bereitstellung von Speicherenergie, um über konsumangepasste, edlere Energie zu verfügen und weniger von den jeweiligen Abflüssen im Winter und damit vom Energieimport abhängig zu sein, besonders augenfällig zum Ausdruck, wurden doch seit 1950 im Durchschnitt rund 250 Mio kWh Speicherenergie pro Jahr bereitgestellt, entsprechend 34,5 % der gesamthaft gewonnenen Jahresenergie.

Betrachtet man den Produktionszuwachs der einzelnen Perioden mit dem heute als wirtschaftlich realisierbar geschätzten Vollausbau der schweizerischen Wasserkräfte in der Höhe von etwa 35 Mrd kWh, so zeigt sich folgende Entwicklung:

Periode	Produktions-Kapazität bzw. Zuwachs in GWh	in % des Vollausbau
bis 1910	1841	5,3
1910—1920	2179	6,2
1920—1930	2631	7,5
1930—1940	2092	6,0
1940—1950	3616	10,3
1950—1960	6560	18,7
1960 in Betrieb	18919	54,0
1960 im Bau	6910	20,0
1960 berücksichtigte Projekte	9080	26,0
Vollausbau etwa 1970/75	34909 (rd. 35 Mrd kWh)	100,0

von 1910 bis 1960: 48,7 %

In den ersten 30 bis 35 Jahren des Ausbaues unserer Wasserkräfte wurden nur etwa 5 % des gesamten Was-

serkraftpotentials verwirklicht; in der hier betrachteten fünfzigjährigen Periode 1910 bis 1960 waren es rund 49 %, wobei die auf ein Jahrzehnt fallenden Anteile zwischen 6 % und 18,7 % variierten, also stets größer waren als für die ersten 30 bis 35 Jahre. Gegenwärtig im Bau und bis Ende 1965 betriebsbereit sind Anlagen mit einer Produktionskapazität von 20 % des gesamten Wasserkraftpotentials, und für die Endphase, die höchstens 10 Jahre beanspruchen dürfte, verbleiben noch 26 % oder 9 bis 10 Mrd kWh. Schon diese wenigen Zahlen zeigen die außerordentlichen Anstrengungen im Kraftwerkbau der letzten Jahre und der nächsten Zukunft.

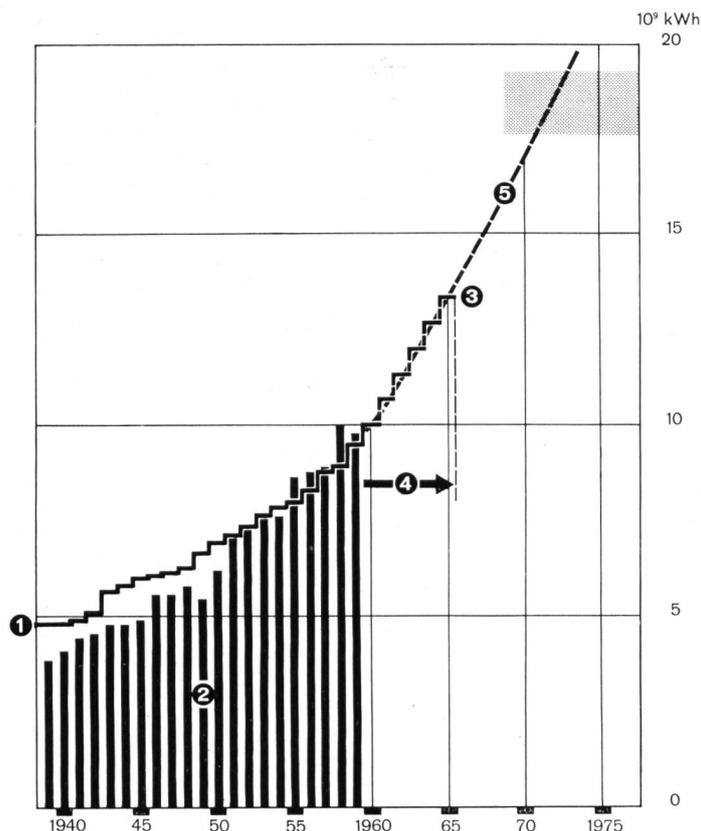
Bild 4 zeigt die Entwicklung der letzten 20 Jahre für Produktionskapazität und tatsächliche Erzeugung aus Wasserkraft, unterteilt nach Winter- und Sommerhalbjahr. Die jeweilige jährliche Zunahme der Produktionskapazität gegenüber dem Stand des Vorjahres variierte während der letzten zehn Jahre zwischen 1,8 % und 8,6 % und betrug im zehnjährigen Mittel 4,9 %, im letzten fünfjährigen Mittel sogar 5,7 %. Die 1960 bis 1965 im Bau befindlichen und aller Voraussicht nach bis Ende 1965 in Betrieb kommenden Wasserkraftanlagen bringen eine mittlere jährliche Kapazitätssteigerung von etwa 6 %. Extrapoliert man diese Entwicklungstendenz mit nur 5 % darüber hinaus — unter der Annahme eines Anhaltens der Hochkonjunktur — so ist der Vollausbau unserer Wasserkräfte schon für 1970/71 zu erwarten, sagen wir also im Zeitraum 1970/75.

Betrachtet man die vorletzte Kolonne von Tabelle 2 so sieht man, wie die tatsächliche Elektrizitätserzeugung aus Wasserkraft in den Jahren 1910, 1920 und 1930/31 nur 68 bis 75 % der mittleren möglichen Erzeugung betrug und bis zum Zweiten Weltkrieg dauerte

Bild 4 b Entwicklung von Produktionsmöglichkeit und tatsächlicher Erzeugung elektrischer Energie aus Wasserkraft im Sommerhalbjahr (1. April bis 30. September) von 1939 bis 1959.

Legende:

- 1 mittlere mögliche Erzeugung
- 2 tatsächliche Erzeugung aus Wasserkraft
- 3 mittlere mögliche Erzeugung mit den 1960 im Bau stehenden Wasserkraftanlagen
- 4 Zeitspanne der Inbetriebnahme der 1960 im Bau stehenden Anlagen
- 5 Vermutliche Bedarfszunahme bis zum Vollausbau der Wasserkräfte



diese relativ schwache Ausnutzung — abgesehen von kürzeren Epochen — an, und erst der plötzliche Rückgang der Einfuhr ausländischer Energieträger schuf eine ganz neue Lage. Von nun an wurde die Verfügbarkeit an Elektrizität aus eigener Wasserkraft voll ausgeschöpft und konnte nach dem Zweiten Weltkrieg dem unerwartet raschen Bedarfsanstieg zeitweise gar nicht genügen; die geringen Schwankungen um 100 % weisen in den letzten zehn Jahren lediglich auf trockene oder niederschlagsreiche Jahre hin.

Wie schon erwähnt, waren die Anstrengungen im letzten Jahrzehnt besonders auf die Bereitstellung von Speicherenergie gerichtet, vor allem durch die Schaffung hochgelegener großer Stauseen im Gebirge, womit bei uns auch eine außerordentliche Entwicklung im Bau großer und größter Talsperren einherging; darüber wird an anderer Stelle berichtet. Der fortlaufende Zuwachs an Stauraum und Speicherenergie ist aus Tabelle 3 und Bild 3 (Faltblatt) ersichtlich; die Angaben verdanken wir dem Eidg. Amt für Elektrizitätswirtschaft, wobei zu bemerken ist, daß der bisher angewendete Begriff «Voralpen» sehr unbestimmt und umstritten war, so daß hier nunmehr alle Speicherbecken mit Stauziel unterhalb 1200 m ü. M. zu den sog. «Voralpenspeichern» gezählt wurden. Die Tabelle zeigt, daß der Anteil der «Voralpenspeicher», von denen einige aus natürlichen Seen hervorgegangen sind (Lac de Joux, Brenet, Lungernsee u. a.) und wenig Kulturland beanspruchten, heute energiemäßig rund 8 % und im Jahre 1965 nur noch 5 % des gesamten Speicherinhaltes beträgt. Durchschnittlich lassen sich mit einem m³ Wasser aus den Gebirgsspeichern rund 3 kWh erzeugen, während die «Voralpenspeicher» durchschnittlich eine spe-

zifische Produktion von 0,6 kWh, somit nur den fünften Teil aufweisen.

Der jährliche Verlauf des Energievorrats in den Speicherseen der Allgemeinversorgung ist für einige charakteristische hydrographische Jahre der letzten Zeit aus Bild 5 ersichtlich.

Wie bereits erwähnt, spielen in unserer Energiewirtschaft sowohl Export wie Import elektrischer Energie eine bedeutende Rolle, insbesondere zur Überbrückung der Produktionsüberschüsse bzw. Bedarfsquoten im natürlichen Spiel von niederschlagsreichen und trockenen Perioden. Etliche Kraftwerke unseres Landes wurden ursprünglich für den Energieexport gebaut, insbesondere als man sich mit den Verbindungsleitungen von Kraftwerken auf unserer Südseite der Alpen noch nicht an große Alpenüberquerungen wagte. In beiden Weltkriegen haben die bei Kriegsausbruch erreichten Exportquoten elektrischer Energie eine sehr geschätzte Reserve für den Inlandbedarf dargestellt, auf die man denn auch gerne zu gegebener Zeit gegriffen hat. Tabelle 4 und Bild 6 zeigen die Entwicklung von Export und Import und zwar seit 1930/31, wobei ersichtlich ist, daß der Export schon damals bedeutende Mengen erreichte, während der Import elektrischer Energie eigentlich erst von 1947/48 an beachtlich ist, besonders wegen des allseits unerwartet stark steigenden Elektrizitätsbedarfs, der trotz intensivsten Kraftwerkbaues durch die eigene Produktion nicht zu decken war; zudem traten in der Zeit seit 1947 etliche ausgesprochene Trockenperioden auf, was besonders aus den Beiträgen dieses Heftes über Niederschlag und Abfluß klar hervorgeht.

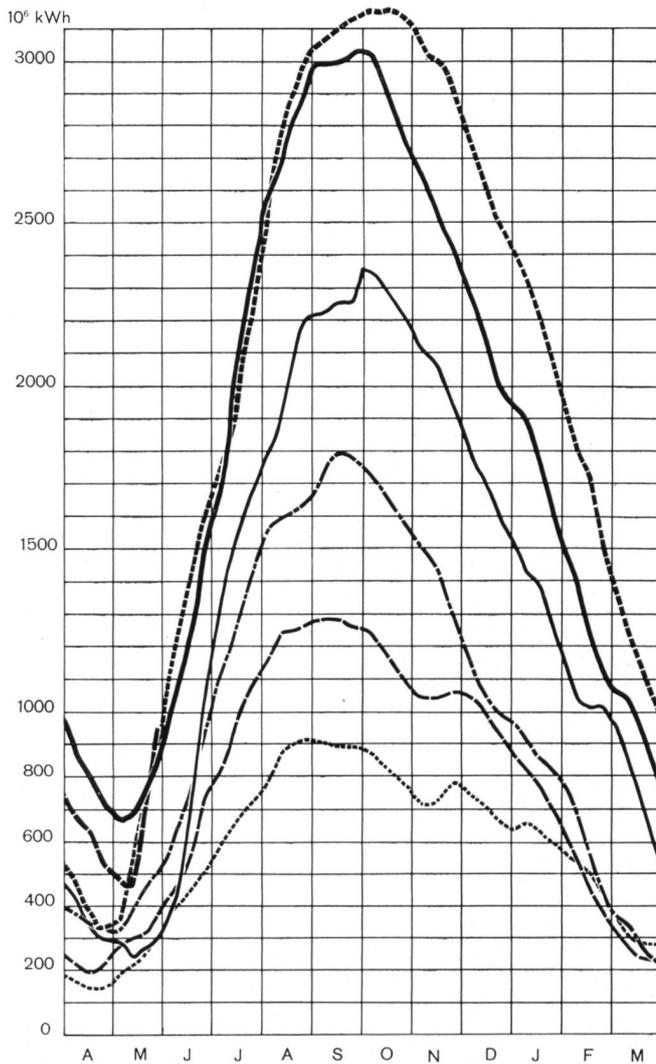


Bild 5 Bewirtschaftung der schweizerischen Speicherseen der Werke der Allgemeinversorgung; Energievorrat in GWh jeweils vom 1. April bis 31. März für einige typische hydrographische Jahre (nach laufenden Angaben des Eidg. Amtes für Elektrizitätswirtschaft).

- 1947/48
- 1951/52
- 1955/56
- 1957/58
- 1958/59
- 1959/60
- 1960/61

Die Ausfuhr elektrischer Energie erreichte anteilmäßig mit 20,9 % der Erzeugung aus eigener Wasserkraft im Jahre 1940/41, mengenmäßig mit 2860 Mio kWh im vergangenen Jahr 1958/59 die höchsten Werte; die Einfuhr war 1955/56 anteilmäßig mit 9,5 % und mengenmäßig 1957/58 mit 1541 Mio kWh am größten.

Der zunehmend intensive Energieaustausch mit unseren Nachbarländern aber auch innerhalb der Schweiz zwischen den verschiedenen großen Produktionsunternehmen hat zu einem sehr dichten, leistungsfähigen und betriebssicheren Netz von Hochspannungsleitungen geführt, das in Bild 12 (Faltblatt) dargestellt ist.

Untersuchen wir in der ganzen Entwicklung, wie sich die Produktionskapazität aus Wasserkraft auf die zwei großen Bedarfskategorien von Allgemeinversorgung und Selbstversorgung (Industrie und Bahnen) verteilen, so ersehen wir aus Tabelle 5 und Bild 7, daß hier keine großen gegenseitigen Verschiebungen erfolgten, beanspruchte doch die Allgemeinversorgung in der langen Beobachtungsperiode 68,4 bis 78,0 % mit leicht steigender Tendenz, die Selbstversorgung dementsprechend 31,6 % bis 22 % der Produktionskapazität.

Eine Unterteilung der Entwicklung nach sozialem Aufbau ist aus Tabelle 6 und Bild 8 ersichtlich. Hier zeichnet sich im Laufe der fünfzigjährigen Beobachtungsperiode eine starke Wandlung ab. Der ausgeprägte Pioniergeist der privaten Kraftwerk-Gesellschaften kommt in der ersten Zeit noch gut zum Ausdruck, erreichte doch die Produktionskapazität aus Wasserkraft der privaten Unternehmen 1910 noch 71,6 % und 1920 etwa 65 %, fiel aber 1930 knapp unter 50 %, um bis 1959 sukzessive und stetig auf 34,2 % zu sinken. Die öffentlichen Unternehmungen, die schon früh besonders die Elektrizitätsversorgung von Städten und Gemeinden übernahmen, partizipierten 1910 an der Produktionskapazität mit 23,7 %, 1920 bereits mit 32,1 %, überflügelten aber erst in der Periode 1940/50 die privaten Unternehmungen; seit 1950 mit 46,2 % ist der Anteil in steter langsamer Abnahme begriffen und

Entwicklung von Energieeinfuhr und Energieausfuhr 1910—1960

Tabelle 4 (siehe auch Bild 6)

Kalenderjahr bzw. Hydrogr. Jahr	Inländische Energie- produktion aus Wasserkraft GWh	Energieausfuhr		Energieeinfuhr	
		GWh	in % von Kol. 2	GWh	in % von Kol. 2
1910	1 250	100	8,0	—	—
1920	2 800	377	13,5	—	—
1930/31	5 026	1 012	20,1	8	0,16
1940/41	8 267	1 726	20,9	91	1,1
1950/51	12 191	1 099	9,0	406	3,3
1951/52	12 765	1 202	9,6	541	4,3
1952/53	13 407 ¹	1 499 ¹	11,2	486	3,6
1953/54	12 994	1 424	11,0	1 197	9,2
1954/55	15 381	2 009	13,1	625	4,1
1955/56	14 660	1 797	12,3	1 399	9,5
1956/57	15 704	1 909	12,1	1 255	8,0
1957/58	16 703	2 658	15,9	1 541	9,2
1958/59	18 078	2 860	15,8	942	5,2

¹ erstmals einschließlich Schweizer Anteil (20%) des Rheinkraftwerkes Kembs

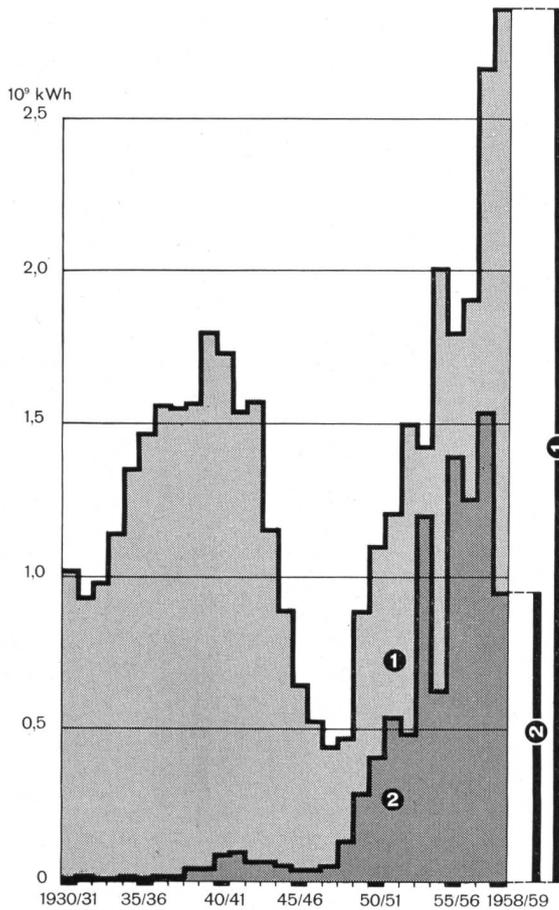


Bild 6 (siehe auch Tabelle 4) Entwicklung der Ausfuhr und Einfuhr elektrischer Energie von 1930/31 bis 1958/59.

1 Ausfuhr in Mrd kWh 2 Einfuhr in Mrd kWh

noch von 3 % auf; der starke Anstieg erfolgte seit 1952 mit 10,8 % auf einen Anteil von 25,6 % im Jahre 1959, als Ausdruck der Zusammenfassung großer Partnergesellschaften für die Verwirklichung besonders großer Kraftwerkgruppen mit vermehrtem Risiko, großem Finanzbedarf und verteuerter Energie.

Nachdem nun die Entwicklung der Wasserkraftnutzung nach bisher im allgemeinen bekannten Gruppierungen betrachtet wurde, dürfte es wohl auch von Interesse sein, einmal die Entwicklung in sämtlichen 25 Kantonen und Halbkantonen und schließlich in den einzelnen Einzugsgebieten der größeren Flüsse zu untersuchen.

Tabelle 7 mit Bild 9 zeigen die Verhältnisse in den Kantonen, wobei wir diese in Reihenfolge der Produktionskapazität nach Vollausbau geordnet haben.

In den Angaben der kantonalen Verteilung der heute in Betrieb stehenden Anlagen sind entsprechend der internen fortlaufenden Statistik SWV sämtliche Kraftwerke — also auch die kleinsten Gemeindewerke — berücksichtigt, weshalb die summierten Zahlen etwas höher sind als bei allen anderen statistischen Angaben, wo nur Wasserkraftanlagen von 450 PS bzw. 300 kW und mehr installierter Leistung figurieren.

An der Produktionskapazität der am 1. Januar 1960 in Betrieb stehenden Wasserkraftanlagen stehen folgende Kantone im Vordergrund:

Kanton	Produktionskapazität am 1. 1. 1960	
	in GWh	in % der ganzen Schweiz
1. Wallis	4808	25,2
2. Graubünden	2492	13,0
3. Aargau	2466	12,9
4. Bern	2191	11,4
5. Tessin	2112	11,0
ganze Schweiz	14069	73,5
	19157	100

Diese fünf Kantone verfügen bereits über fast $\frac{3}{4}$ der heutigen Elektrizitätserzeugung aus Wasserkraft.

erreicht heute noch 40,2 %. Diese Abnahme ist durch die große Bedeutung bedingt, welche in letzter Zeit die gemischtwirtschaftlichen Unternehmungen (mit überwiegend öffentlichem Einfluß) erreicht haben. 1910 wies diese Gruppe einen Anteil von 4,7 %, 1920 nur

Entwicklung von Leistung und Produktionskapazität aus Wasserkraft nach verschiedenen Bedarfs-Kategorien 1910—1960

Tabelle 5 (siehe auch Bild 7)

Periode (jeweils auf Ende Jahr)	Allgemein-Versorgung		Selbst-Versorgung (Industrie und Bahnen)		Total	
	max. mögliche Leistung ab Generator	mittlere mögliche Energieproduktion ab Generator	max. mögliche Leistung ab Generator	mittlere mögliche Energieproduktion ab Generator	max. mögliche Leistung ab Generator	mittlere mögliche Energieproduktion ab Generator
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh
1910	244 = 70,8%	1 258 = 68,4%	101 = 29,2%	583 = 31,6%	345 = 100%	1 841 = 100%
1920	515 = 68,5%	2 834 = 70,5%	237 = 31,5%	1 186 = 29,5%	752 = 100%	4 020 = 100%
1930	995 = 68,8%	4 616 = 69,3%	450 = 31,2%	2 035 = 30,7%	1 445 = 100%	6 651 = 100%
1940	1 490 = 74,7%	6 576 = 75,2%	504 = 25,3%	2 167 = 24,8%	1 994 = 100%	8 743 = 100%
1950	2 022 = 72,5%	8 900 = 72,0%	767 = 27,5%	3 459 = 28,0%	2 789 = 100%	12 359 = 100%
1951	2 075 = 72,0%	9 052 = 72,0%	806 = 28,0%	3 533 = 28,0%	2 881 = 100%	12 585 = 100%
1952	2 180 = 73,0%	9 401 = 72,7%	806 = 27,0%	3 533 = 27,3%	2 986 = 100%	12 934 = 100%
1953	2 423 = 74,4%	10 234 = 74,0%	832 = 25,6%	3 622 = 26,0%	3 255 = 100%	13 856 = 100%
1954	2 510 = 74,8%	10 616 = 74,0%	848 = 25,2%	3 728 = 26,0%	3 358 = 100%	14 344 = 100%
1955	2 672 = 76,0%	11 532 = 75,7%	842 = 24,0%	3 738 = 24,3%	3 514 = 100%	15 270 = 100%
1956	3 027 = 78,2%	12 175 = 76,5%	842 = 21,8%	3 740 = 23,5%	3 869 = 100%	15 915 = 100%
1957	3 256 = 79,2%	12 736 = 77,3%	860 = 20,8%	3 755 = 22,7%	4 116 = 100%	16 491 = 100%
1958	3 828 = 80,4%	13 791 = 77,0%	939 = 19,6%	4 122 = 23,0%	4 767 = 100%	17 913 = 100%
1959	4 180 = 81,2%	14 735 = 78,0%	969 = 18,8%	4 184 = 22,0%	5 149 = 100%	18 919 = 100%

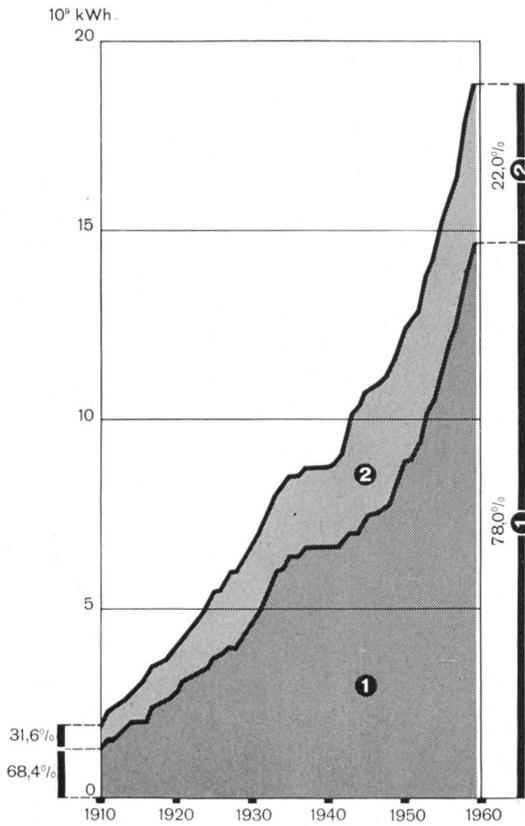


Bild 7 (siehe auch Tabelle 5) Entwicklung der Produktions-Kapazität elektrischer Energie aus Wasserkraft 1910—1960 nach verschiedenen Bedarfskategorien (Statistik SWV).

- 1 Allgemeinversorgung
- 2 Selbstversorgung (Industrie und Bahnen)

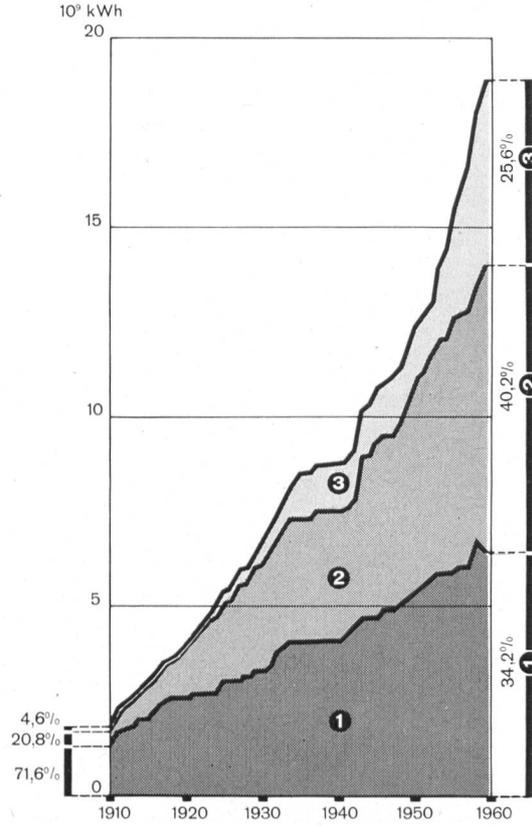


Bild 8 (siehe auch Tabelle 6) Entwicklung der Produktions-Kapazität elektrischer Energie aus Wasserkraft 1910—1960 nach sozialem Aufbau (Statistik SWV).

- 1 Private Unternehmen
- 2 Öffentliche Unternehmen
- 3 Gemischtwirtschaftliche Unternehmen (mit überwiegend öffentlichem Einfluß)

Entwicklung von Leistung und Produktionskapazität sämtlicher Wasserkraftwerke nach sozialem Aufbau 1910—1960

Tabelle 6 (siehe auch Bild 8)

Periode (jeweils auf Ende Jahr)	Öffentliche Unternehmen		Gemischt-wirtschaftliche Unternehmen ¹		Private Unternehmen		Total	
	Max. mögl. Leistung ab Generator MW	Mittl. mögl. Energieprod. ab Generator GWh	Max. mögl. Leistung ab Generator MW	Mittl. mögl. Energieprod. ab Generator GWh	Max. mögl. Leistung ab Generator MW	Mittl. mögl. Energieprod. ab Generator GWh	Max. mögl. Leistung ab Generator MW	Mittl. mögl. Energieprod. ab Generator GWh
1910	72 = 20,8%	437 = 23,7%	20 = 5,8%	86 = 4,7%	253 = 73,4%	1 318 = 71,6%	345 = 100%	1 841 = 100%
1920	252 = 33,5%	1 293 = 32,1%	27 = 3,6%	119 = 3,0%	473 = 62,9%	2 608 = 65,0%	753 = 100%	4 020 = 100%
1930	714 = 49,4%	2 848 = 42,8%	112 = 7,8%	525 = 7,9%	619 = 42,8%	3 278 = 49,3%	1 445 = 100%	6 651 = 100%
1940	880 = 44,2%	3 408 = 38,9%	325 = 16,3%	1 251 = 14,3%	789 = 39,5%	4 084 = 46,8%	1 994 = 100%	8 743 = 100%
1950	1 393 = 50,0%	5 708 = 46,2%	352 = 12,6%	1 399 = 11,3%	1 043 = 37,5%	5 253 = 42,5%	2 788 = 100%	12 360 = 100%
1951	1 396 = 48,5%	5 727 = 45,5%	352 = 12,2%	1 399 = 11,2%	1 133 = 39,3%	5 459 = 43,3%	2 881 = 100%	12 585 = 100%
1952	1 463 = 49,0%	5 883 = 45,4%	352 = 11,8%	1 399 = 10,8%	1 171 = 39,2%	5 662 = 43,8%	2 986 = 100%	12 934 = 100%
1953	1 562 = 48,0%	6 176 = 44,5%	471 = 14,5%	1 849 = 13,4%	1 222 = 37,5%	5 831 = 42,1%	3 255 = 100%	13 856 = 100%
1954	1 586 = 47,2%	6 228 = 43,4%	534 = 15,9%	2 179 = 15,2%	1 238 = 36,9%	5 937 = 41,4%	3 358 = 100%	14 344 = 100%
1955	1 617 = 46,0%	6 683 = 43,8%	657 = 18,7%	2 653 = 17,3%	1 239 = 35,3%	5 935 = 38,9%	3 513 = 100%	15 271 = 100%
1956	1 615 = 41,8%	6 667 = 42,0%	1 008 = 26,0%	3 286 = 20,6%	1 246 = 32,2%	5 962 = 37,4%	3 869 = 100%	15 915 = 100%
1957	1 657 = 40,3%	6 787 = 41,2%	1 188 = 28,9%	3 702 = 22,5%	1 271 = 30,8%	6 003 = 36,3%	4 116 = 100%	16 492 = 100%
1958	1 727 = 36,2%	6 841 = 38,2%	1 546 = 32,4%	4 359 = 24,3%	1 495 = 31,4%	6 714 = 37,5%	4 767 = 100%	17 914 = 100%
1959	1 890 = 36,7%	7 614 = 40,2%	1 751 = 34,0%	4 838 = 25,6%	1 509 = 29,3%	6 467 = 34,2%	5 149 = 100%	18 919 = 100%

¹ Unternehmen mit überwiegend öffentlichem Einfluß

Entwicklung der mittleren Produktionsmöglichkeit aus Wasserkraft in den Kantonen 1910—1960¹
(in Reihenfolge der Produktionskapazität aus Wasserkraft nach Vollausbau)

Tabelle 7
(siehe auch Bild 9)

Rang	Kanton		Fläche in km ²	Mittlere Produktionskapazität in GWh jeweils auf 1. Januar		1960 im Bau	1960 als Projekt	Ausbau- kapazität (Voll- ausbau)	Prozentuale Verteilung	Spezifische Ausbau- kapazität GWh/km ² bzw. kWh/m ²
				1910	1960	GWh	GWh	GWh	%	
1	Graubünden	GR	7 108,9	187	2 492	2 373	4 352	9 217	26,2	1,30
2	Wallis	VS	5 231,0	333	4 808	2 178	1 811	8 797	25,0	1,68
3	Tessin	TI	2 811,0	49	2 112	691	739	3 542	10,1	1,26
4	Aargau	AG	1 403,6	228	2 466	236	441	3 143	9,9	2,24
5	Bern	BE	6 886,9	308	2 191	273	463	2 927	8,3	0,43
6	Uri	UR	1 075,2	33	684	550	10	1 244	3,5	1,16
7	Waadt	VD	3 210,7	144	494	—	491	985	2,8	0,31
8	Glarus	GL	684,3	80	341	301	—	642	1,8	0,94
9	Genève	GE	282,2	81	586	—	46	632	1,8	2,24
10	Solothurn	SO	791,2	28	401	—	217	618	1,8	0,78
11	Schwyz	SZ	907,8	26	459	40	73	572	1,6	0,63
12	St. Gallen	SG	2 015,8	87	200	—	326	526	1,5	0,26
13	Freiburg	FR	1 669,9	67	361	135	—	496	1,4	0,30
14	Zürich	ZH	1 728,9	95	492	—	—	492	1,4	0,28
15	Basel-Land	BL	428,1	9	289	—	—	289	0,82	0,68
16	Obwalden	OW	491,8	35	203	58	—	261	0,74	0,53
17	Schaffhausen	SH	298,4	38	79	—	101	180	0,51	0,60
18	Basel-Stadt	BS	37,1	4	168	—	—	168	0,48	4,53
19	Neuenburg	NE	796,7	37	130	—	10	140	0,40	0,18
20	Nidwalden	NW	273,9	17	59	75	—	134	0,38	0,49
21	Luzern	LU	1 494,4	36	45	—	—	45	0,13	0,03
22	Zug	ZG	238,7	23	40	—	—	40	0,11	0,17
23	Appenzell AR	AR	242,6	15	25	—	—	25	0,07	0,10
24	Thurgau	TG	1 006,4	18	25	—	—	25	0,07	0,02
25	Appenzell IR	IR	172,4	3	7	—	—	7	0,02	0,04
	Schweiz	CH	41 287,9	1 981	19 157	6 910	9 080	35 147	100%	0,85

¹ sämtliche Wasserkraftanlagen

Entwicklung der mittleren Produktionsmöglichkeit aus Wasserkraft nach Einzugsgebieten 1910—1960¹

(nur Schweizer Anteil bei Grenzkraftwerken)

Tabelle 8
(siehe auch Bilder 10)

Flußgebiet	mittlere mögliche Energieerzeugung in GWh pro Jahr				
	am 1. 1. 1910 in Betrieb	am 1. 1. 1960 in Betrieb	am 1. 1. 1960 im Bau	1960 bekannte Projekte	1960 geschätzter Vollausbau
Rhein, ohne Aare, Reuß und Limmat	211	4 023	1 992	3 654	9 669
Aare	503	4 058	428	766	5 252
Reuß	133	1 136	714	83	1 933
Limmat	147	973	310	52	1 335
Rhein total	994 = 61,4%	10 190 = 53,8%	3 444 = 49,9%	4 555 = 50,2%	18 189 = 52,1%
Rhone	452	5 467	2 178	2 241	9 886
Doubs	18	76	—	10	86
Rhone und Doubs	470 = 29,0%	5 543 = 29,3%	2 178 = 31,5%	2 251 = 24,8%	9 972 = 28,5%
Po-Zuflüsse	143 = 8,9%	3 150 = 16,7%	1 288 = 18,6%	924 = 10,1%	5 362 = 15,4%
Inn - Donau	11 = 0,7%	31 = 0,2%	— —	1 350 = 14,9%	1 381 = 4,0%
Rom - Etsch	— —	5 = —	— —	— —	5 = —
Schweiz total	1 618 = 100%	18 919 = 100%	6 910 = 100%	9 080 = 100%	34 909 = 100%

¹ sämtliche Wasserkraftanlagen mit 450 PS bzw. 300 kW und mehr installierte Leistung

Bei der Produktionskapazität der gegenwärtig im Bau stehenden Anlagen sind folgende Kantone an vorderster Stelle:

Kanton	Produktionskapazität der 1960/65 im Bau stehenden Anlagen	
	in GWh	in % der ganzen Schweiz
1. Graubünden	2373	34,3
2. Wallis	2178	31,5
3. Tessin	691	10,0
4. Uri	550	8,0
5. Bern	273	3,9
	6065	87,7
ganze Schweiz	6910	100

Die im Bau stehenden Anlagen befinden sich vor allem in den Kantonen Graubünden, Wallis, Tessin und Uri.

Bei den heute bekannten Projekten, für welche Konzessionen bereits erteilt wurden oder Konzessionsbewerber bekannt sind, zeigt sich folgendes Bild:

Kanton	Produktionskapazität der 1960 bekannten Projekte	
	in GWh	in % der ganzen Schweiz
1. Graubünden	4352	48,0
2. Wallis	1811	20,0
3. Tessin	739	8,2
4. Waadt	491	5,4
5. Bern	463	5,1
6. Aargau	441	4,9
	8297	91,6
ganze Schweiz	9080	100

Demnach werden in der Schlußphase des Ausbaues unserer Wasserkräfte, also etwa im Dezennium 1965 bis 1975 die Kantone Graubünden und Wallis immer noch im Vordergrund stehen.

Nach Vollausbau unserer Wasserkräfte mit einem Potential von mehr als 35 Milliarden Kilowattstunden stehen die drei Bergkantone Graubünden, Wallis und Tessin an vorderster Stelle, unmittelbar gefolgt vom wasserreichen Mittellandkanton Aargau; Graubünden und Wallis werden dann gut die Hälfte der gesamten elektrischen Energie erzeugen können, die vier genannten Kantone zusammen sogar 71,2%! Sowohl Tabelle 7 wie Bild 9 vermitteln auch eine Darstellung der spezifischen Ausbau-Kapazität in Mio kWh/km² oder kWh/m². Sieht man von den besonderen Verhältnissen in Basel-Stadt und Genf mit ihren kleinen Territorien ab, so stehen hier im Vordergrund die Kantone Aargau (2,24 kWh/m²), Wallis (1,68), Graubünden (1,30), Tessin (1,26) und Uri (1,16) gegenüber einem schweizerischen Durchschnitt von 0,85; im Vergleich dazu weisen unsere Nachbarländer und Skandinavien mit ihrem heute bekannten Wasserkraftpotential folgende Werte auf:

Staat	1960 geschätztes Wasserkraftpotential in Mrd kWh	Spezifische Ausbaukapazität in GWh/km ² bzw. kWh/m ²
Schweiz	35	0,85
Österreich	40	0,48
Italien	45/68 ¹	0,15/0,23
Frankreich	68/90 ¹	0,12/0,16
Westdeutschland	23	0,09
z. Vergleich:		
Norwegen	105	0,32
Schweden	80	0,18
Finnland	17	0,05

¹ variierende Angaben

Dieser kurze Blick über unsere Grenzen hinaus zeigt, wie hoch der spezifische Ausbaugrad der Schweiz ist, wohl dank der außerordentlich vielen Flüsse mit ihren bedeutenden Gletscherreserven und der großen zur Verfügung stehenden Fallhöhen.

Die Produktionsverhältnisse der einzelnen Flußgebiete sind in Tabelle 8 und Bild 10 dargestellt. Es zeigt sich, daß 1910 das gesamte Flußgebiet des Rheins am stärksten ausgebaut war, erreichte es doch damals 61,4 % gegenüber 53,8 % im Jahre 1960 und 52,1 % nach Vollausbau. Die Produktionskapazität der Kraftwerke im Einzugsgebiet des Rheines ist fast zweimal so groß wie diejenige von Rhone und Doubs und gut dreimal so groß wie diejenige der Zuflüsse zum Po; von den 10,2 Mrd kWh Ausbaupotential des gesamten Rheins entfallen heute 39,4 % auf den Rhein ohne Aare, Reuß und Limmat, 39,8 % auf die Aare, 11,2 % auf die Reuß und 9,6 % auf die Limmat.

Interessant ist auch ein Vergleich zwischen der prozentualen Verteilung der Einzugsgebiete, der totalen Jahresabflüsse und des 1960 geschätzten Wasserkraftpotentials der Flußgebiete:

Flußgebiet	Prozentuale Verteilung von			
	Einzugs- gebiet auf Schweiz- boden	totalem mittl. Jahres- nieder- schlag	totalem mittl. Jahres- abfluß	Wasser- kraft potential
Rhein	67,8	65,1	63,4	52,1
Rhone und Doubs	18,2	18,6	22,6	28,5
Po-Zuflüsse	9,3	12,3	10,3	15,4
Inn (Donau)	4,4	3,8	3,5	4,0
Rombach (Etsch)	0,3	0,2	0,2	—
Schweiz	100,0	100,0	100,0	100,0

Die Kapazität der Speicherseen verteilt sich folgendermaßen auf die verschiedenen Flußgebiete:

Flußgebiet ¹	Speicherkapazität am 1. Oktober					
	1949		1954		1959	
	Mio m ³	GWh	Mio m ³	GWh	Mio m ³	GWh
Rhein ²	636	639	743	968	902	1356
Rhone und Doubs	111	350	180	552	540	1740
Po-Zuflüsse	104	293	125	352	222	606
Inn ² und Rombach						
Schweiz	851	1282	1048	1872	1664	3702

¹ nur Speicherseen auf schweizerischem Einzugsgebiet.

² Stauee Wägital auf Grund der langjährigen Betriebs-Erfahrungen nur mit 92 Mio m³ bzw. 85 GWh Nutzinhalt berücksichtigt.

³ nur unwesentliche Speichermöglichkeit der Oberengadinerseen innerhalb der natürlichen, regulierbaren Seespiegelschwankungen; Nutzung nur im Winterhalbjahr.

Bild 11 Schweizer Karte mit Wasserkraftanlagen und Kraftwerksgruppen mit einer möglichen mittleren Jahreserzeugung von je 20 GWh und mehr; Stand Januar 1960 (nach Unterlagen des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft).

- 1 in Betrieb 19,3 Mrd kWh (51%)
- 2 ausländischer Anteil von Grenzkraftwerken 3,3 Mrd kWh (9%)
- 3 im Bau 6,4 Mrd kWh (16%)
- 4 Projekt 9,5 Mrd kWh (24%)

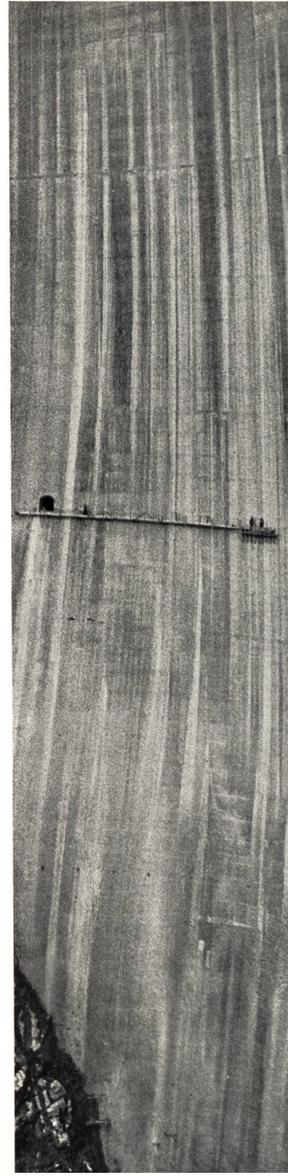
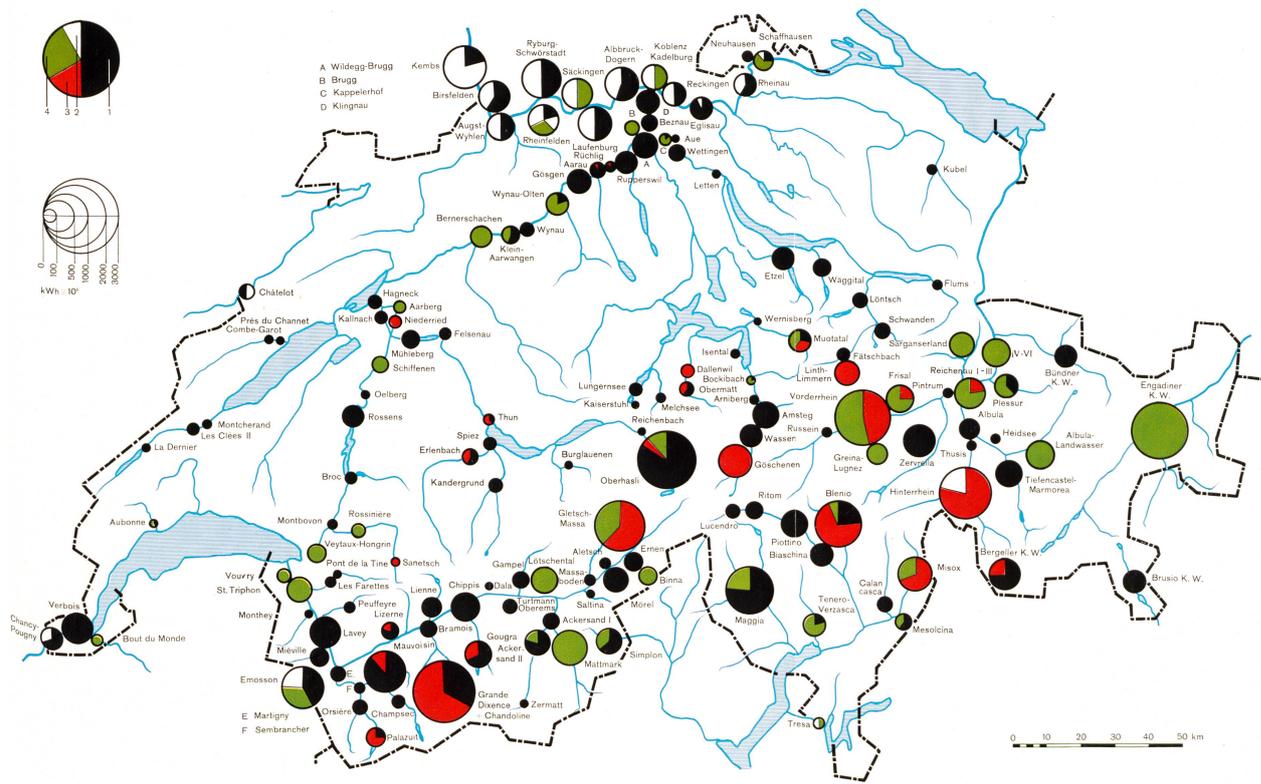
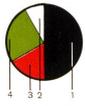
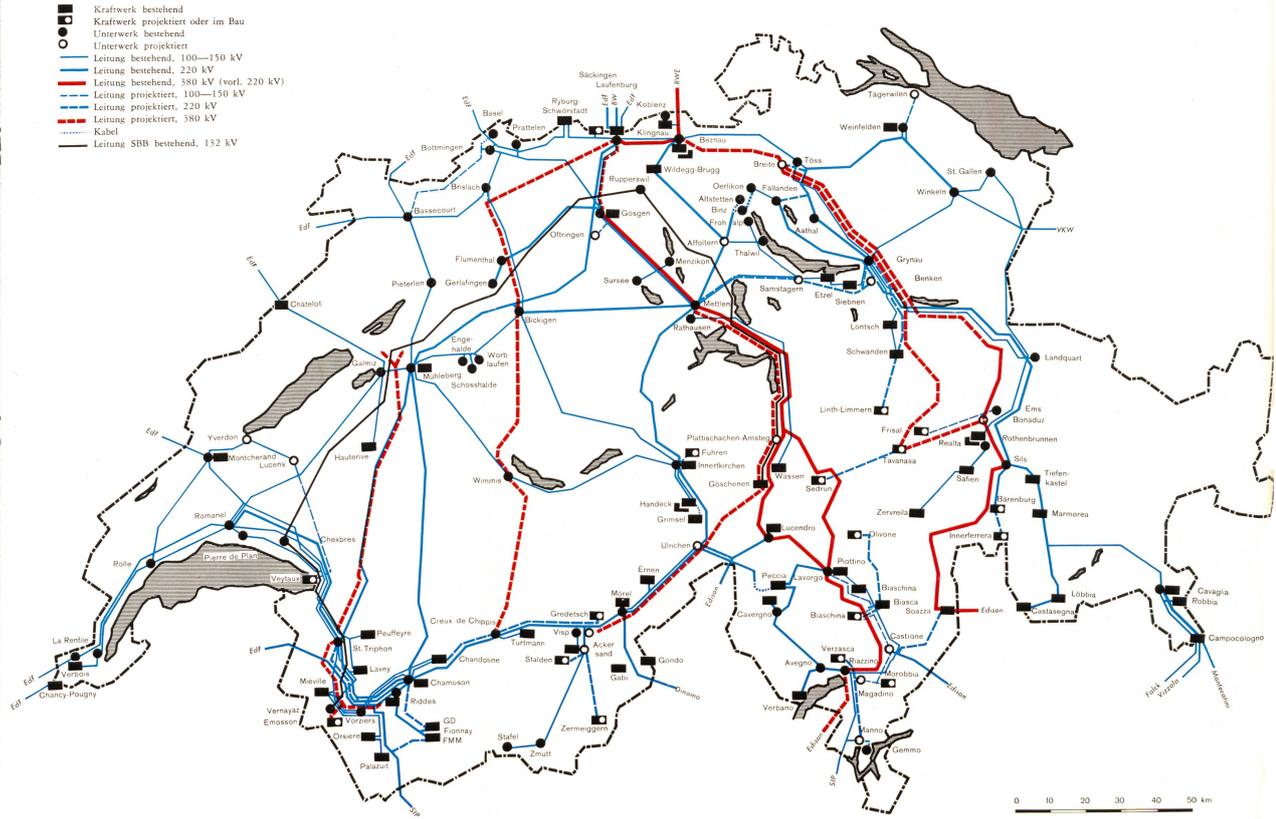




Bild 12 Schweizer Karte mit bestehenden und projektierten Leitungen von über 100 kV Betriebsspannung; Stand 1. Juli 1960 (bearbeitet vom Eidg. Starkstrominspektorat).



Am 1. Oktober 1959 entfielen demnach von der Speicherenergie

	Speicherenergie in % der Jahresenergie	
auf das Rheingebiet	36,7 %	13,3
auf das Gebiet von Rhone und Doubs	47,0 %	31,5
auf das Gebiet der Po-Zuflüsse	16,3 %	19,2

Aus der letzten Kolonne ist besonders der hohe Anteil an Speicherenergie im Rhonegebiet hervorzuheben.

Bei den zurzeit im Bau befindlichen Werken stehen die Seitentäler der Rhone, die bündnerischen Gebiete des Rheins sowie Bleniotal und Misox im Vordergrund. Die noch zu realisierenden Projekte betreffen vor allem den Rhein oberhalb des Bodensees und die Grenzstrecke mit Deutschland, das Wallis und das Engadin.

Die Verteilung sämtlicher größerer Wasserkraftanlagen und Werkgruppen der Schweiz, ausgeschieden nach im Betrieb stehenden, im Bau befindlichen und projektierten Wasserkraftanlagen, ist im Bild 11 (Faltblatt) dargestellt; auch daraus ist klar ersichtlich, daß das Wasserkraftpotential sich vor allem in den Alpen, am Hochrhein und an der Aare befindet.

4. Wirtschaftliche Bedeutung der Wasserkraftnutzung

Neben dem Holz, das vor allem für den Finanzhaushalt walddreicher Gemeinden von großer Bedeutung ist, und außer Steinsalz sowie bestimmten Gesteinen, die als Ausgangsprodukte für die hochentwickelte Zementindustrie, für den Hoch- und Tiefbau und für kleinere Industrien dienen, stellt die Wasserkraft — wie bereits eingangs erwähnt — den einzigen namhaften Rohstoff dar, über den die Schweiz verfügt; deshalb ist deren Nutzung in möglichst wirtschaftlicher Weise außerordentlich wichtig.

In den Bau von Wasserkraftanlagen, ihre elektromechanische Ausrüstung und die Transport- und Verteilungsrichtungen bis in die Konsumzentren und zum einzelnen Verbraucher elektrischer Energie sind sehr große Summen investiert worden; es handelt sich bei diesem Wirtschaftszweig um besonders kapitalintensive Anlagen. Den periodisch erscheinenden aufschlußreichen Veröffentlichungen des Eidg. Amtes für Elektrizitätswirtschaft ist zu entnehmen, daß die Erstellungskosten der im Betrieb oder Bau stehenden Anlagen der Elektrizitätswerke der Allgemeinversorgung bis Ende 1958 den Betrag von 8,53 Milliarden Franken erreichten, wovon 2,23 Mrd. Fr. für im Bau befindliche Anlagen. Die durchschnittliche jährliche Zunahme der Neuinvestitionen dieser Anlagen wies folgende Entwicklung auf (aus Jahresbericht VSE 1959):

Mittlere Zunahme der Investitionen in Mio Fr. pro Jahr	
1930—1934	99
1935—1939	44
1940—1944	79
1945—1949	199
1950—1954	428
1955—1958	760

Außer der direkten Befruchtung des Bauwesens und unserer im allgemeinen stark exportorientierten Maschinen- und Elektroindustrie sowie des Bankwesens bringt die Wasserkraftnutzung besonders den volkswirt-

schaftlich im allgemeinen benachteiligten Bergregionen, in welchen der Großteil der Wasserkraftanlagen errichtet ist oder wird, ganz beträchtliche Vorteile in Form von normalen kantonalen und kommunalen Vermögens- und Erwerbssteuern, Konzessionsgebühren, Wasserzinsen, Lieferungen von Gratis- und Vorzugsenergie, Verbesserung oder Neuschaffung von Verkehrsverbindungen und durch viele andere zusätzliche Naturalleistungen. Zudem bringt ein großes Bauvorhaben Geld bis in die kleinsten Verzweigungen von Handel und Gewerbe. Am augenfälligsten ist diese Auswirkung heute in ehemals vereinsamten Tälern, die heute belebt sind und wo in einst armen Berggemeinden neue Schulhäuser, landwirtschaftliche Einrichtungen u. dgl. entstehen. Am größten wäre wohl der Segen, wenn es möglich würde, durch die damit erbrachte wirtschaftliche Sanierung ganzer Talschaften der bedrohlichen Landflucht Einhalt zu gebieten.

In diesem Zusammenhang mögen als Beispiel die konkreten finanziellen Leistungen der *Kraftwerke Hinterrhein AG* für die gegenwärtig im Bau befindliche Kraftwerkgruppe Valle di Lei-Hinterrhein dienen, die auch nach Vollausbau unserer Wasserkräfte zu den bedeutendsten Werkgruppen unseres Landes gehören werden. Bei einem gesamten Kostenaufwand von etwa 600 Mio Franken sind folgende, der Öffentlichkeit direkt zugute kommende Leistungen verbunden:

	Mio Fr.
<i>Einmalige Leistungen:</i>	
1. Straßen-, Tunnel- und Lawinenschutzbauten (Aufwendungen der Kraftwerke, ohne Kantonsbeiträge)	25,00
2. Bachverbauungen	1,00
3. Entwässerung, Kanalisation, Kläranlagen	1,00
4. Dienstwohnhäuser	3,50
5. Ortsversorgungsnetze für elektrische Energie	2,40
6. Beiträge an Spitäler	0,20
7. Konzessionsgebühren	4,24
	<hr/>
	37,34
<i>Jährliche Leistungen: (bei Vollbetrieb)</i>	
1. Kantons- und Gemeindesteuern	3,30
2. Wasserwerksteuer bei mittlerer Energieproduktion	1,18
3. Wasserzinsen	1,07
4. Fischereiabgabe (noch nicht festgesetzt)	
5. Staats- und Gemeindesteuern des werkeigenen Personals	0,05
	<hr/>
	5,60

5. Wasserkraftnutzung an Grenzgewässern

Schon früh sind in der Schweiz in gemeinsamer aufbauender Arbeit mit unseren Nachbarländern Deutschland und Frankreich — vor allem am Hochrhein vom Bodensee bis Basel/Kembs, aber auch an der unteren Rhone, am Doubs und im Wallis — Wasserkraftanlagen an Grenzflüssen gebaut worden, und der Weiterbau schreitet rüstig vorwärts. Sowohl für den Bau als auch für den Betrieb solcher Grenzkraftwerke hat man bei uns reiche und gute Erfahrungen sammeln können, die trotz des Fehlens eines eigentlichen internationalen Wasserrechts am besten dokumentieren, daß bei gutem beidseitigem Willen für alle an einer Anlage beteiligten Länder ersprießliche Werke geschaffen werden können.

Zurzeit befindet sich, in gemeinsamer Arbeit mit Italien, die große Kraftwerkgruppe Valle di Lei-Hinterrhein im Bau, und die Bemühungen für den geplanten großzügigen Ausbau der Engadiner Wasserkräfte, die wegen Einbezug des italienischen Spölgebietes einen Staatsvertrag mit Italien erforderten, sind erst kürzlich erfolgreich zustande gekommen.

6. Ausblick

Mehr als die Hälfte des heute als wirtschaftlich realisierbar betrachteten Ausbaues unserer Wasserkräfte ist nun mit einer im Betrieb befindlichen Ausbaukapazität von rund 19 Milliarden Kilowattstunden erreicht und weitere 20 % derselben stehen im Bau. Bei anhaltender Hochkonjunktur oder wenigstens normaler Beschäftigungslage ist der Vollausbau bereits für die Zeit um 1970/75 zu erwarten.

Als Vollausbau haben wir für diese Untersuchungen eine Energiemenge von 35 Mrd. kWh angenommen, die bereits mit den heute bekannten Projekten, für welche die Wasserrechtsverleihungen vorliegen oder für die sich ernsthafte Bewerber um die Konzession bemühen, erreicht wird. Wir sind uns bewußt, daß noch weitere Möglichkeiten bestehen, die hier nicht eingerechnet wurden, wie beispielsweise verschiedene Erweiterungs-

Ausbaumöglichkeiten an der Aare, an der Reuß unterhalb Luzern, am vereinigten Rhein oberhalb des Bodensees, und daß auch in der Modernisierung und Leistungserweiterung älterer Werke noch ansehnliche Reserven stecken. Das sog. wirtschaftliche Wasserkraftpotential, dessen Bewertung überall mit fortschreitendem Ausbau bekanntlich steigende Tendenz hat, dürfte demnach im günstigsten Fall noch näher an die 40-Mrd.-kWh-Grenze rücken.

Trotz dieser Aussichten ist es unerlässlich, daß man in Anbetracht des anhaltenden Bedarfszuwachses an elektrischer Energie, auch in der Schweiz bald an den Bau großer thermischer Anlagen schreitet — vorerst mit den herkömmlichen Energieträgern Kohle und Öl, um dann in späterer Zeit einen möglichst günstigen Anschluß an den Bau von Kernenergie-Anlagen zu finden.

Die Entwicklung der flußbaulichen Hydraulik

Prof. Dr. R. Müller, Biel

DK 532.51:627.4

Wir blicken zurück

Die Entwicklung der flußbaulichen Hydraulik in den vergangenen Dezennien verdanken wir

Professor Dr. E. Meyer-Peter.

In den ersten Jahren seiner Lehrtätigkeit als Professor für Wasserbau an der ETH, vor etwa 40 Jahren, waren die Grundlagen der Hydraulik der natürlichen Gerinne mit losen beweglichen Wandungen noch sehr lückenhaft. Einen wertvollen Beitrag bildeten die Studien von Ing. Strickler [1], die ja zur Grundlage unserer Hydraulik wurden. Was jedoch fehlte, das waren zuverlässige Angaben über die Bewegungen der losen Kiessand-Sohlen der natürlichen Gerinne, über die

Geschiebeführung.

Die Auswirkungen der Geschiebeführung waren wohl bekannt, denn die Eintiefungen in den Erosionsgebieten und die Auflandungen in den flacheren Talläufen bildeten seit jeher die Gefahr für die Gebirgsländer, eine Bedrohung, die sich bei Hochwasser zu Katastrophen auswirkt. Mit dem wachsenden Ausbau der Wasserkräfte erwies sich die Geschiebeführung aber auch als ein Hindernis für die Nutzung der Gewässer.

Prof. Meyer-Peter kannte damals die theoretischen Ähnlichkeitsbetrachtungen und die Erfahrungen der ersten wasserbaulichen Versuchsanstalten. Für die Anwendung dieser neuen Untersuchungsmethode auf Vorgänge mit Geschiebebewegung fehlte jedoch der Nachweis der Ähnlichkeit. Andererseits konnte aber nur eine eingehende experimentelle Untersuchung der Geschiebeführung weiterhelfen. Die Versuchsanstalt für Wasserbau an der ETH mußte also verwirklicht werden, und es war ein mutiger Entschluß, die Abklärung der Geschiebeführung gewissermaßen mit der Eröffnung der Versuchsanstalt zu beginnen.

Anfänglich war nur eine Nachbildung dieser Vorgänge in natürlicher Größe möglich. Im großen Meßkanal der Versuchsanstalt führte H. A. Einstein seine systematischen Versuche über den Geschiebetrieb in an-

genähert natürlichen Größen der Variablen durch, der Abflußmengen, Korngrößen und Gefälle. Zur Vereinfachung wurde natürliches Geschiebe auf einheitliche Korngröße ausgesiebt. Die glatten Wände des Meßkanals sicherten wohl angenähert einen zweidimensionalen Vorgang, blieben aber trotzdem bei der Auswertung als hydraulisch «raue» Wände störende Faktoren [2]. Es gelang Einstein die Feststellung und Formulierung einer Gesetzmäßigkeit der Geschiebeführung [3], und er konnte seine Beobachtungen über den Vorgang des Geschiebetransportes später als Wahrscheinlichkeitsproblem darstellen [7].

Kaum hatte diese gut gemeinte Systematik begonnen, so stellte sich der Versuchsanstalt mit dem Problem der Internationalen Rheinregulierung von der Illmündung bis zum Bodensee auch schon die Frage von Modellversuchen, also der verkleinerten Nachbildung der Vorgänge mit natürlicher Mischung des Sohlenmaterials und damit der Ähnlichkeit solcher Vorgänge. Es waren damals für die Versuchsanstalt recht bewegte Jahre. Ing. Bründle mußte vorzeitig mit der Untersuchung des Verhaltens von natürlichen Geschiebemischungen beginnen, und Ing. Hoeck sah sich vor die Unmöglichkeit gestellt, im Rheinmodell natürliches Geschiebe zu verwenden. Die Nachbildung einer genügenden Länge des Rheines bedingte einen so kleinen Maßstab, daß die geometrische Ähnlichkeit des Geschiebes — eine Voraussetzung für hydraulisch ähnliches Verhalten — zu feines Modellgeschiebe mit unnatürlicher Kohäsion bedingt hätte. Der Entschluß war rasch gefaßt; gröberes Modellgeschiebe, dafür spezifisch leichteres, nämlich Brikkettgrieß zu verwenden, um so, trotz zu grobem Geschiebe, die Beweglichkeit zu gewährleisten. Die Folgen dieser «bösen» Tat waren jedoch beinahe unübersehbar. Mit der Verzerrung der Korngröße wurde die Froudesche Ähnlichkeit verlassen. Es mußten deshalb im Rheinmodell Perioden mehrerer Jahre wiederholt nachgebildet werden, mit Veränderung der Maßstäbe für die