

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 78 (1960)
Heft: 51

Artikel: Die Kraftwerke am Douro
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-65010>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 30.01.2025

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

Der Douro entspringt am Monte Urbion in Spanien und mündet bei Porto in den Atlantik. Er ist 850 km lang, wovon 525 km auf spanischem, 213 km auf portugiesischem Gebiet und 112 km auf der Grenze beider Länder liegen. Er hat ein Gefälle von 1700 m und ein Einzugsgebiet von 97 000 km². Ein Abkommen zwischen Portugal und Spanien teilt das Gesamtgefälle des Grenzgebietes von rd. 400 m in zwei gleiche Teile auf, von denen der obere Portugal zugeteilt ist. In ihm sind drei Stufen vorgesehen (Miranda, Picote und Bemposta), von denen Picote als die leistungsfähigste und wirtschaftlichste durch die Hidro-Eléctrica do Douro SARL ausgebaut ist, während die anderen Stufen in späteren Etappen folgen sollen. Bild 1 gibt eine Uebersicht über die verschiedenen Kraftwerkstufen.

Das Hauptproblem des Ausbaues von Picote war die Bewältigung des Hochwassers. Es können Spitzen bis 11 000 m³/s auftreten, während die Wasserführung im Jahresdurchschnitt 311 m³/s beträgt. Eine Bogenstaumauer mit Ueberlauf an der Krone und Hochwasserüberfall staut den Abfluss zu einem 21 km langen See von 63 Mio m³ Gesamthalt, von dem 13 Mio m³ nutzbar sind.

Die grösste Nutzwassermenge beträgt 366 m³/s, das Bruttogefälle 74 m, die installierte Nennleistung 180 MW, die grösste Dauerleistung 195 MW. Nach dem Bau des Kraftwerkes Bemposta geht das Bruttogefälle auf 69 m zurück. Die Zentrale befindet sich in einer Kaverne, 70 m unter der Oberfläche. Der Maschinenraum ist 88 m lang, 15 m breit und 20 m hoch; er wird klimatisiert. In ihm befinden sich drei vertikalachsige Francisturbinen von je 84 000 PS (maximal 92 000 PS) bei 166²/₃ U/min und 70,4 m Nettogefälle, die mit den Drehstromgeneratoren von 66,6 MVA (maximale Dauerleistung 72 MVA) und 15 kV direkt gekuppelt sind. Die Maschinenspannung wird in einer Freiluftstation mit zehn Einphasentransformatoren von je 25 000 kVA von 15 auf 244 ± 5% kV erhöht. Ausserdem sind dort zwei Dreiphasen-Reguliertransformatoren mit Stufenschalter für 15/30 ± 6 · 1,67% kV aufgestellt. Bild 3 zeigt die Gesamtanlage und Bild 2 gibt einen Querschnitt durch die Maschinenkaverne. Die Francisturbinen lieferte die Firma Neyrpic in Grenoble.

Die Bauarbeiten begannen im Oktober 1953. Die erste Maschinengruppe konnte im Januar 1958 den Betrieb aufnehmen, die zweite folgte im Juni und die dritte im Dezember des selben Jahres. Dipl. Ing. André Reymond beschreibt dieses bemerkenswerte Kraftwerk im «Bulletin Sécheron» 29 d/1960. Ein wesentlicher Teil der elektrischen Anlagen wurde von der S.A. des Ateliers de Sécheron in Genf geliefert, welcher Firma nun auch ähnliche Lieferungen für das im Bau befindliche Kraftwerk Miranda anvertraut wurden.

Das Kraftwerk Miranda befindet sich an einem Flussknie und soll noch dieses Jahr in Betrieb kommen. Bild 4 gibt einen Ueberblick der Anlagen. Wie ersichtlich, durchschneiden die Stollen für das Betriebswasser den Felsriegel, der das Knie bildet. Die 80 m hohe Gewichtstaumauer ist mit Ueberfall versehen. Es bestehen vier Wehröffnungen von 24 m Breite, die mit Sektorschützen von 8,73 m Höhe verschlossen sind. Ueber sie führt eine Strassenbrücke, die aus vorfabrizierten vorgepannten Betonelementen aufgebaut ist. Der Hauptüberfall für die Hochwasserentlastung wird durch zwei Hilfsentleerungen ergänzt. Die eine besteht aus

einem 9 m breiten Ueberlauf am rechten Flussufer, von dem ein geneigter Schacht von 6 m Durchmesser in den Stollen führt, der während des Baues zum Ableiten des Douro erstellt wurde und in Bild 4 oben eingezeichnet ist. Eine automatisch betätigte Segmentschütze regelt den Wasserdurchgang. Die zweite Hilfsentleerung wird durch zwei Rohre gebildet, die den Mauerfuss durchdringen und als Grundablässe dienen.

Die Kavernenzentrale ist 80 m lang, 19,6 m breit und 18,2 m hoch, gemessen vom Fussboden bis zur Decke. Die Gesamthöhe des Felsausbruchs bis zur tiefsten Stelle der Turbinensaugkrümmer beträgt 43 m. Eingebaut sind drei vertikalachsige Francisturbinen von je 80 000 PS bei 150 U/min. Die mit ihnen gekuppelten Generatoren sind für 60 000 kVA bei 15 kV gebaut.

Der spanische Teil des Douro ist durch die Compañia Iberduero heute schon stark ausgebaut. Die Anlagen werden in «Le Génie Civil» vom 1. Mai 1960, S. 205/209, beschrieben. Tabelle 1 gibt eine Zusammenstellung der Hauptdaten. Bereits in den Jahren 1930 bis 1935 ist das Kraftwerk Ricobayo gebaut worden, das das Wasser der Eslla, eines Seitenflusses des Douro, mit einem grössten Bruttogefälle von 95 m ausnützt. Die Zentrale befindet sich am Fuss der leicht gebogenen Schwergewichtsmauer mit Stauziel 684 m ü. M. Der Stausee besorgt den Jahresausgleich für die ganze Kraftwerkette. Von seinem Volumen von 1200 Mio m³ werden 1000 Mio m³ ausgenützt, wobei das Gefälle auf 45 m zurück-

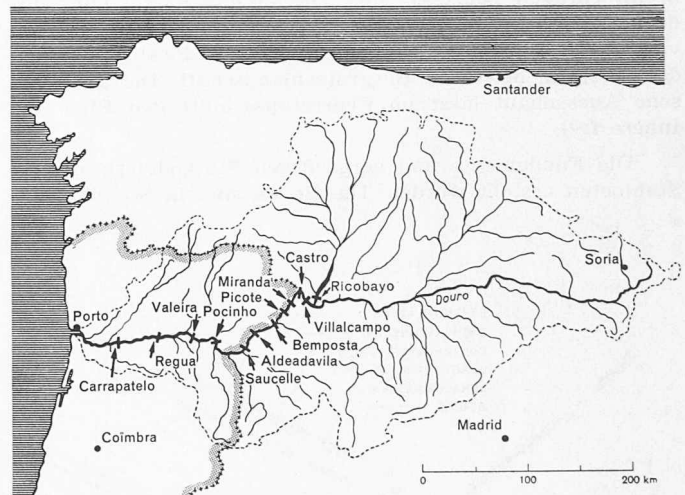


Bild 1. Uebersichtskarte des Douro, 1:7 350 000, mit den verschiedenen Kraftwerkstufen

Tabelle 1. Hauptdaten der Kraftwerke am Douro

	Ricobayo	Villalcampo	Castro	Miranda	Picote	Aldeadavila	Saucelle
Inbetriebsetzung	1935	1949	1952	1960	1958	im Bau	1956
Seeoberfläche km ²	17 000	63 000	63 000	63 200	63 200	73 000	73 000
Wassermenge ¹⁾ m ³ /s	60	315	320	311	311	350	360
Ausbaumenge m ³ /s	200	300	260	384	366	600	470
Beckeninhalt Mio m ³	1200	61	38	28	63	115	170
Nutzhalt Mio m ³	1000	53	20	6	13	57	56
Stauziel m ü. M.	684	599	562	526	471	327	188
Länge des Staues km	60	37	18	14	21	24	24
Bruttogefälle m	95	46	53	57	74	138	83
grösste Mauerhöhe m	100	46	56	80	100	140	83
Betonkubatur m ³	380 000	200 000	90 000	390 000	300 000	850 000	230 000
Umleitstollen m ³ /s	800	1000	700	500	600	600	1300
Ueberlauf m ³ /s	5000	7500	10 500	11 000	11 000	10 000	11 200
Anzahl Gruppen	4	3	2	3	3	6	4
Drehzahl U/min	187,5	125	107	150	166,7	187,5	150
Totalleistung MVA	150	96	84	180	195	750	300
Jahreserzeugung Mio kWh	430	360	320	770	1000	2400	600

¹⁾ Jahresmittel

geht. Jeder der vier vertikalachsigen Maschinensätze ist für eine Leistung von 37 500 kVA gebaut. Die Francisturbinen wurden von Voith, drei Generatoren von der General Electric, einer von der AEG geliefert. Geplant ist die Erhöhung des Stauziels um 7 m, wodurch das Nutzvolumen des Stausees

auf 1500 Mio m³ gesteigert und die Energieproduktion sämtlicher untenliegenden Stufen verbessert werden könnte.

Das oberste Werk am Douro ist Villalcampo mit 46 m Nutzgefälle und drei Gruppen von je 32 000 kVA, deren Turbinen von Morgan Smith und deren Generatoren von der General Electric stammen. Es kam 1949 in Betrieb. Beim nächstfolgenden Werk Castro, das 1952 den Betrieb aufnehmen konnte, ist die Zentrale quer zu einem kleinen Seitenfluss unmittelbar vor dessen Mündung erstellt worden. Dazu musste eine zweite Staumauer von 80 000 m³ Betonkubatur erstellt werden. Die Turbinen der beiden Gruppen sind von Boving gebaut worden.

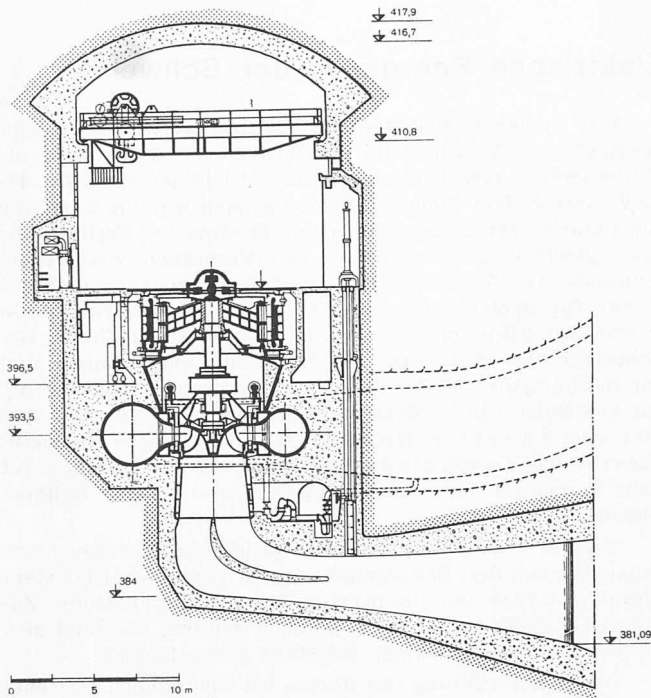


Bild 2. Querschnitt durch die Maschinenkaverne des Kraftwerks Picote, 1:450

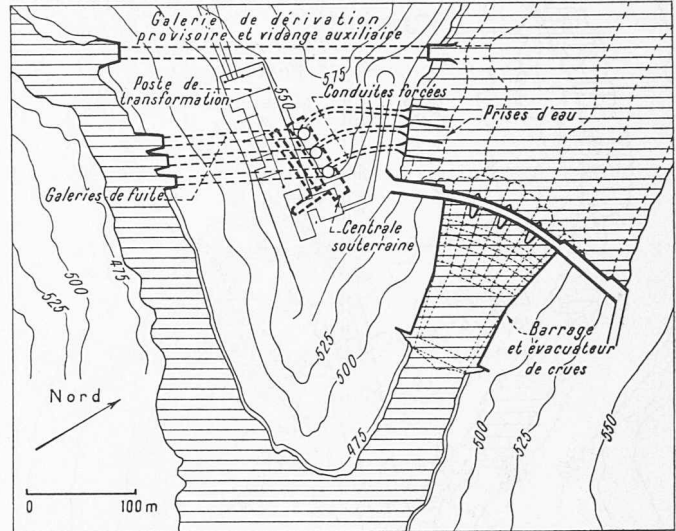


Bild 4. Lageplan des Kraftwerks Miranda 1:7000

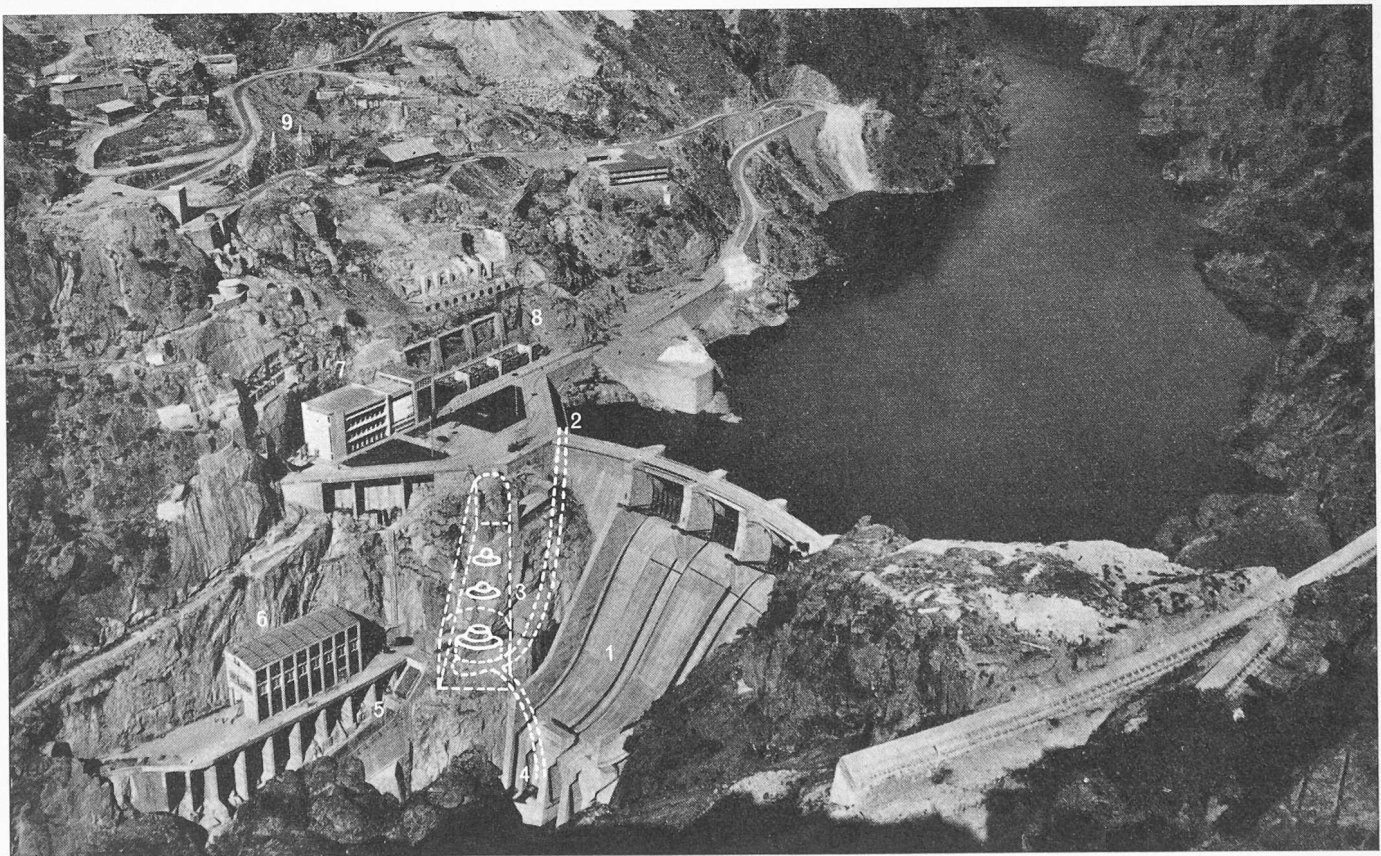


Bild 3. Das Kraftwerk Picote.

- | | | | | |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|-----------------------|---------------------|
| 1 Staumauer | 3 Unterirdische Zentrale | 5 Hilfsablass | 7 Betriebsgebäude | 9 Abgänge zur |
| 2 Wasserfassung | 4 Unterwasserkanal | 6 Abladeraum mit 35 m tiefem Schacht | 8 220-kV-Trafostation | 220-kV-Schaltanlage |

Die Unterlagen für die Bilder 1, 2 und 3 sind uns von der S. A. des Ateliers de Sécheron, Genf, zur Verfügung gestellt worden

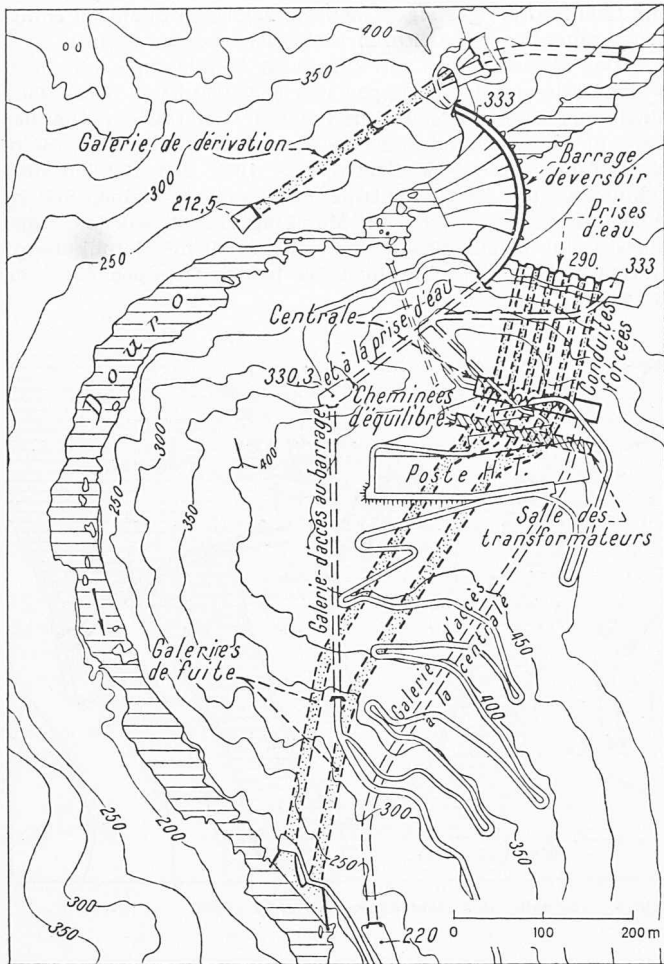


Bild 5. Lageplan des Kraftwerks Aldeadavila 1:8500

Im untern Teil der internationalen Flusstrecke bestehen zwei Staustufen, von denen die obere und bei weitem grösste, Aldeadavila, im Bau ist und die untere, Saucelle, in den Jahren 1952 bis 1956 ausgebaut wurde. Das letztgenannte Werk weist eine gebogene Schwergewichtsmauer (Radius 180 m) auf, während die Zentrale senkrecht zur Mauer auf dem spanischen Ufer errichtet wurde. Diese enthält vier vertikalachsige Maschinensätze von je 75 000 kVA (Turbinen von Voith, Generatoren von Alstom).

Das Kraftwerk Aldeadavila, von dem Bild 5 eine Uebersicht gibt, weist ebenfalls eine gebogene Schwergewichtsmauer (Radius 120 m) auf. Von der Kronenlänge von 250 m sind rd. 130 m als Ueberfall mit acht Oeffnungen ausgebaut, die durch 14 m breite und 8,3 m hohe Schützen abgeschlossen werden. Der Grundablass auf Kote 214 ist für eine Wassermenge von 350 m³/s bemessen und mit einem Energievernichter versehen. Vom Einlaufwerk führen sechs parallele, 184 m lange Druckleitungen von 5 m ϕ , die durch Raupenschützen von 6,2 m \times 3,9 m und Dammbalken von 8,1 m \times 5,1 m verschliessbar sind, zu den Turbinen in der Kavernenzentrale. Am Ende dieser Leitungen gehen Vertikalschächte von 12 m Durchmesser und 43 m Höhe nach oben und dienen zum Ausgleich der Druckschwankungen. Die Maschinenkaverne ist 140 m lang, 18 m breit und 20,5 m hoch. Sie enthält sechs vertikalachsige Francisturbinen der Société Française Neyrpic von je 155 000 PS, die mit Generatoren von 126 MVA gekuppelt sind. Der Fussboden der Zentrale liegt auf Kote 197 m. Die Ausläufe von je drei Turbinen münden in einen Unterwasserstollen von 137 m² Querschnitt. Die beiden Stollen sind je rd. 500 m lang.

Die mittlere Jahresproduktion der portugiesischen Kraftwerke am Douro beträgt: Miranda (Bruttogefälle 56 m) 770 GWh, Picote (74 m) 1000 GWh, Bemposta (59 m) 880 GWh, insgesamt im Grenzgebiet (189 m) 2650 GWh. Im portugiesischen Unterlauf sind vorgesehen die Kraftwerke Pocinho

(20 m) 370 GWh, Valeira (31 m) 600 GWh, Régua (27 m) 560 GWh und Carrapatelo (36 m) 750 GWh, insgesamt (114 Meter) 2280 GWh. Die Jahresproduktion der beiden spanischen Werke am internationalen Flussteil beträgt 3000 GWh, wozu noch die drei Werke im oberen Teil mit 1110 GWh hinzukommen, so dass jährlich insgesamt 4110 GWh erzeugt werden können.

Elektrische Energie in der Schweiz

DK 620.9

Das Eidgenössische Amt für Elektrizitätswirtschaft gibt die Zahlen der Tabelle 1 für die Zeit vom 1. Oktober 1959 bis 30. September 1960 bekannt (veröffentlicht im «Bulletin des SEV» vom 3. Dez. 1960, S. 1261). Darnach war die Zunahme des Landesverbrauchs elektrischer Energie im Berichtsjahr aussergewöhnlich gross. Ohne den Verbrauch von Uebererschussenergie für Elektrokessel und den Eigenverbrauch der Werke für Speicherpumpen stieg der Landesverbrauch von 15 220 Mio kWh im Vorjahr auf 17 076 Mio kWh im Berichtsjahr, wovon je rund die Hälfte auf das Winter- und Sommerhalbjahr entfiel. Die Verbrauchszunahme betrug, auf gleichviel Tage reduziert, rund 1300 (Vorjahr 637) Mio kWh oder 8,3 (4,2) %. Bei der Verbrauchergruppe Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft erreichte die Zuwachsrate 9,1 (6,0) %, bei der Industrie 9,0 (2,4) % und bei den Bahnbetrieben 6,2 (5,7) %.

Tabelle 2 zeigt die mittleren jährlichen Verbrauchszunahmen in den drei Zeitabschnitten von je fünf (zuletzt vier) Jahren seit 1945, woraus hervorgeht, dass die absoluten Zunahmen ständig beträchtlich grösser wurden, während sich die prozentualen Zunahmen ungefähr gleich blieben.

Die Wasserführung des Rheins bei Rheinfelden erreichte im IV. Quartal 1959 nur 59 %, im I. Quartal 1960 95 %, im II. Quartal 83 % und im III. Quartal 119 % des langjährigen Mittelwerts. Dementsprechend betrug die Produktionsmöglichkeit der Wasserkraftwerke im Winterhalbjahr 94 (107) % und im Sommerhalbjahr 102 (87) % der mittleren Produktionsmöglichkeit. Die Erzeugung der Wasserkraftwerke

Tabelle 1 Energiebeschaffung und -verwendung im Berichtsjahr 1959/60

1. Energiebeschaffung	Millionen kWh		Zunahme	
	1959/60	1598/59	Mio kWh	%
Wasserkraftwerke	18 826	18 078	748	4,1
Davon aus Speicherwasser				
im Winterhalbjahr	2515	2349	166	7,1
Thermische Kraftwerke	246	103	143	138,8
Landeseigene Erzeugung	19 072	18 181	891	4,9
Energieeinfuhr	2080	942	1138	120,8
Total Beschaffung	21 152	19 123	2029	10,6
2. Energieverwendung				
Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft	7338	6705	633	9,4
Industrie	6299	5762	537	9,3
wovon allgem. Ind.	2982	2716	266	9,8
Sonderanwendungen ¹⁾	3317	3046	271	8,9
Bahnen	1452	1363	89	6,5
Uebertragungsverluste	1987	1892	95	5,0
Landesverbrauch ²⁾	17 076	15 722	1354	8,6
Elektrokessel	410	366	44	12,0
Speicherpumpen	270	175	95	54,3
Gesamter Landesverbrauch	17 756	16 263	1493	9,2
Ausfuhr	3396	2860	536	18,7
Total Verwendung	21 152	19 123	2029	10,6

¹⁾ Elektrochemische, -metallurgische und -thermische Anwendungen

²⁾ ohne Elektrokessel und Speicherpumpen