

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 31 (1940)
Heft: 11

Artikel: Bau- und Betriebskosten schweizerischer Wasserkraftwerke
Autor: Härry, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1061366>

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: 17.05.2025

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

von ca. 200 V auf. — Ebenfalls ein schwerer Unfall, der auf Spannungsübertragung aus einer defekten Anlage auf normal spannungslose Objekte (Wasserinstallationen im Badezimmer) zurückzuführen ist, stiess einem Geometer in der Badewanne seiner Wohnung zu und nahm infolge der ungünstigen Nebenumstände einen tödlichen Verlauf, trotzdem die wirksame Spannung nur ca. 70 V betrug. Dieser Unfall wurde im Bulletin des SEV 1940, Nr. 1, S. 21 näher beschrieben. Ein Soldat, von Beruf Telephonmonteur, wurde getötet, als er in einem Kantonement eine provisorische Lichtinstallation erweiterte und, auf dem nassen Zementboden stehend, an einem spannungsführenden Draht hantierte. Ferner sei noch der Todesfall eines Maurers erwähnt, der in einem Stall bei der Berührung des nackten Bleimantels der Licht-

installation sein Leben verlor. Das Bleikabel war infolge der Desinfektion des Stalles nach Ausbruch der Maul- und Klauenseuche schadhafte geworden. Der Verunfallte stand beim Berühren des Kabels mit genagelten Schuhen in einer Jauchelache. (Ueber Vorsichtsmassnahmen gegenüber elektrischen Einrichtungen beim Desinfizieren von Stallräumen s. Bulletin des SEV, Jahrgang 1939, Nr. 4, S. 117.) Sechs Monteure erlitten Verletzungen bei Installationsarbeiten. Dabei ist ein Fall besonders erwähnenswert, wo der Schmelzeinsatz einer einpoligen Gruppensicherung im Nulleiter, anstatt im Polleiter, eingebaut war, so dass die Anlage, an der der junge Monteur zu arbeiten hatte, unter Spannung blieb, trotzdem dieser glaubte durch Entfernen der Gruppensicherung das Nötige zu seinem Schutze getroffen zu haben.

Bau- und Betriebskosten schweizerischer Wasserkraftwerke.

Von A. Hürri, Zürich.

621.311.21.003

Auf Grund des zur Verfügung stehenden Materials wird ein Ueberblick über Baukosten und Betriebskosten der schweizerischen Wasserkraftwerke gegeben. Dabei war der Autor weitgehend auf eigene Schätzungen angewiesen. Angenommen wurde eine hundertprozentige Ausnutzung der disponiblen Energie und eine Verzinsung der Gelder von 5%. Es handelt sich um eine persönliche Untersuchung des Autors, ohne irgendwelche Mitwirkung der Elektrizitätswerke und offiziellen Stellen.

Partant des chiffres à disposition, l'auteur donne un aperçu des frais d'aménagement et d'exploitation des usines hydro-électriques suisses. Pour ce faire, l'auteur a dû recourir dans une large mesure à des estimations. Il a admis une utilisation complète de l'énergie disponible et un taux de 5% pour les intérêts des capitaux engagés. Il s'agit là d'une étude personnelle de l'auteur, sans aucune collaboration de la part des centrales ou d'instances officielles.

Die ausserordentlich verschiedenartigen natürlichen Verhältnisse bedingen grosse Unterschiede in den Bau- und Betriebskosten der schweizerischen Wasserkraftwerke. Es ist daher von Interesse, auf Grund von Erfahrungswerten sich ein Bild über diese Kosten zu verschaffen.

Das Eidg. Amt für Wasserwirtschaft hat in seiner Publikation Nr. 23 zum ersten Male eine Darstellung der Erzeugungskosten elektrischer Energie aus schweizerischen Wasserkraftwerken gegeben (1927)¹⁾. Seither ist eine grössere Anzahl neuer Wasserkraftwerke erstellt worden. Die vorliegende Untersuchung umfasst nun auch diese neuen Werke. Ferner gibt sie auch Auskunft über die Anlagekosten.

Wie in der Veröffentlichung des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft werden auch hier folgende Kategorien von Wasserkraftwerken unterschieden:

Akkumulierwerke mit Jahresspeicherbecken,
Spitzenwerke mit Ausgleichsbecken,
Laufwerke ohne Ausgleichsbecken, und zwar Nieder- und Hochdruckwerke.

Es wurden fast alle Wasserkraftwerke der Schweiz, inkl. die Grenzwerte mit mehr als 3000 kW Nennleistung berücksichtigt. Für jedes Kraftwerk oder jede Kraftwerkgruppe wurden die wichtigsten Daten tabellarisch zusammengestellt. Dabei wurde zur Hauptsache die Statistik der Elektrizitätswerke

der Schweiz nach dem Stand auf Ende 1936, bearbeitet vom Starkstrominspektorat des SEV, verwendet und, wenn möglich, Geschäftsberichte oder Beschreibungen zur Kontrolle und Ergänzung der Daten herangezogen.

Die genannte Tabelle, die den folgenden Ausführungen zugrunde liegt, enthält folgende Angaben:

Name des Werkes, Erstellungsjahr;
Nennleistung in kW (normale Höchstleistung entsprechend den Dauerleistungen der Generatoren);
Mögliche mittlere jährliche Energieproduktion;
Jährliche Gebrauchsdauer der Nennleistung in Stunden;
Baukosten der Staumauer allein und Anlagekosten ohne Staumauer sowie totale Anlagekosten;
Mittlere Anlagekosten in Fr./kW und Fr./kWh;
Jährliche Betriebskosten in % der Anlagekosten;
Jährliche Betriebskosten der Staumauer allein (6% der Baukosten);
Jährliche Betriebskosten der Anlage ohne Staumauer;
Jährliche Betriebskosten total;
Jährliche Betriebskosten in Fr./kW und Rp./kWh.

Vom Eidg. Amt für Wasserwirtschaft wurden seinerzeit die Baukosten auf die Preisbasis 1927 umgerechnet unter Benutzung folgender Umrechnungsfaktoren:

- a) Aenderung der Einheitspreise;
- b) Aenderungen der baulichen oder mechanischen Anlagen bei moderner Ausführung (Vereinfachungen);
- c) Aenderung der elektrischen Anlage.

Diese Umrechnungen wurden hier unverändert übernommen. Für die nach 1927 erstellten Kraftwerke wurden die effektiven Anlagekosten eingesetzt.

¹⁾ Wirtschaftliches über die Energieversorgung des Landes im Winter. Mitteilg. Nr. 23 des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft, Bern 1928.

Die Anlagekosten pro kW der Nennleistung in Funktion der mittleren jährlichen Gebrauchsdauer sind in Fig. 1 dargestellt:

Zur Berechnung der jährlichen Betriebskosten wurde die Trennung in Staumauer und übrige Werkanlagen vorgenommen. Für die Betriebskosten der Staumauer wurden 6,0 % der Baukosten angenommen. Für den übrigen Teil der Werkanlage

7,5 bis 10,0 %, diejenigen der Niederdruck-Laufwerke von 10,0 bis 11,5 % der Anlagekosten, dazwischen liegen die Niederdruck-Spitzenwerke. Wo es möglich war, wurden die effektiven jährlichen Betriebskosten den Geschäftsberichten der Unternehmungen entnommen. Abweichend vom Eidg. Amt für Wasserwirtschaft wurde bei Akkumulierwerken eine Unterscheidung zwischen Ausnutzung der ge-

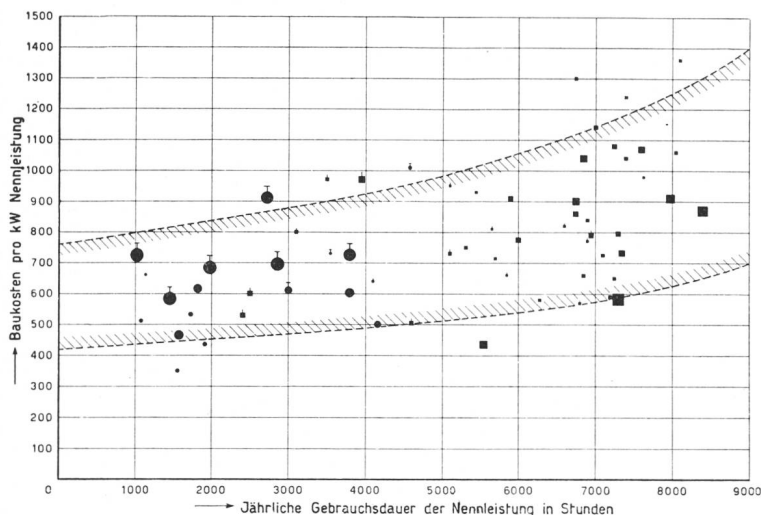


Fig. 1.

Anlagekosten der schweizerischen Wasserkraftwerke, berechnet auf Preisbasis 1927/1937 in Fr./kW Nennleistung.

Legende:

- Akkumulierwerke mit grossen Staumauern
- Akkumulierwerke ohne grosse Staumauern
- Spitzenwerke mit Ausgleichbecken
- Laufwerke ohne Ausgleichbecken

wurden die prozentualen jährlichen Betriebskosten in Funktion der jährlichen Gebrauchsdauer (Betriebszeit) berechnet und dazu ein vom Eidg. Amt für Wasserwirtschaft zu diesem Zweck aufgestelltes Diagramm verwendet (Fig. 2). Die jährlichen Betriebskosten umfassen: Verzinsung des Anlagekapitals, Abschreibungen und Einlagen in den Erneue-

samen Jahresenergie und der sechsmonatigen Winterenergie nicht gemacht, da die Differenzen in den Betriebskosten pro kW gering sind. In Fig. 3 sind die jährlichen Betriebskosten in Fr./kW der Nennleistung für die entsprechende jährliche Gebrauchsdauer aufgetragen.

Die Erhebungen umfassen 67 Inland- und Grenz-Wasserkraftwerke. Die Nennleistung dieser Kraftwerke beträgt 1 691 410 kW mit einer mittleren möglichen Jahresproduktion von $7408,7 \times 10^6$ kWh. Die Baukosten dieser Kraftwerke betragen 1 240 900 000 Fr. Die mittleren jährlichen Betriebskosten, die total 114 331 500 Fr. betragen, ergeben 9,21 % der Baukosten. Die Ergebnisse der Erhebungen sind in den folgenden Tabellen I bis V zusammengestellt.

Anlagekosten pro kW installierte Leistung.

Tabelle I.

Werk-Kategorie	Mittlere mögliche jährl. Ge- brauchs- dauer	Anlagekosten in Fr./kW		
		min.	max.	mittel
Akkumulierwerke mit Jah- resspeicherbecken . . .	2355	350	1010	667
Spitzenwerke mit Aus- gleichbecken	4276	510	970	749
Laufwerke } Niederdruck	7403	582	1360	871
ohne Aus- } Hochdruck	6396	435	1060	675
gleichbecken				
Alle Werke	4380	350	1360	734

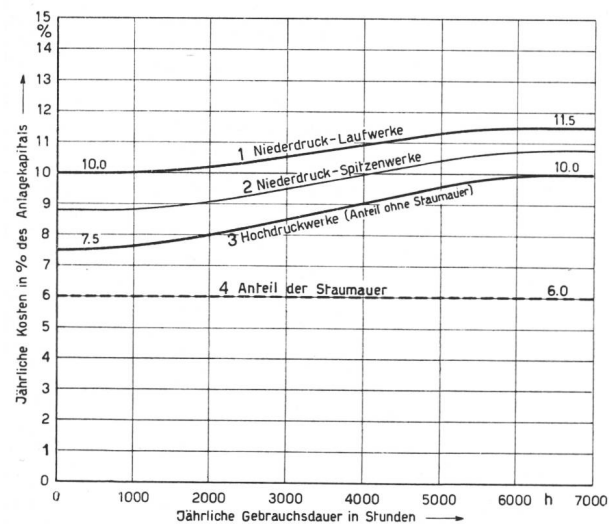


Fig. 2.

Jährliche Betriebskosten der schweizerischen Wasserkraftwerke in % der Anlagekosten, berechnet auf Preisbasis 1927/37.

rungsfonds, Anlagekapitaltilgung, Verwaltung, Betrieb und Unterhalt, Steuern und Abgaben. Die jährliche Verzinsung des Anlagekapitals wurde einheitlich zu 5 % angenommen (inkl. 0,5 % Risikoprämie).

Die jährlichen Betriebskosten der Hochdruckwerke (Anteil ohne Staumauer) schwanken von

Die Ergebnisse der Fig. 1 sind in Tabelle III zusammengestellt. Sie enthält die Anlagekosten pro kW und kWh für extrem günstige und ungünstige Bauverhältnisse und für verschiedene jährliche Gebrauchsdauern. Die Tabelle zeigt sehr deutlich die

Zunahme der Anlagekosten pro kW und die Abnahme der Anlagekosten pro erzeugbare kWh mit zunehmender Gebrauchsdauer.

Anlagekosten pro kWh erzeugbare Energie.

Tabelle II.

Werk-Kategorie	Anlagekosten in Fr./kWh		
	minimum	maximum	mittel
Akkumulierwerke mit Jahresspeicherbecken . . .	0,120	0,800	0,283
Spitzenwerke mit Ausgleichbecken	0,084	0,277	0,174
Laufwerke Niederdruck	0,080	0,193	0,118
ohne Aus- Hochdruck	0,078	0,170	0,106
gleichbecken			
Alle Werke	0,078	0,800	0,167

Die Ergebnisse der Fig. 3 sind in Tabelle V zusammengestellt. Sie enthält die jährlichen Be-

ansätze infolge höherer Kosten der Ergänzungsenergie sowie der Kosten und Energieverluste der Uebertragungsanlagen ein.

Spezifische Betriebskosten.

Tabelle IV.

Werk-Kategorie	Mittlere mögliche Energieprodukt. 10 ⁶ kWh	Jährliche Betriebskosten					
		Fr. pro kW			Rp. pro kWh		
		min.	max.	mitt.	min.	max.	mitt.
Akkumulierwerke mit Jahresspeicherbecken	2054,3	27,3	81,0	52,3	1,10	5,69	2,22
Spitzenwerke mit Ausgleichbecken	742,8	45,0	92,0	65,4	0,77	2,32	1,52
Laufwerke ohne Ausgleichbecken							
Niederdruck	3551,1	66,2	156,0	96,3	0,91	2,20	1,30
Hochdruck	1060,5	58,3	106,0	67,1	0,77	1,67	1,04
Alle Werke	7408,7	27,3	156,0	67,6	0,77	5,69	1,54

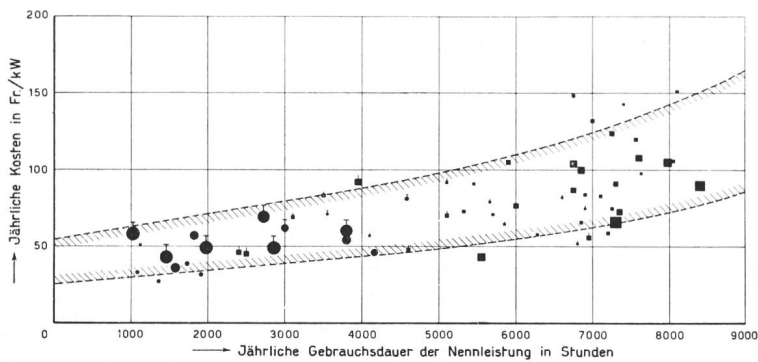


Fig. 3.

Jährliche Betriebskosten der schweizerischen Wasserkraftwerke in Fr./kW der Nennleistung.

Legende:

siehe Fig. 1.

triebskosten pro kW und kWh für extrem günstige und ungünstige Bauverhältnisse und für verschiedene jährliche Gebrauchsdauern. Man erkennt die Zunahme der Betriebskosten pro kW und ihre Abnahme pro kWh mit steigender Gebrauchsdauer.

Spezifische Anlagekosten bei günstigen und ungünstigen Verhältnissen.

Tabelle III.

Jährliche Gebrauchsdauer in h	Anlagekosten in Fr./kW und Fr./kWh			
	bei günstigen Bauverhältnissen		bei ungünstigen Bauverhältnissen	
	Fr./kW	Fr./kWh	Fr./kW	Fr./kWh
500	430	0,860	780	1,560
1000	435	0,435	800	0,800
2000	450	0,225	835	0,417
3000	470	0,157	880	0,294
4000	490	0,122	925	0,231
5000	510	0,102	980	0,196
6000	540	0,090	1055	0,175
7000	570	0,081	1140	0,163
8000	625	0,078	1240	0,155

Die Gestehungskosten pro Jahreskilowatt ab Werk betragen für die Laufwerke im Mittel 108,62 Fr. Im Verbundbetrieb tritt eine Steigerung dieser

Spezifische Betriebskosten bei günstigen und ungünstigen Verhältnissen.

Tabelle V.

Mittl. mögliche jährliche Gebrauchsdauer in h	Jährliche Betriebskosten in Fr./kW und Rp./kWh für			
	günstige Bau- und Betriebsverhältnisse		ungünstige Bau- und Betriebsverhältnisse	
	Fr./kW	Rp./kWh	Fr./kW	Rp./kWh
500	28	5,60	59	11,80
1 000	30	3,00	63	6,30
2 000	34	1,70	70	3,50
3 000	39	1,30	80	2,67
4 000	43	1,08	88	2,20
5 000	49	0,98	97	1,94
6 000	55	0,92	109	1,82
7 000	62	0,89	124	1,78
8 000	70	0,87	140	1,74

Zu diesen Zahlen ist folgendes zu bemerken: Es wurde eine *hundertprozentige* Ausnutzung der im Mittel ab Werk verfügbaren Energie und eine Verzinsung der eigenen und fremden Gelder von 5 % (inkl. 0,5 % Risikoprämie) angenommen. Es handelt sich also um die *reinen Selbstkosten* ohne Unternehmervergewinn. Rechnet man mit einer Ausnutzung der disponiblen Energie von im Mittel 85 % und mit einer Verzinsung der eigenen und fremden Gelder von im Mittel 6,5 %, dann sind die Zahlen um ca. 37 % zu erhöhen.