Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 75/76 (1920)
Heft: 16

Artikel: Die elektrische Abfallenergie schweizerischer Wasserkraftwerke
Autor: Kummer, W.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-36447

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: 13.07.2025

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

mittels eines fahrbaren Bockkranes von 9 *t* Tragkraft, dessen Laufbahn auf Kote 377,20 liegt. Bei Nichtgebrauch können sowohl der Kran wie die Schützentafeln in einer Kammer im Untergeschoss des Turmhauses untergebracht werden.

Auf der Unterwasserseite, unter dem Maschinenhausboden, laufen der Länge nach zwei Gänge. Durch den untern Gang sind die Hochspannungskabel von den Generatoren zur Schaltanlage, sowie die Mess- und Signalleitungen geführt. Im obern Gang befinden sich die Oel-Reservoirs und die Kühlwasserleitungen. Im Einlaufvorbau ist längs der obern Maschinenhausseite ebenfalls ein Gang ausgespart, die sogenannte Besucher-Galerie (Abb. 81, sowie 84 auf Tafel 17).

(Forts. folgt.)

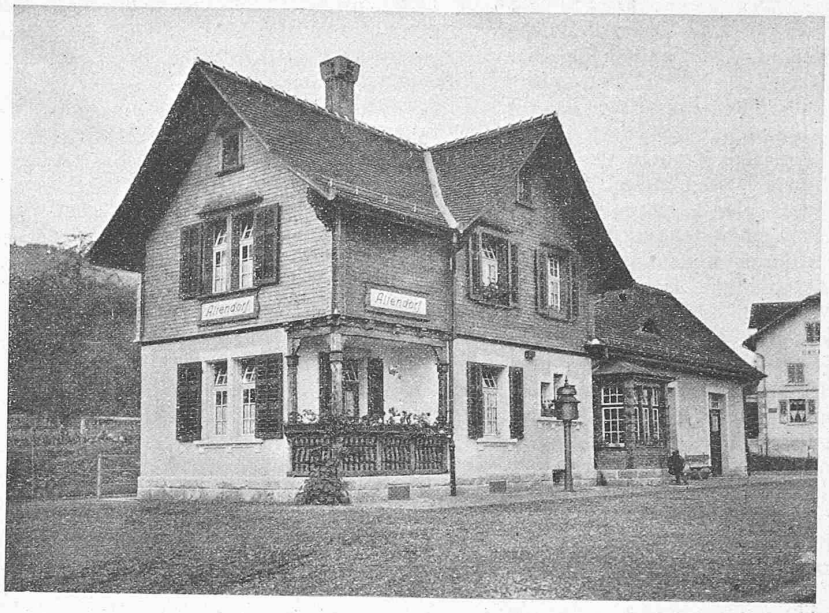

Abb. 6. Haltestelle Altendorf an der Linie Zürich-Ziegelbrücke der S. B. B.

Kleine Bahnhofbauten der S. B. B.

Das Bestreben, Bahnhofbauten in ländlicher Umgebung der ortsüblichen Bauweise anzupassen — wir erinnern z. B. an die neuern Stationsbauten der Rhätischen Bahn, der Bodensee-Toggenburg-Bahn und der Elektr. Solothurn-Bern-Bahn — kommt auch bei dem kleinen Dienstgebäude zur Geltung, das 1917 auf der neuen Haltestelle Altendorf zwischen den Stationen Pfäffikon (Schwyz) und Lachen durch das Hochbaubureau des S. B. B.-Kreises III (Architekt U. Trippel) errichtet worden ist, wie es die Bildchen 1 bis 7 veranschaulichen. Entsprechend der für den öffentlichen Verkehr nur untergeordneten Bedeutung dieser Haltestelle und Blockstation lag im Bauprogramm und demgemäss auch in der Ausführung das Hauptgewicht auf den Diensträumen, zu denen neben dem Signalstellwerk die Wohnung des Beamten gehört. Das Untergeschoss aus Backstein-Mauerwerk mit hellgrauem Besenwurf, das Obergeschoss in Riegelwerk mit äusserer Schalung und braun lasiertem Schindelschirm und Holzwerk, dazu weisse Fenstersprossen, dunkelgrüne Fensterladen und ein dunkles Ziegeldach geben dem anspruchlosen Bauwerk ein freundliches Aussehen.

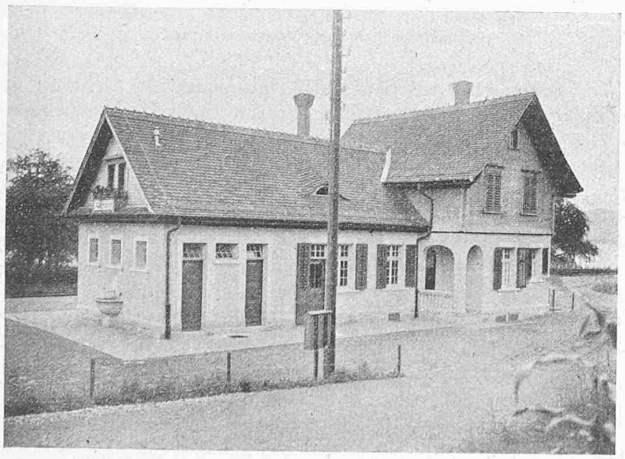

Abb. 7. Strassenseite des Haltstelle-Gebäudes Altendorf an der Linie Zürich-Ziegelbrücke der S. B. B.

Im Innern erhielt die gegen Süden gelegte Wohnstube eine behagliche Ausstattung durch braun gebeiztes Kopftäfer mit Sitzbank und grünem Kachelofen. Die Baukosten für das 1918 in Betrieb genommene Gebäude erreichten 46 000 Fr., wobei zu beachten ist, dass der Baugrund eine Verstärkung der Beton-Fundamente mittels Rost aus Eisenbahnschienen nötig machte.

Die elektrische Abfallenergie schweizerischer Wasserkraftwerke.

Von Prof. Dr. *W. Kummer*, Ingenieur, Zürich.[1])

Im Zusammenhange mit den Erörterungen über den volkswirtschaftlichen Wert oder Unwert des Energie-Exportes aus der Schweiz ins Ausland erheischt ohne Zweifel der Begriff der sogen. „*Abfallenergie*" (in populärer Bezeichnung die sogen. „Abfallkraft") eine Klärung, weil die Ansicht verbreitet ist, es sei vorwiegend „Abfallenergie", die zum Export ins Ausland gelange.

[1]) Aus dem Korreferat des Verfassers an der Diskussions-Versammlung des Zürcher Ing.- und Arch.-Vereins vom 18. Februar 1920.

Vergl. hiermit *das Hauptreferat von Dr. Bauer* in letzter Nummer, in dem im Drange der durch die Feiertage verkürzten Arbeitszeit folgende Druckfehler unterlaufen bezw. übersehen worden sind: Am Eingang sind die 7. und 8. Zeile, d. h. die Worte «der den Gegenstand» usw. bis und mit «Bedeutung» zu streichen. Zu den Abb. 1 und 2 sind die Bildstöcke

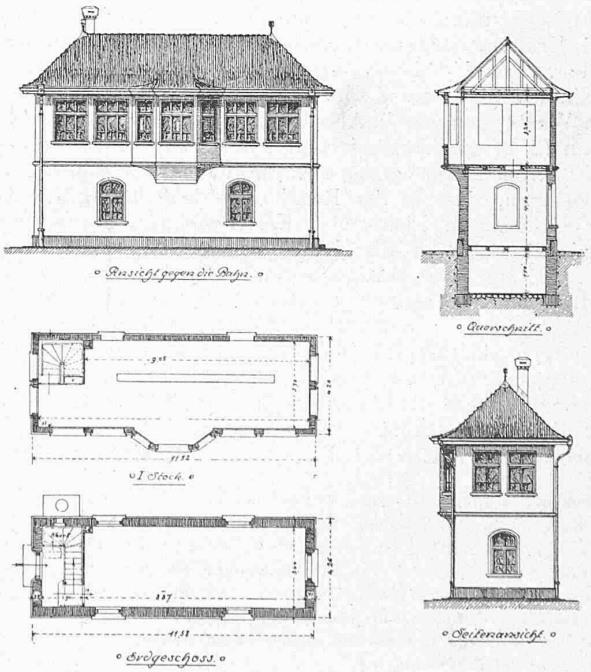

Abb. 8. Stellwerkhäuschen der S. B. B. im Bahnhof Baden. Ansichten, Grundrisse und Schnitt.

Wir stellen also zunächst die Frage: Was ist Abfall-Energie? Zu deren Beantwortung dienen uns die Abbildungen 1 und 2, von denen erstere die normal disponible, letztere die normal konsumierte Jahresenergie eines Wasserkraftwerkes darstellen. Den als Zeit-Abszissen von 0 bis 1 aufgetragenen $365 \times 24 = 8760$ Stunden, bezw. $8760 \times 60 = 525600$ Minuten des Jahres entsprechen in Abbildung 1 die nach steigenden Wassermengen gruppierten mittleren disponiblen Leistungen im Zeitelement, und in Abbildung 2 die nach fallenden Watt-Stromstärken zusammengestellten mittleren konsumierten Leistungen im Zeitelement. Die disponiblen Leistungen wachsen nach Abbildung 1 mit dem Wachsen der Wassermenge solange, bis die Schluckfähigkeit der Wassermotoren (Turbinen) erreicht ist; für noch grössere Wassermengen nimmt die Leistung bei Niederdruckwerken dann langsam wieder etwas ab, weil das mit wachsender Wassermenge abnehmende Gefälle sich in genügendem Masse derart geltend machen kann. Die nach Abbildung 1 erreichte Maximalleistung haben wir als = 1 bezeichnet, sodass die zwischen der Leistungskurve (von den Hydraulikern als „Dauerkurve" bezeichnet) und der Abszissenaxe liegende schraffierte Fläche F_1 in Bruchteilen von 1 — im Falle der Abbildung 1 durch die Zahl 0,78 — gemessen wird; beträgt in einem konkreten Fall die Maximalleistung 10 000 *kW*, so ist die disponible Jahres-Energie gleich 7800 Kilowattjahr. Die konsumierten Leistungen nehmen nach Abbildung 2, wie die ihnen proportionalen Watt-Stromstärken, gemäss der vorgenommenen Gruppierung nach einer, je nach den Betriebs-Verhältnissen (ruhige, bezw. unruhige Belastung) mehr oder weniger regelmässigen Kurve ab; da wir die der ersten Ordinate entsprechende Maximalleistung auch wieder als = 1 bezeichnen, so wird die zwischen der Leistungskurve und der Abszissenaxe liegende schraffierte Fläche F_2' in Bruchteilen von 1 — im Falle der Abbildung 2 durch die Zahl 0,33 — gemessen; bei einer Maximalleistung von 5000 *kW* wäre also die konsumierte Energie = 1650 Kilowattjahr. Dadurch, dass in Abbildung 2 die Gesamtzeit des Jahres 1 und auch die Maximalleistung 1 zur Festlegung des Masstabes benutzt wurden, erscheint der Flächenwert der konsumierten Energie gerade als das sogen. „Ausnützungsverhältnis", d. h. als die für die Kraftwerk-Ausnützung charakteristische, absolute Zahl, die, wie wir vor sieben Jahren in einem Vortrage „Ueber die Kraftwerkausnützung beim zukünftigen elektrischen Betrieb der Schweizerischen Eisenbahnen" dargelegt haben[2]), sich für elektrische Bahnbetriebe einerseits, für elektrische Licht- und Kraftverteilungen anderseits, damals im günstigsten Falle zu rd. $^1/_4$ bis $^1/_3$ ergab. In Abbildung 1 sind die Ordinaten (d. h. die disponiblen Leistungen) nach steigenden Wassermengen, in Abbildung 2 dagegen sind die Ordinaten (d. h. die konsumierten Leistungen) nach fallenden Watt-Stromstärken gruppiert, um dadurch zum Ausdruck zu bringen, dass in der Regel oder doch häufig die von der elektrischen Licht- und Kraftverteilung beanspruchte Maximalleistung in die Jahreszeit der kleinsten Wassermengen fällt. Die Maximalordinate der Abbildung 2 kann deshalb im allgemeinen nicht die gleiche sein, wie jene der Abbildung 1; vielmehr ist die Maximalordinate in Abbildung 2, die wir trotzdem weiter relativ mit der Zahl 1 messen, n-mal kleiner als die ebenfalls mit 1 gemessene Maximalordinate von Abbildung 1. Unter Berücksichtigung der damit entstehenden Masstabs-Unterschiede muss der gezeichneten Fläche F_2' bei deren Vergleichung mit F_1 eine korrigierte Fläche F_2 entsprechen, für die man zu schreiben hat:

$$F_2 = \frac{F_2'}{n}$$

Als Abfallenergie definieren wir nun die Flächendifferenz F_a von F_1 und F_2, gemäss der Beziehung:

$$F_a = F_1 - F_2 = F_1 - \frac{F_2'}{n}.$$

Demgegenüber nennt man F_2 die *„Jahresenergie"*.

Wenn also beispielsweise, wie in unsern Abbildungen 1 und 2 veranschaulicht,

$$F_1 = 0{,}78 \quad , \quad F_2' = 0{,}33 \, ,$$

und wenn ferner:

$$n = 3$$

ist, dann folgt:

$$F_2 = \frac{F_2'}{3}$$

$$F_a = F_1 - F_2 = 0{,}78 - \frac{0{,}33}{3} = 0{,}67 \; ; \; \frac{F_a}{F_2} = 6{,}1 \, ,$$

d. h. es handelt sich um eine Abfallenergie, die 6,1 mal der Jahresenergie, d. h. der normal konsumierten Energie vom Flächenwert $F_2 = 0{,}11$ entspricht; mit andern Worten: nur etwa 14 % der disponiblen Energie F_1 sind dann „normal" verwendbar, während 86 % dieser Energie als Abfallenergie bewertet werden müssen.

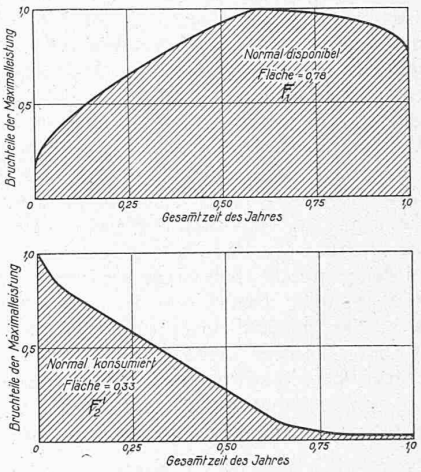

Abb. 1 und 2. Normal disponible und normal konsumierte Jahresenergie eines Wasserkraftwerkes.

Angesichts solcher Verhältnisse ist es nicht zu verwundern, dass die Bestrebungen der Elektrizitätswerke von jeher darauf hinausliefen, die ursprünglich völlig als Abfall-Energie erscheinende Energiemenge, teilweise wenigstens, in Jahresenergie, d. h. in normale Konsumenergie zu verwandeln. Dazu stehen grundsätzlich drei Reihen von Möglichkeiten zur Verfügung: erstens die Beeinflussung von F_1 (z. B. Ausbau der Wasserkraft nur innerhalb kleinerer Wassermengen), zweitens die Beeinflussung von F_2' (z. B. Begünstigung von Energieabnehmern in den Zeiten überschüssiger Energien und Leistungen), drittens die Beeinflussung von n (z. B. Einführung der Jahresakkumulierung oder Benützung kalorischer Reserve-Energie). Ein Ausbau der Wasserkraft nur innerhalb kleinerer Wassermengen kommt heute, nachdem auch für eigentliche Abfall-Energie eine Nachfrage besteht, nicht mehr in Frage. Die Begünstigung von Energieabnehmern in den Zeiten überschüssiger Energien und Leistungen läuft darauf hinaus, den Flächenwert von F_2', bezw. das sogen. Ausnützungs-Verhältnis, das im Falle von Abbildung 2 den Wert 0,33 hat, zu erhöhen, wozu im Detail-Energieverkauf die Verwendung der elektrischen Energie zur Wärmegewinnung als weitaus bedeutendste Möglichkeit in Betracht fällt. Seit 1913, insbesondere aber in den Jahren 1918 und 1919, ist in dieser Hinsicht Grosses geleistet worden; es steht

verwechselt worden: Die zwei Kurven rechts betreffen das E.-W. Zürich, die Kurve links die Belastung des E.-W. Basel (am 20. Dez. 1918). Auf Seite 169, Spalte links, ist in der 27. Zeile von unten der Schluss des Absatzes weggefallen, der von der Verteuerung der Selbstkosten handelt: = 4,75 Rp./*kWh*, *was einem Aufschlag von rund 60 % entspricht!* Die fünf fehlerhaften Lettern im Kursivsatz Spalte rechts oben auf gleicher Seite wird der Leser von sich aus als solche erkannt haben. Wir bitten Autor und Leser um Entschuldigung. *Red.*

[2]) Vergl. Seite 86 von Bd. LXI der «Schweizerischen Bauzeitung» (15. Februar 1913).

noch Grösseres unmittelbar bevor, indem die europäische Kohlennot diese Entwicklung in ungeahntem Masse begünstigt. Endlich ist festzustellen, dass auch die Einführung der Jahresakkumulierung heute, wenn immer möglich, in Berücksichtigung gezogen wird, während die Benützung kalorischer Reservekraft infolge der Kohlennot, in der Schweiz wenigstens, gänzlich in den Hintergrund getreten ist.

Wenn man, abgesehen von der Verwendung elektrischer Energie in der schweizerischen elektrochemischen Industrie, für die zurzeit übrigens vorwiegend besondere Kraftwerke dienen, den gegenwärtigen schweizerischen Konsum elektrischer Energie für normale Deckung des Bedarfs an Licht, Kraft, Bahnbetrieb und Wärme (in kleinen Apparaten) mit einem Ausnützungsverhältnis von etwa 0,38 bewertet, so lassen sich auf Grund der amtlichen Angaben über die schon ausgenützten und noch ausnützbaren Wasserkräfte folgende abgerundete Daten ableiten; mit den Angaben:

a) Minimalleistung ohne Akkumulierung: 800 000 *kW*

b) Konstante Leistung bei Akkumulierung: 1 750 000 *kW*

folgt

$$\text{aus a:}\quad F_2 = 0{,}38 \cdot 0{,}8 \cdot 10^6 \text{ Kilowattjahr},$$
$$= 0{,}304 \cdot 10^6 \text{ Kilowattjahr},$$
$$\text{und aus b:}\quad F_2 = 0{,}38 \cdot 1{,}75 \cdot 10^6 \text{ Kilowattjahr},$$
$$= 0{,}665 \cdot 10^6 \text{ Kilowattjahr}.$$

Da anderseits F_1 zu 2,5 Millionen Kilowattjahr geschätzt werden kann, folgt:

$$\text{aus a:}\quad F_a = \sim 2{,}2 \cdot 10^6 \text{ Kilowattjahr},$$
$$\text{aus b:}\quad F_a = \sim 1{,}83 \cdot 10^6 \text{ Kilowattjahr},$$

sowie ferner:

$$\text{aus a:}\quad \frac{F_a}{F_2} = 7{,}3$$
$$\text{und aus b:}\quad \frac{F_a}{F_2} = 2{,}8.$$

Da es technisch und wirtschaftlich ausgeschlossen sein dürfte, den Fall b restlos zu verwirklichen, während anderseits eine gewisse Akkumulierbarkeit ohne Zweifel angewandt werden wird, so dürfte für unsere weiteren Betrachtungen etwa mit:

$$\frac{F_a}{F_2} = 6{,}0$$

gerechnet werden können. Mit:

$$F_1 = 2{,}5 \cdot 10^6 \text{ Kilowattjahr}$$

folgt dann für die sogen. „Jahresenergie“:

$$F_2 = \frac{F_1}{7} = 0{,}357 \cdot 10^6 \text{ Kilowattjahr}$$
$$= 3{,}13 \text{ Milliarden } kWh.$$

Mit 3,13 Milliarden *kWh* lässt sich nun gerade der zukünftige schweizerische Energiebedarf für Licht und Kraft im bisherigen Sinne[1]) (zusammen etwa 2,13 Milliarden *kWh*) und für Bahnbetrieb (etwa 1,00 Milliarden *kWh*) decken, wobei ein Leistungsmaximum von:

$$10^6 \cdot \frac{0{,}357}{0{,}38} = 940\,000 \; kW$$

auftritt, für das durch Akkumulierung 140 000 *kW* zu decken sind.

Untersuchen wir nun, wie die Abfallenergie von:

$$F_a = 2{,}5 - 0{,}357 = 2{,}14 \text{ Millionen Kilowattjahr}$$
$$= 18{,}8 \text{ Milliarden } kWh$$

in der schweizerischen Nationalwirtschaft in Zukunft zu verwenden sein dürfte. Etwa 20 % dieser Abfallenergie sind von vornherein wertlos, da sie durch Mittagspausen, Ruhetage und ähnliche „Unstetigkeiten“ der Arbeitszeit verloren gehen. Für die übrigbleibenden 15,0 Milliarden *kWh* geben wir nebenstehende Zusammenstellung einer *möglichen zukünftigen Verwertung* im schweizerischen Inlande.

Durch die Verwirklichung dieses Programms zukünftiger Verwertung der schweizerischen Abfallenergie könnte die Einfuhr ausländischer Brennstoffe vom Maximaläquivalent von rund 25 Billionen Kalorien um etwa 60 % erniedrigt, d. h. auf rund 10 Billionen Kalorien herabgesetzt werden.

[1]) Einschliesslich der im Haushalt der Städte-Bewohner üblichen kleineren Wärmeapparate.

Mögliche zukünftige Verwertung elektrischer Abfall-Energie im schweizerischen Inlande.

Verwendungsgebiet	*Hauptsächliche* Benutzungszeit	Energie in 10^9 *kWh*
1. Heizung von Hotels u. Spitälern	Sept. — Mai; nachts	1,0
2. Heizung von Schulhäusern und Verwaltungsgebäuden	Sept. — Mai; nachts	1,0
3. Gewerbliche Backöfen	Jan. — Dez.; nachts	0,5
4. Elektr. Küche auf dem Lande .	Jan. — Dez.; tags	1,0
5. Heizung gewerbl. Dampfkessel .	April—Okt.; 0—24 h	1,5
6. Metallurgie	April—Okt.; 0—24 h	3,5
7. Elektrochemie	April—Okt.; 0—24 h	6,5
		15,0

Bemerkungen:

1. Unter Annahme von mindestens 250 000 Betten der Hotels, Sanatorien und Spitäler, mit Wärmeakkumulierung.

2. Unter Annahme einer Ausdehnung der elektrischen Heizung wie unter 1 und mit Wärmeakkumulierung.

3. Unter Annahme der jährichen Verarbeitung von mindestens 1 Million *t* Getreide.

4. Unter Annahme der teilweisen Wärmeakkumulierung und bei Stillegung der kleinen Gaswerke, sowie unter Berücksichtigung der Hotel-Küchen.

5. u. 6. Im Winter Ersatzheizung, bezw. Ersatzschmelzung mit Kohle.

7. Ausdehnung der Benutzungszeit bei weiterem Ausbau der hydraulischen Akkumulierung vorbehalten.

Nunmehr können wir, wenn auch nicht auf ganz sicherer Grundlage, beurteilen, ob unser gegenwärtiger Energie-Export ins Ausland vorwiegend ein solcher von Abfallenergie oder vorwiegend ein solcher von Jahres-Energie, d. h. von normaler Konsumenergie ist. Nach dem Geschäftsbericht der Abteilung für Wasserwirtschaft des schweizerischen Departementes des Innern für das Jahr 1918[1]) kommen diesbezüglich folgende Zahlen in Betracht:

Bewilligte Höchstleistung = 98 935 *kW*,
Ausgeführte Höchstleistung = 70 750 *kW*,
Ausgeführte Energiemenge = 326 Millionen *kWh*.

Da die ausgeführte Energiemenge einer Durchschnittsleistung von 37 200 *kW* entspricht, so erhält man folgende Zahlen für das Ausnützungsverhältnis:

$$\text{Nach „Bewilligung“:}\quad \frac{37\,250}{98\,935} = 0{,}375$$
$$\text{In Wirklichkeit:}\quad \frac{37\,250}{70\,750} = 0{,}525$$

Nach „Bewilligung“ hätte also sehr wohl allein normale Konsumenergie zur Ausfuhr kommen können, während in Wirklichkeit neben solcher im Ausmass von etwa

$$70\,750 \cdot 0{,}375 \cdot 8760 = 232 \text{ Millionen } kWh$$

auch Abfallenergie, aber nur im Ausmass von etwa:

$$326 - 232 = 94 \text{ Millionen } kWh$$

exportiert wurde[2]). Dieser Rechnung kann vorgeworfen werden, dass sie *formell* durch die Akten der Ausfuhr-Gesuche widerlegt sei, und dass *vor* der Verwirklichung der eidgenössischen Sammelschiene eine rein rechnerische Zusammenlegung der Mengen und Leistungen der Export-Energie zu falschen oder doch gewagten Schlüssen führe. Trotzdem ist sie lehrreich. Tragen wir also Sorge, dass *durch* die Verwirklichung der Sammelschiene nicht nur keine falschen Schlüsse, sondern vor allem keine falsche Volkswirtschaft entstehe, was wir nicht nur streng schweizerisch, sondern auch europäisch verstanden wissen möchten; Europa, das an der Transportkrisis nicht weniger leidet, als an der Kohlennot, hat dasselbe dringende Interesse, wie wir, dass wir in erhöhtem Masse unsere eigene weisse Kohle selbst verwenden und entsprechend kleinere Mengen an schwarzer Kohle zum Import begehren.[3])

[1]) Vergl. Seite 297 von Bd. LXXIII der «Schweiz. Bauzeitung» (21. Juni 1919).

[2]) Der gegenwärtige schweizerische Export an elektrischer Energie beläuft sich auf Grund von Abb. 4 im Artikel von Dr. B. Bauer auf etwa 20 % der gegenwärtigen schweizerischen Produktion an elektrischer Energie.

[3]) Vergleiche das bezügliche *Diskussions-Protokoll* am Schluss dieser Nummer. *Red.*