

**Zeitschrift:** Schweizerische Wasser- und Energiewirtschaft : Zeitschrift für Wasserrecht, Wasserbau, Wasserkraftnutzung, Energiewirtschaft und Binnenschifffahrt

**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

**Band:** 26 (1934)

**Heft:** 1

**Artikel:** Die Ganglinie der Mur in ihrer Abhängigkeit von der Witterung im Einzugsgebiet

**Autor:** Braschko, B.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-922337>

### **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:** 26.11.2024

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

handelten Projekte im Aaregebiet schließen den ersten Band ab.

In Ergänzung dazu werden noch zehn weitere Fälle behandelt, für die in der Studie eine Speichermöglichkeit nicht in Betracht gezogen wurde, da die Verhältnisse entweder wirtschaftlich zum vorneherein hoffnungslos liegen, oder wo die geologisch-topographischen Gegebenheiten eine Realisierungsmöglichkeit höchst unwahrscheinlich erscheinen lassen. Die technisch-geologischen Beschreibungen samt den Beilagen lassen jeweils erkennen, aus welchen Gründen diese Projekte negativ behandelt wurden. Die häufig vorkommenden natürlichen Seen karstartigen Charakters mit unterirdischen Abflüssen wurden in der Studie nicht weiter verfolgt, weil diese gefährlichen, obschon vielleicht ausnahmsweise interessanten Speichergelegenheiten sehr eingehende Untersuchungen und kostspielige örtliche Versuche zu ihrer Abklärung benötigen.

Obschon die Studie überraschenderweise eine erfreulich große Anzahl bedeutender und technisch wahrscheinlich ausführbarer Speichermöglichkeiten im Aaregebiet ergeben hat, ist leider das Ergebnis über deren wirtschaftlichen Wert nichts weniger als rosig. Doch soll hier der Gesamtstudie nicht vorgegriffen werden, da bei der Detailbehandlung der einzelnen Objekte vorerst nur technische Gesichtspunkte in Betracht gezogen werden und eine Würdigung der wirtschaftlichen Ergebnisse am Schlusse der Untersuchung in Aussicht gestellt ist. Man darf auf deren Resultat sehr gespannt sein. Es sei hier lediglich erwähnt, daß dieses eher negative Resultat im Aaregebiet vor allem von den meist ungünstigen Charakteristiken der Stauseen herührt, für deren Schaffung bei relativ mäßigem Seevolumen meist mächtige Staumauerkubaturen aufzuwenden sind, beispielsweise in einigen Fällen bis zu 800,000 m<sup>3</sup> und darüber. Der wirtschaftlich nachteilige Einfluß dieser Stauseen mit ungünstigen Verhältnissen wird durch die Angabe beleuchtet, daß von den gesamten Anlagekosten aller behandelten Werke rund  $\frac{2}{3}$  allein auf den Bau der Stauseen, resp. der Staumauern entfallen, ein Verhältnis, das in ungünstigen Fällen bis auf  $\frac{5}{6}$  der jeweiligen Werkskosten steigen kann. Diese eine Feststellung zeigt, welche Bedeutung weiteren Studien über das schwierige und noch lange nicht befriedigend gelöste Staumauernproblem zukommt, damit der künftige größtmögliche Ausbau unserer Wasserkräfte, wozu auch Speicherbecken gehören, so wirtschaftlich als möglich vorgenom-

men werden kann und mit den Errungenschaften der thermischen Energieerzeugung Schritt zu halten vermag.

Das Ziel, das sich die Studie steckt, wird sie zu einem Markstein in der Programmstellung unseres Wasserkraftausbaues machen. Ihre reiche und sorgfältige Ausarbeitung gestaltet ihre Durchsicht sehr anregend, so daß man mit Interesse dem baldigen Erscheinen der Fortsetzung dieser Publikation entgegensehen darf.

— Th. Frey.

### **Die Ganglinie der Mur in ihrer Abhängigkeit von der Witterung im Einzugsgebiet.**

Von Ingenieur R. Braschko, Graz

**Einleitung.** Zur Zeit des Baubeginnes des Murkraftwerkes Pernegg (Dezember 1926) gab es noch keine Wasserstandsvorhersage für den wenige Kilometer oberhalb der Wehrbaustelle gelegenen Murpegel in Bruck. Wohl bestand ein Hochwasser-Warndienst, es war aber nicht möglich, die Höhe der zu erwartenden Flutspitze zu bestimmen. Vom Verfasser, damals Bauführer für das Wehrbaulos, wurde nun der Versuch gemacht, die größte Wasserführung der Flut unmittelbar aus den gefallenen Niederschlägen zu errechnen. Obwohl damals nur fünf meldende Stationen im Einzugsgebiet bestanden, gelang der Versuch recht gut. War auf Grund der allgemeinen Wetterlage mit stärkeren Niederschlägen im Einzugsgebiet zu rechnen, so wurden morgens von den wichtigsten Stationen die gefallenen Niederschlagsmengen telephonisch eingeholt und die für den Nachmittag zu erwartende Wasserführung daraus berechnet (siehe Ing. Braschko, die Ganglinie der Mur als Funktion der Witterung im Einzugsgebiet in „Die Wasserwirtschaft“ Wien 1928).

In den letzten Jahren wurde die Anzahl der täglich meldenden Stationen im Einzugsgebiet wesentlich vermehrt und die Wasserführung der Mur durch Aufstellung neuer Lymnigraphen und den Werksbetrieb fortwährend einwandfrei aufgezeichnet. Es war nun möglich, eine weit genauere Beziehung zwischen Niederschlag und Regenflut, bew. Temperaturverlauf und Tauflut, sowie eine für alle Fälle brauchbare Gleichung der Trockenablaufkurve aufzustellen und damit eine mehrtägige Wasserstandsvorhersage zu schaffen. Das Ergebnis der Untersuchung und die Anwendungsmöglichkeit der Methode seien im nachfolgenden auszugsweise wiedergegeben.

### Einzugsgebiet, Lage der Stationen, Umgrenzung der Stationsbereiche.

Das obersteierische Mur- und Mürztal bildet ein einziges, lang gestrecktes Becken (6250 km<sup>2</sup>), das bei einer Gabelung der Zentralalpen beginnt und bis an den Alpenostrand reicht. Der durchaus hochalpine Nordrand (3000—2000 m) fällt mit der Hauptwetterscheide der Ostalpen zusammen, über ihn kann das Nordalpenwetter gerade noch in das Murgebiet eindringen. Der Süd- bzw. Südostrand übersteigt nur mehr selten 2000 m. Ueber den Südrand, besonders über den breiten Sattel von Neumarkt stoßen südalpine Niederschläge bis ins Murbecken vor, der Südostrand liegt dagegen schon im Bereich des Alpenostrandwetters. Die ausgesprochen inneralpine Lage bedingt verhältnismäßig geringe Jahresmittel der Niederschläge (600—1700 mm). Es fehlen sowohl nennenswerte Gletscher, als auch größere Seen, die den Abfluvvorgang merkbar beeinflussen könnten. 87 % der Gesamtfläche sind Kulturland mit kräftiger Humusschicht, 13% Oedland mit dürrtigem Graswuchs oder blankem Fels. Die Mur verläßt dieses Becken an dessen Längsseite in engem Durchbruchstal. Dort liegt der Pegel Bruck, für dessen Wasserführung die folgenden Gleichungen ermittelt wurden.

Die Lage der täglich meldenden meteorologischen Stationen ist aus der beiliegenden Kartenskizze zu ersehen. Sie ist im allgemeinen eine recht gute, nur das Fehlen einer Meßstelle am Tauernhauptkamm bildet eine schwere Lücke. Sonnblick und Rax liegen schon in etwas größerer Entfernung vom West- bzw. Oststrand des Einzugsgebietes, ihre Temperaturmeldungen bilden aber bei dem Mangel an Höhenstationen im Einzugsgebiet selbst eine unerläßliche Ergänzung.

Jeder Station wurde nun ein Niederschlagsbereich und ein Temperaturbereich zugeordnet. Jener hat Wetterscheiden, also Rücken und Hänge, dieser Höhenschichten zur Grenze, wobei folgende Forderungen erfüllt sein müssen: fällt in einer Station Niederschlag, so muß anzunehmen sein, daß im ganzen Stationsbereich gleichzeitig Niederschlag fällt, ferner: die in einer Station gemessene Temperatur herrscht gleichzeitig im ganzen Stationsbereich auf gleicher Höhe und ändert sich mit wachsender Höhe um den gleichen Betrag. Schließlich ist zu berücksichtigen, daß der Abflußbeiwert, soweit er durch den geologischen Aufbau des Landes bedingt ist, starke Unterschiede aufweist. Er

schwankt zwischen 0,74 beim Pegel Tamsweg (Gneisalpen mit 35 % Oedland) und 0,50 beim Pegel Mürzzuschlag (22 % verkarstete Kalkhochflächen); gleiche Niederschläge auf gleicher Fläche ergeben also stark verschiedene Abflußmengen.

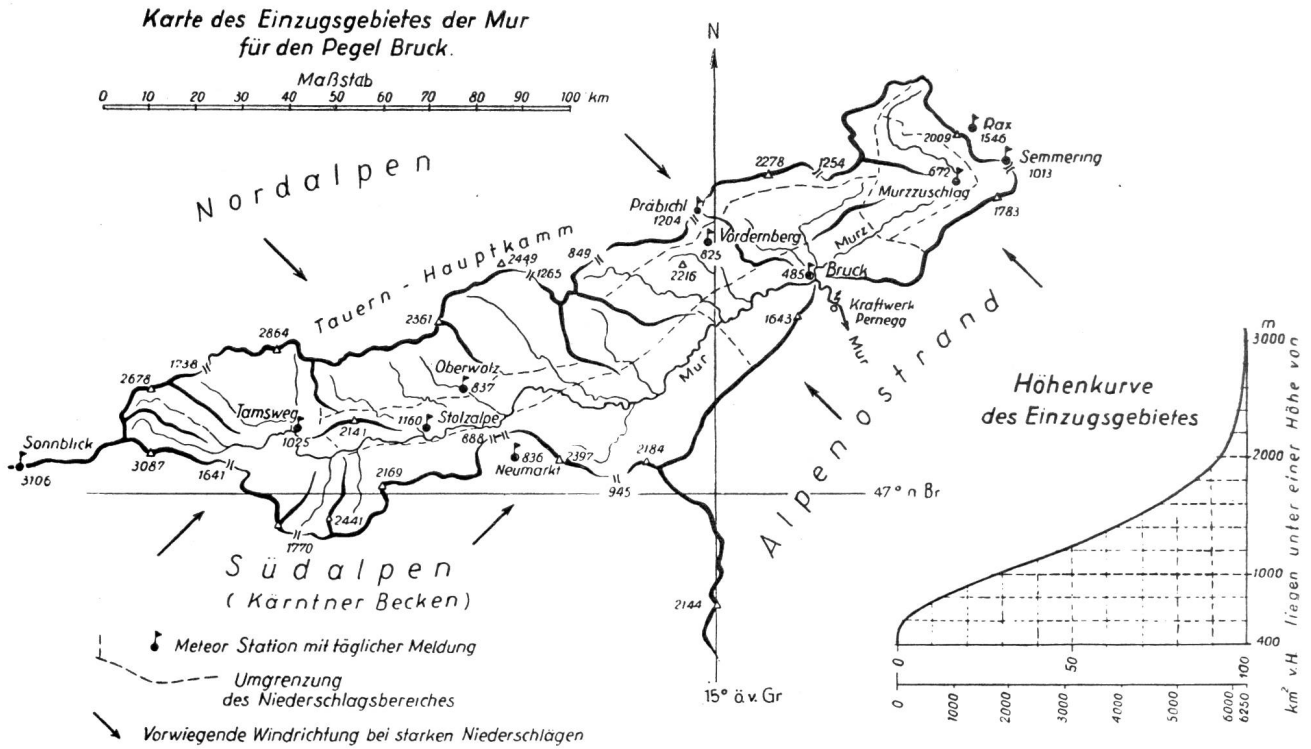
Die für das ganze Einzugsgebiet geltenden Mittelwerte für Niederschlag  $N_m$  und Temperatur  $T_m$ , die dem Abflußzuwachs  $\Delta Q$  beim Pegel Bruck gegenüber gestellt werden, errechnen sich nun als Summe aus den einzelnen Stationswerten, wobei diese entsprechend der geologischen und Größenverhältnisse der zugeordneten Gebiete verschiedene Gewichte erhalten. Sie betragen:

Station	$N_m =$	$T_m =$
1 Präbichl	$\Sigma [0,062 N_1$	$\Sigma [0,043 T_1$
2 Vorderberg	0,093 $N_2$	0,075 $T_2$
3 Semmering	0,046 $N_3$	0,071 $T_3$
4 Mürzzuschlag	0,053 $N_4$	0,064 $T_4$
5 Bruck	0,105 $N_5$	0,091 $T_5$
6 Oberwölz	0,173 $N_6$	0,076 $T_6$
7 Stolzalpe	0,088 $N_7$	0,350 $T_7$
8 Tamsweg	0,197 $N_8$	0,024 $T_8$
9 Neumarkt	0,183 $N_9]$	0,083 $T_9$
10 Rax	—	0,018 $T_{10}$
11 Sonnblick	—	0,105 $\frac{1}{2} (T_7 + T_{11})]$

$N_1 \dots N_9$  und  $T_1 \dots T_{11}$  sind die von den Stationen gemeldeten Niederschläge in mm, bzw. Minimaltemperaturen in C°.

Der durch die Witterung selbst bedingte, ständig wechselnde Anteil des Abflußbeiwertes wird später auf andere Weise berücksichtigt. Fällt in größeren Höhen Schnee, so verringert sich natürlich der abflußvermehrnde Niederschlagswert  $N_m$  im Verhältnis der Gesamtfläche des Einzugsgebietes zu jener, die unter der Schneefallgrenze liegt. Dieser Abminderungsbeiwert läßt sich aus beigegebener Höhenkurve leicht entnehmen. Auf ähnliche Weise muß bei Tauflut die Höhenlage der Schneegrenze berücksichtigt werden, indem nur jene Stationen, deren Temperaturbereiche ganz oder teilweise über die Schneegrenze hinausragen, verwendet werden.

Regenflut und Tauflut. Bei Regenflut ist der Zusammenhang zwischen Niederschlag und Abflußerhöhung deutlich zu erkennen. Einer am Vortag gefallen und um 7 Uhr gemessenen Niederschlagsmenge entspricht ein bestimmter Abflußzuwachs  $\Delta Q$ , die Spitze der Flut trifft im Mittel um 12 Uhr in Bruck ein, ihre Höhe ist  $Q_1 = Q_0 + \Delta Q_1$ . Dauert der Niederschlag an, so ergibt sich für den nächsten Tag ein weiterer Wert  $\Delta Q_2$ , gerechnet aus dem Nie-



derschlag des zweiten Tages. Die Spitze des zweiten Tages kann jedoch nicht durch einfaches Hinzuzählen von  $\Delta Q_2$  errechnet werden, denn die Flutwelle des ersten Tages ist inzwischen bereits um einen bestimmten Betrag (der aus der Gleichung der Ablaufkurve erhalten wird) abgesunken. Es ist also  $Q_2 = \mu_1 (Q_1 + \Delta Q_1) + \Delta Q_2$ . Die Beziehung zwischen  $N_m$  und  $\Delta Q$  ist eine lineare von der Form  $\Delta Q = a N_m + c_1$ . Eine überschlägige Berechnung zeigte schon, daß  $a$  entsprechend der durch die Witterung selbst herbeigeführten Bodenbeschaffenheit verschiedene Werte annimmt. Die Unterteilung in die unten angeführten Gruppen ergab sich zwanglos. Eine Abhängigkeit des Wertes  $a$  von der Intensität des Niederschlages konnte nicht festgestellt werden.

Schwieriger erschien die Behandlung der Tauflut. Vor allem war klarzustellen, welche Temperaturwerte eine solche verursachen. Es ergab sich, daß erst bei Aufhören des Frostes, also Ansteigen der Minimaltemperaturen über  $0^\circ$  eine Tauflut mit ständig zunehmender Wasserführung einsetzt. Auch hier läßt sich eine lineare Gleichung von der Form  $\Delta Q = b T_m + c_2$  aufstellen. Für  $b$  wurden zwei Werte ermittelt: Neuschnee, im Spätherbst auf meist schon gefrorenem Boden gefallen, gibt natürlich bei Tauwetter größere Schmelzwassermengen, als der körnige Altschnee (Firn) des Frühjahrs. Die Tauflut geht zurück, wenn neuerlich Frost einsetzt oder die Schneegrenze über die Frost-

grenze hinaufrückt. Die Errechnung der täglich zu erwartenden Wasserführung erfolgt in analoger Weise wie bei der Regenflut.

Die Ermittlung der Werte  $a$ ,  $b$  und  $c$  erfolgte unter Verwendung von über 60 einwandfreien Flutfällen. Die Korrelationsfaktoren liegen für alle Gruppen zwischen 0,92 und 0,96 (also sehr hoch), die Werte  $c_1$  und  $c_2$  unter 2,0, so daß sie auch vernachlässigt werden können. In den meisten Fällen ist die Tauflut von einer Regenflut begleitet. Dann ist  $\Delta Q = a N_m + b T_m$

Boden	Regenflut $a$	Tauflut $b$	Wahrscheinl. Fehler %
trocken	5,10	—	+ 11,8
feucht	7,35	—	+ 5,5
sehr feucht	10,70	—	+ 12,4
gefroren	10,70	—	+ 12,4
Altschneedecke	7,35	19,10	+ 8,0
Neuschneedecke	10,70	23,85	+ 12,4

**Trockenablaufkurven.** Nach Aufhören aller abflußvermehrenden Einflüsse sinkt die Ganglinie so regelmäßig ab, daß ihre mathematische Behandlung leicht durchführbar ist. Die Form dieser Trockenablaufkurven hängt im wesentlichen von zwei Faktoren, nämlich von der Bodenbeschaffenheit vor der Flut und von der Intensität  $I$  des Eiederschlages, bzw. der Schmelzwasserbildung (nicht aber von der absoluten Höhe der Flutspitze) ab. Für erstere wurde dieselbe Einteilung wie früher gewählt, letztere errechnet sich in einfacher Weise aus  $\frac{N_m}{z}$ , bzw.  $\frac{T_m}{z} \cdot 2,4$  (denn der Temperaturwert er-

Beispiele

Datum der Flutspitze	Flutart	Boden	N <sub>m</sub>	T <sub>m</sub>	I	Wasserführung beim Pegel Bruck in m <sup>3</sup> /sek. um 12 Uhr							
						Spitze	1	2	4	6	10	20	
							Tage nach der Spitze						
3. 8. 1929	Regenflut	trocken	50,0	—	2,8	{ R <sup>1)</sup> M <sup>2)</sup>	309 315	155 150	130 115	108 110			
14. 8. 1930	"	feucht	23,7	—	2,0	{ R M	365 362	230 252	194 213	154 161	128 128	99 103	63 69
21. 7. 1931	"	"	81,6	—	3,4	{ R M	611 610	312 295	243 230	171 167			
31. 7. 1926	"	sehr feucht	9,6	—	—	{ R M	333 315						
23. 11. 1926	"	gefroren, kein Schnee	33,9	—	1,0	{ R M	395 370	252 250	228 217	163 156	143 127	118 110	100 98
5. 4. 1926	Tauflut	Altschnee- Decke	—	18,4	—	{ R M	321 316						
9. 4. 1926	gemischte Flut	"	11,0	5,8	1,1	{ R M	340 385	244 270	208 220	167 170	140 145		
2. 5. 1928	"	"	23,5	5,5	—	{ R M	478 450						
23. 11. 1927	"	Neuschnee- Decke	11,5	1,5	0,9	{ R M	282 305	183 196	150 140	126 114	109 96	91 87	70 70
5. 1. 1930	"	"	12,8	2,0	—	{ R M	220 239						

<sup>1)</sup> laut Rechnung, <sup>2)</sup> laut Messung.

zeugt den rund 2,4-fachen Abflußzuwachs). *z* ist die Dauer des Niederschlages, bzw. des Abschmelzvorganges in Stunden, sie läßt sich aus den Wetterkarten vorläufig nur mit etwa siebenstündiger Genauigkeit entnehmen.

Für die Gleichung der Trockenablaufkurve wurde (ausgehend von der Formel von Bousinesq für den Auslauf des Grundwassers aus Quellen) folgende Form gefunden  $Q_t = 100 \cdot e^{-\alpha t^m}$

*Q<sub>t</sub>* ist die Wassermenge in Prozent der Spitze am Tage *t* nach der Spitze. Der Beiwert *m* hängt, wie die Untersuchung von fast 40 Trockenablaufkurven ergab, in eindeutiger Weise nur von der Bodenbeschaffenheit ab, der Beiwert *α* ist eine lineare Funktion der Intensität.

Mit Hilfe obiger Gleichung ist es möglich, bei einigermaßen stabiler Wetterlage (Hochdruckwetter) nach Ueberschreitung der Flutspitze die Wasserführung des Flusses auf viele Tage voraus zu bestimmen.

Boden	m	α bei einer Intensität I					Wahrsch. Fehler % im Mittel
		0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	
trocken . . . . .	0,30	1,33	0,41	0,56	0,71	0,86	± 0,6
feucht . . . . .	0,45	0,24	0,35	0,47	0,62	0,77	± 3,5
Altschneedecke } sehr feucht, gefroren, Neuschneedecke	0,55	0,35	0,48	0,78	—	—	± 4,8

**Gegenwart und Zukunft der schweizerischen Handelspolitik.**

Handelspolitische Fragen stehen gegenwärtig im Brennpunkte des allgemeinen Interesses, was angesichts der tiefgreifenden Umwälzungen auf diesem Gebiete be-

greiflich ist. Minister Stucki sprach über den Gegenstand in einer Versammlung vom 13. Dezember 1933 in Zürich. Einige wichtige Teile des Vortrages sollen angeführt werden:

«Heute muß jedes Land für sich selber sorgen; so ist auch die Schweiz auf sich selber angewiesen. Die Weltwirtschaftskonferenzen haben versagt. Jedes Land hat seine eigene Kraft zu mobilisieren, jedes Land muß sich bewußt sein, daß keiner allein leben kann, und versuchen, mit vernünftigen, liberalen Verständigungen durchzukommen. Die Schweiz vermochte früher ein normales Handelsbilanzdefizit von etwa einer halben Milliarde zu tragen, weil es überdeckt wurde durch Erträge aus dem Fremdenverkehr, aus unseren Kapitalien im Ausland und anderen Faktoren des sogenannten unsichtbaren Exportes. Nun hat sich dieses Defizit verdoppelt und das finanzielle Gleichgewicht des Schweizer Frankens, unsere wirtschaftliche Selbständigkeit stehen auf dem Spiel. Unsere Handelspolitik mußte also Ende 1931 geändert werden.

Man versucht, den Export zu steigern und innert bestimmter Grenzen einen übermäßigen Import zu hemmen, da es unmöglich ist, mit der Exportsteigerung allein das Gleichgewicht wieder zu finden. Die Hemmung der Einfuhr geschieht zur Hauptsache durch Kontingentierung, weil bei der Ansetzung von hohen Zöllen die Gefahr von Fehlinvestitionen besteht. Um die Bezahlung des Exportes zu sichern, mußte man zum Mittel der Clearing-Verträge greifen. Der Handelspolitik der Schweiz ist es gelungen, das Handelsbilanzdefizit im Jahre 1933 um etwa 250 Mio Fr. zu verringern bei einer entsprechenden Verringerung der Einfuhr und einer geringen Hebung des Exportes. Die Arbeitslosenziffer der Schweiz ist, auf den Kopf der Bevölkerung berechnet, die niedrigste aller Länder.»

Diese Darstellungen eines der besten Kenner unserer Wirtschaft zeigen, daß die schweizerische Wasser- und Elektrizitätswirtschaft in ihrem Bestreben, die Ausnutzung der Wasserkräfte und die Verwendung elektrischer Energie an Stelle eingeführter Brennstoffe zu fördern, auf dem richtigen Weg ist. Unser Land ist arm an Rohstoffen und wird immer auf das Ausland angewiesen sein. Umso mehr müssen wir uns bemühen, die wertvollen Schätze, die wir besitzen, in den Dienst unserer Wirt-