

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische Wasserwirtschaft : Zeitschrift für Wasserrecht, Wasserbautechnik, Wasserkraftnutzung, Schiffahrt
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
<b>Band:</b>	9 (1916-1917)
<b>Heft:</b>	19-20
<b>Artikel:</b>	Dampferzeugung durch Elektrizität und Aufspeicherung von in Wärme übergeführter elektrischer Energie
<b>Autor:</b>	Höhn, E.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-920630">https://doi.org/10.5169/seals-920630</a>

### 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:** 22.02.2026

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

# SCHWEIZERISCHE WASSERWIRTSCHAFT



OFFIZIELLES ORGAN DES SCHWEIZER-  
ISCHEN WASSERWIRTSCHAFTSVERBANDES

ZEITSCHRIFT FÜR WASSERRECHT, WASSERBAUTECHNIK,  
WASSERKRAFTNUTZUNG, SCHIFFFAHRT .. ALLGEMEINES  
PUBLIKATIONSMITTEL DES NORDOSTSCHWEIZERISCHEN  
VERBANDES FÜR DIE SCHIFFFAHRT RHEIN - BODENSEE

GEGRÜNDET VON DR O. WETTSTEIN UNTER MITWIRKUNG VON  
a. PROF. HILGARD IN ZURICH UND ING. GELPK IN BASEL



Erscheint monatlich zweimal, je am 10. und 25.  
Abonnementspreis Fr. 15.— jährlich, Fr. 7.50 halbjährlich  
für das Ausland Fr. 2.30 Porto zuschlag  
Inserate 35 Cts. die 4 mal gespaltene Petitzile  
Erste und letzte Seite 50 Cts. Bei Wiederholungen Rabatt

Verantwortlich für die Redaktion: Ing. A. HÄARRY, Sekretär  
des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes, in ZÜRICH  
Telephon 9718 ....., Teleogramm-Adresse: Wasserverband Zürich  
Verlag und Druck der Genossenschaft „Zürcher Post“  
Administration in Zürich 1, Peterstrasse 10  
Telephon 3201 ....., Teleogramm-Adresse: Wasserwirtschaft Zürich

Nr 19/20

ZÜRICH, 10. Juli 1917

IX. Jahrgang

## Inhaltsverzeichnis:

Dampferzeugung durch Elektrizität und Aufspeicherung von in Wärme übergeführter Energie. — Schneegewichte und Schneehöhen der zehn Jahre 1906 bis 1916 auf den Bündner Alpenpässen. — Wasserwirtschaft und Wasserbauten in der Schweiz im Jahre 1916. — Wasserkraftausnutzung. — Schiffahrt und Kanalbauten. — Geschäftliche Mitteilungen. — Zeitschriftenschau.

## Dampferzeugung durch Elektrizität und Aufspeicherung von in Wärme übergeführter elektrischer Energie.<sup>1)</sup>

Von E. Höhn, Oberingenieur des Schweizerischen Vereins  
von Dampfkesselbesitzern, Zürich.

### 1. Dampferzeugung durch Elektrizität.

Im Auftrag der Direktion einer Fabrik, die neben Dampfbetrieb (zu Wärmezwecken und für Kraftreserve) auch eine namhafte Wasserkraft besitzt, machten wir im Oktober 1916 Versuche an einem Kessel, bei dem der Dampfvermittelst elektrischer Heizung erzeugt wird.

Kesselsystem: Zylinderkessel, horizontal gelagert, mit flachen Böden, 38 stählernen Siederohren von 27/32 mm Durchmesser und 1250 mm Länge zwischen den Rohrwänden (siehe Fig. 1 und 2).

Eff. Heizfläche, wasserberührt (am Versuchstag bloss 34 Röhren) . . . . . m<sup>2</sup> 4,25

Zulässiger Dampfdruck . . . . . Atm. 2,5

Elektrische Ausrüstung: Widerstandspiralen aus „Ni-chrom“drähten, durch Glasperlen isoliert; Drahtdurchmesser 0,9 mm; Länge einer Spirale zirka 24 m; spez. Widerstand 1—1,1 Ω, in jedem Siederohr eine Spirale. Anordnung in 3 Gruppen von je 18,9 und 7 Siederohren, die beliebig zugeschaltet werden können.

<sup>1)</sup> Aus dem Jahresbericht pro 1916 des schweiz. Vereins von Dampfkessel-Besitzern.

	I	II
Dauer des Versuches . . St.	7,65	7,0
Spannung des Gleichstromes . . . . . V.	225,8	225,6
Stromstärke im Mittel (min. 92, max. 200) . . . . . A.	142,4	148,8
Elektr. Leistung im Mittel (min. 20,7, max. 45,0) . . kW.	32,2	33,6
Verdampfung . . . . .		
Mittl. Kesseldruck . . . . Atm.	1,7	2
Mittl. Temperatur des Speise-		
wassers . . . . . °Cels.	11	10
Erzeugungswärme pro kg		
Dampf . . . . . WE.	640	642
Verdampft per Stunde brutto	kg	38,8
" Normal- dampf " . . . . .		40,7
"       " und m <sup>2</sup> " . . . . .	38,8	40,9
eff. Heizfl. bei max. Belastung . . . . . "	12,9	11,8 *)
Verdampft per Stunde u. m <sup>2</sup> eff. Hfl. bei min. Belastung . . . . . "	13,9	13,1 *)
Verdampft per Stunde u. m <sup>2</sup> Heizfl. im Mittel . . . . . "	13,5	12,8 *)
Von 1 kWh. erzeugter Dampf brutto . . . . . "	1,205	1,212*)
Von 1 kWh. verwandeltes Wasser von 0° in Dampf von 100° (Normal) . . . . . "	1,205	1,217*)
Nutzeffekte:		
Von 1 kWh. erzeugte Wärme (effektiv) . . . . . WE.	771,2	778

\*) Sowohl die pro kWh., als auch die pro m<sup>2</sup> Heizfl. und Strom erzeugte Dampfmenge ist unter Berücksichtigung der bei den verschiedenen Stufen jeweils abgegebenen effektiven elektr. Leistung, bzw. zugeschalteten Heizfl. ausgerechnet worden, nicht aus Mittelwerten.

Von 1 kWh. erzeugte Wärme (theoretisch) . . . . WE.	I	II
Nutzeffekt der Verdampfung %	89,8	90,5
Verloren. . . . . "	10,2	9,5

Die Verluste bestehen jedenfalls weitaus zum grössten Teil aus Wärmeverlusten infolge von Leitung und Strahlung des Kessels und vielleicht auch der elektrischen Ausrüstung. Als normale Heizflächenbelastung dürfte  $12 \text{ kg/m}^2$  angeschaut werden. Bemerkenswert ist die Steigerung der Dampfproduktion pro  $\text{m}^2$  Heizfläche mit der Abnahme der zugeschalteten Heizfläche; offenbar wird der Wärmeübergang von der Heizfläche an das Wasser grösser, wenn dieses weniger von Dampfblasen durchwirbelt ist.

Wie man schon von der Theorie her weiss, verschlingt die Wärmeerzeugung vermittelst elektrischen Stroms sehr viel Energie; dass praktisch für die Dampferzeugung, für die wir also 1 kWh. auf 1,2 kg Dampf oder 0,83 kWh. auf 1 kg Dampf aufwenden müssen, ein Nutzeffekt von 90% erreicht werden kann, ist noch ziemlich günstig. Dabei war die Wärme-Isolierung nicht als unübertrefflich zu bezeichnen, sondern im Gegenteil noch verbesserungsfähig.

Wer also einen Dampfkessel elektrisch heizen will, muss über viel und billige Kraft verfügen. Rechnen wir mit einem Kohlenpreis von 500 Fr. pro 10 t und einer 7—8fachen Verdampfungsziffer bei Dampferzeugung vermittelst Kohlen, so darf der zum gleichen Zweck verwendete elektrische Strom nicht mehr als  $1,2 \times 5 : 7 = 0,85$  oder  $1,2 \times 5 : 8 = 0,75$  Rp. per kWh. kosten, soll die Elektrizität mit fossilem Brennstoff in Wettbewerb treten. Jetzt, während des Krieges, wo wir mehr bezahlen, und in Berggegenden (Davos, St. Moritz, Arosa), wo der Brennstoff zu jeder Zeit ungefähr das anderthalbfache des in der Tiefebene bezahlten Preises gilt, können die Ansätze entsprechend höher genommen werden.<sup>1)</sup>

Tagsüber wird es kaum möglich sein, so billigen Strom abzugeben, wohl aber dürfte die Sache ein anderes Gesicht bekommen, sobald wir Abfallkraft zur Dampferzeugung verwenden; dann müssten wir die Wärme aber auch aufspeichern können. Das ist jedoch möglich, wenn wir Wasser erhitzten und, nach Bedarf, demselben durch Selbstverdampfung wieder Wärme entziehen, nach Art einer feuerlosen Lokomotive.

## 2. Aufspeicherung von in Wärme übergeführter elektrischer Energie.

Der Verfasser hat daher im folgenden die Aufgabe zu lösen gesucht, was mit 100 PS. Abfallkraft, 12 Stun-

<sup>1)</sup> Seit dem Erscheinen dieses Aufsatzes sind die Brennstoffpreise neuerdings im Steigen begriffen und Fr. 1000.— für 10 Tonnen werden bald überschritten sein. Diesem Brennstoffpreis würde also ein elektrischer von 1,5—1,7 Rp. als Äquivalent für die Verdampfung entsprechen.

den lang in dieser Weise in Wärme umgewandelt und aufgespeichert, erreicht werden könne, und wie gross die Speicher-Anlage sein müsste. Dabei wird vorsichtshalber ein geringerer Wirkungsgrad für die Ver-

Elektrisch geheizter Dampfkessel.

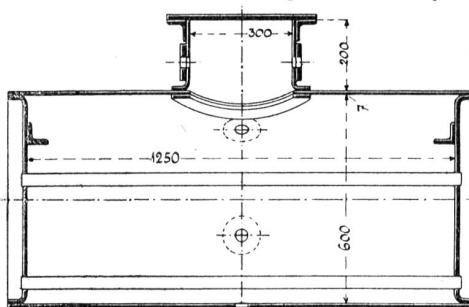


Fig. 1.

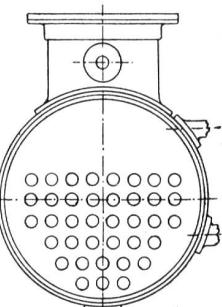


Fig. 2.

dampfung im Kessel vorausgesetzt, sobald es sich um höhere Wassertemperaturen, bzw. Dampfdrücke handelt, als im Versuch (1,7—2 Atm.): beispielsweise 87% für 10 Atm. Im übrigen ist der Wirkungsgrad des Kessels für sich von der Reinheit des Speisewassers in erheblichem Mass abhängig. Kesselsteinhaltige Speisewässer müssten vermieden werden; am besten würden sich Kondenswässer eignen, wie solche an Orten, wo Speicher-Anlagen in Frage kommen, jedenfalls meistens zur Verfügung stehen.

Bezeichnet E die verfügbare Energie in kWh., A das Wärmeäquivalent einer kWh., bekanntlich = 859 WE, und  $\eta$  den Nutzeffekt der Verdampfung, so ist die an den Dampf übergegangene Wärme  $W = \eta \cdot E \cdot A$ .

Ist  $t$  die Speisewassertemperatur und  $i$  der Wärmeinhalt des gesättigten Dampfes, so entspricht  $(i - t)$  seiner Erzeugungswärme und wir erhalten aus der Wärmemenge  $W$  die Dampfmenge in kg:

$$G = \eta \frac{E \cdot A}{i - t}. \quad 1)$$

Q bezeichne im weitern den im Speicher vorhandenen Wasservorrat in kg, vor der Entladung,  
D die durch Selbstverdampfung dem Speicher während der Entladung entnommene Dampfmenge in kg,  
 $t_3$  die Temperatur des Speisewassers,  $w_3$  sein Wärmeinhalt ( $t_3 \sim w_3$ ),  
 $t_2$  die Temperatur des Wassers, bzw. des gesättigten Dampfes im Speicher beim Druck  $p_2$  nach dessen Entladung,  $w_2$  den Wärmeinhalt des Wassers,  $i_2$  jenen des Dampfes,  
 $t_1$  die Temperatur des Wassers, bzw. des gesättigten Dampfes im Speicher beim Druck  $p_1$  vor der Entladung,  $w_1$  den Wärmeinhalt des Wassers,  $i_1$  jenen des Dampfes.

Nach der Entladung ist die im Speicher noch vorhandene Wassermenge =  $Q - D$ . Soll wieder geladen werden, so ist dieser Vorrat zu erwärmen von  $t_2$  auf  $t_1$ ; die Dampfmenge D muss durch ebensoviel Speisewasser der Temperatur  $t_3$  ersetzt und ebenfalls auf  $t_1$  angewärmt werden. Die Ladungswärme beträgt  $E \cdot \eta$ .

$$EA\eta = (Q - D) (w_1 - w_2) + D (w_1 - w_3) \\ = Q (w_1 - w_2) + D (w_2 - w_3). \quad 2)$$

In dieser Gleichung ist Q und D unbekannt.

Einem Kilogramm Wasser vom Wärmeinhalt  $w_1$  kann die Dampfmenge  $x$  entzogen werden, wenn der Druck von  $p_1$  auf  $p_2$ , der Wärmeinhalt des Wassers von  $w_1$  auf  $w_2$  sinkt. Diese Dampfmenge besitzt anfänglich den Wärmeinhalt  $i_1$ , schliesslich den Wärmeinhalt  $i_2$ . Der wahre Wärmeinhalt beträgt:

$$\int_{x_1}^{x_2} i \, dx = xi_m \quad 3)$$

Der Ausdruck rechts gilt, wenn für  $i_m$  ein Wert eingesetzt wird, der dem wahren Mittel zwischen  $i_1$  und  $i_2$  entspricht. Die Dampfmenge nimmt zu, währenddem der Druck abnimmt;  $dx$  wächst also im gleichen Sinne wie  $-dp$ . Zeichnen wir die Wärmeinhalte als Ordinaten über je 1 kg Dampf der verschiedenen durchlaufenen Druckstufen als Abszissen auf, so finden wir  $i_m$  als mittlere Ordinate dieser Fläche; letztere ist durch Fig. 3 dargestellt, und zwar beispielsweise für 11 Atm. abs. als obere, 2,5 als unteren Druck.

Um die Fläche nicht aufzeichnen zu müssen, ermitteln wir  $i_m$  rechnerisch aus  $\sum (i_i)$ : n, wobei unter n die Zahl der Ordinaten (d. h. Wärmeinhalte), aus der  $\sum (i_i)$  gebildet wird, zu verstehen ist. Wir begehen jedoch keinen grossen Fehler, wenn wir diese Rechnungsweise umgehen, und nur überschlägig aus der Tabelle oder dem Entropiediagramm den zum Mittelwert  $p_m = (p_1 - p_2) : 2$  gehörigen Wärmeinhalt unmittelbar ablesen. So ist zum Beispiel der Wärmeinhalt des Mitteldruckes 6,75 Atm. abs. von 11 und 2,5 Atm. abs. fast genau gleich dem wahren Wert  $i_m = \sum (i_i) : n = 661$  W. E.

Nachdem das Kilogramm Wasser durch Selbstverdampfung von  $t_1$  auf  $t_2$  gesunken ist, bleibt noch übrig  $(1 - x)$  kg mit dem Wärmeinhalt  $(1 - x) w_2$ .

$$w_1 - xi_m = w_2 (1 - x) \\ x = \frac{w_1 - w_2}{i_m - w_2}. \quad 4)$$

Gleichung 4) stellt die Dampfmenge dar, die 1 kg Wasser von der Wärme  $t_1$  bei seiner Abkühlung durch Selbstverdampfung bis  $t_2$  abgeben kann.

Dem ganzen Speichervorrat Q kann durch Selbstverdampfung die Dampfmenge

$$D = Qx \quad 5)$$

entnommen werden. Gleichung 2) kann geschrieben werden:

$$EA\eta = Q (w_1 - w_2) + Qx (w_2 - w_3) \\ = Q [(w_1 - w_2) + x (w_2 - w_3)]$$

und daraus der Wasservorrat des Speichers in kg

$$Q = \frac{EA\eta}{w_1 - w_2 + x (w_2 - w_3)}. \quad 6)$$

Aus dem Wassergewicht findet sich das Wasservolumen durch Division durch die Dichte. Da der Speicher auch einen Dampfraum haben muss, so ist hiefür 10% zuzuschlagen.

$$V = 1,1 \frac{Q}{\rho}. \quad 7)$$

Beispiel:

100 PS. eff. = 73,6 kW. seien 12 St. lang verfügbar, also 1200 PS. St. oder 883 kWh. Man wünscht Wärme zu Heizungszwecken, zum Beispiel für Gebäudeheizung; der Heizungsdruck betrage 1,5 Atm. a) Wie gross wird der Kessel und b) wie gross der Wärmespeicher? c) Wie viel Wärme können wir zurückgewinnen?

Als oberen Druck nehmen wir, um mit den Speicherkosten nicht zu hoch zu kommen, 10 Atm. an, = 11 Atm. abs.

a) Kesselgrösse. Konstruktion und elektrische Ausrüstung seien wie beim Objekt des Verdampfungsversuchs, vide Fig. 1 und 2 und seine Beschreibung, beschaffen. Mit 883 kW. St. können wir  $EA\eta$  Wärme und  $G = \frac{EA}{i-t} \eta$  kg. Dampf erzeugen. Wenn wir den Dampf, bezw. die Wärme akkumulieren wollen, so müssen wir bei der Ladung für den Wärmeinhalt  $i$  einen Mittelwert  $i_m$  einsetzen, gerade wie bei der Entladung. Für die letztere ist  $i_m$  bereits mit 661 WE angegeben worden, ungefähr entsprechend dem Mitteldruck  $p_m = 6,75$  Atm. abs. Die Speisewassertemperatur t, auch bezeichnet mit  $t_3$ , sei = 15° Cels., der Wärmeinhalt  $w_3$  daher = 15 WE. Für den Wirkungsgrad  $\eta$  setzen wir, wie bereits angeführt, 0,87 ein.

Die Dampfmenge G wird somit =

$0,87 \times 883 \times 859 : (661 - 15) = 1020$  kg total oder 85 kg in der Stunde. Die Kesselheizfläche ist an die Produktion von 12 kg per m<sup>2</sup> gebunden (laut Versuch 11,8 bis 13,9); sie wird somit 7,1 oder aufgerundet 7,5 m<sup>2</sup>. Dies entspricht einem Siederohrkessel von ungefähr folgenden Abmessungen: 800 mm Durchmesser und 1600 mm Länge zwischen den Rohrwänden, versehen mit 47 Siederohren von 27/32 mm Durchmesser. Als Material für die letztern wäre es vorteilhaft, hartgezogenes Messing zu verwenden, wegen des leichten Wärmedurchgangs einerseits, und zur Verhinderung von Induktionswirkungen bei der Verwendung von Wechselstrom anderseits. Jedes Rohr würde eine Widerstand-Spirale aus „Nichromdraht“ von 0,9 mm Drahtdicke und ungefähr 31 m Länge in sich aufnehmen. Das Gewicht des Kessels allein mit Dom würde zirka 600 kg, einschliesslich der zirka 150 kg wiegenden Messingröhren betragen.

Es können zwei Arten der Speicherladung in Frage kommen: Unmittelbare Anwärmung des Speicherwassers im Kessel auf dem Zirkulationsweg, oder aber Erwärmung vermittelst Dampf. Wie sich die

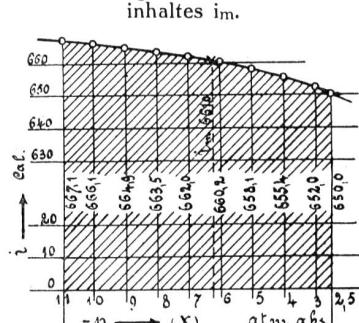


Fig. 3.

Kesselgrösse im ersten Falle bestimmt, müsste erst durch einen Versuch ermittelt werden, wahrscheinlich werden die Wirkungsgrad-Verhältnisse wegen Abwesenheit von Dampfblasen eher günstiger als im zweiten Fall, auf den sich obige Rechnung bezieht.

b) Speichergrösse. Sie wird nach Formeln 6) und 7) berechnet, dabei sind folgende Werte einzusetzen:

	Speise- wasser.	vor der Ladung.	nach der Ladung.
Wärmeinhalt des Wassers WE.	$w_3 = 15$	$w_2 = 127,7$	$w_1 = 185,8$
entsprechend der Temperatur 0°Cels. und den Drücken Atm. abs.	$t_3 = 15$ $p_3 = 1$	$t_2 = 126,7$ $p_2 = 2,5$	$t_1 = 183,1$ $p_1 = 11$

Im der mittlere Wärmeinhalt des Dampfes, beträgt nach früherm 661 WE.

Die einem kg Wasser von  $183,1^{\circ}$  bis  $126,7^{\circ}$  (10 bis 1,5 Atm.) entnehmbare Dampfmenge ist nach Formel 4):  
 $x = \frac{185,8 - 127,7}{661 - 127,7} = 0,109 = 10,9\%$ , oder 109 Gramm vom Kilogramm.

Der Wasservorrat des Speichers ist nach Formel 6):

$$Q = \frac{0,87 \cdot 883 \cdot 859}{185,8 - 127,7 + 0,109 (127,7 - 15)} = 9370 \text{ kg.}$$

und der gesamte Speicherinhalt nach Formel 7):

$V = 1,1 \cdot 9370 : 0,883 = 11800 \text{ dm}^3 = 11,8 \text{ m}^3$ , wobei  $\rho$ , die Wasserdichte, mit 0,883 entsprechend dem obern Druck von 10 Atm. eingesetzt ist.

Wählen wir als Hohlkörper für den Speicher einen Zylinderkessel von 1,5 m innern Durchmesser und gewölbten Böden, so müsste dessen Zylinder 6 m hoch gemacht werden.

Das Eigengewicht des nackten Speichers beträgt, Überlappungsnietung vorausgesetzt, zirka 4300 kg.

Aus Platzersparnis wird man den Speicher vertikal stellen: der Kessel käme darunter zu liegen.

Zur gesamten Speicheranlage gehören auch noch Isolierungen, Rohrleitungen und Armaturen; unter den letztern ist vor allem ein zuverlässiges Reduzierventil zu erwähnen, das bei der Entladung den gewünschten, untern Druck durch Drosselung herbeiführt und konstant erhält.

c) Die dem Speicher entziehbare Wärme ist gleich der mitgeteilten, vermindert um die Verluste. Ohne Berücksichtigung der letztern wird nach Formel 5) die entnehmbare Dampfmenge

$$D = Qx = 9370 \cdot 0,109 = 1020 \text{ kg}$$

was mit den Voraussetzungen übereinstimmt.

Wenn der Speicher gut isoliert und vor Luftzug bewahrt wird, so sollte der Verlust sehr gering, der Wirkungsgrad dementsprechend hoch ausfallen; der Verfasser schätzt ihn für den Behälter allein bei täglichem Betrieb auf 96—97 %. Von den Rohrleitungen und Armaturen dürfte allerdings das Reduzierventil ein ziemlich empfindliches Organ abgeben; es kann auch nicht so gründlich isoliert werden. Der Wirkungsgrad der gesamten Speicheranlage ist demnach auf 94—95 % einzuschätzen und derjenige der Gesamtanlage einschliesslich Kessel auf mindestens  $0,87 \cdot 0,94 = 82\%$ . Von der elektrisch erzeugten Dampf-

menge  $G = 1020 \text{ kg}$  erhalten wir aus dem Speicher somit noch  $0,94 \cdot 1020 \approx 960 \text{ kg}$  Dampf zurück; das entspricht, bei 7,5 facher Verdampfung, einer Kohlemenge von zirka 130 kg oder Fr. 6,50 im Tag, und rund Fr. 2000 im Jahr (300 Arbeitstage), die Tonne Kohle zu Fr. 50 gerechnet. Daraus kann Zins und Amortisation sicher bestritten und event. auch noch etwas für die Stromkosten ausgeworfen werden, sofern der Gebrauch des Akkumulators täglich stattfindet. Dagegen steht, auch bei kostenlosem Stromanfall, eine solche Anlage auf der Grenze der Wirtschaftlichkeit, sobald nur am Sonntag für die Woche akkumuliert würde.

Resumé. Um 100 PS. elektrischer Energie in Wärme umzuwandeln, braucht es einen elektrisch geheizten Kessel von  $7,5 \text{ m}^2$  Heizfläche. Um die von diesem Kessel während 12 Stunden erzeugte (d. h. die aus 1200 PS./St. umgewandelte) Wärmemenge in Heisswasser zu akkumulieren, ist ein Speicher von  $12 \text{ m}^3$  Inhalt und 10 Atm. Druck mit einem Wasservorrat von zirka 9400 kg nötig. Wir erhalten dann zirka 82 % der in Wärme umgewandelten elektrischen Energie oder 960 kg Dampf von  $1\frac{1}{2}$  Atm. zurück. Dabei ist der Wirkungsgrad des Kessels allein zu 87 %, des Speichers allein zu 94 % angenommen und von beiden würde er demnach insgesamt 82 % betragen.

Als weiteres Beispiel könnte der Ersatz eines (kohlenbeheizten) Kornwallkessels von  $100 \text{ m}^2$  Heizfläche mit einer mittlern Dampferzeugung von  $16 \text{ kg/m}^2$ , also 1600 kg in der Stunde durch einen elektrisch geheizten Kessel angeführt werden. Es müsste hierzu ein solcher von zirka  $130 \text{ m}^2$  Heizfläche in Aussicht genommen werden und die elektrische Energie müsste dauernd 1330 kW. betragen zur Hervorbringung der gleichen Dampfmenge.

Wollten wir die zehnstündige Tagesleistung eines solchen Kessels, also 16,000 kg Dampf, einem Akkumulator entnehmen, so müsste dessen Grösse 180 bis  $190 \text{ m}^3$ , der Wasserinhalt zirka 150,000 kg und die verfügbare elektrische Energie 14,500 kWh. betragen. Es würde also ungeheuerer Installationen bedürfen.

Eine andere einigermassen in Betracht fallende Möglichkeit für die Verwendung von Elektrizität im Dampfkesselbetrieb wäre das Warmhalten von Reservekesseln in Elektrizitätswerken. Schon heute wird an einigen Orten die Sache so gemacht, dass elektrische Widerstände in den Herd eingeschoben und in den Perioden geringer Stromabgabe erwärmt werden. Diese Anordnung besitzt jedenfalls nur einen ganz geringen Nutzeffekt. Mit einem richtig an die Reservekessel angeschlossenen kleinen elektrisch geheizten Dampfkessel könnte also an Strom bedeutend gespart werden.

Hervorzuheben ist noch, dass sich für diese Art der Energie-Aufspeicherung Abfallkraft sehr gut eignet, denn es kann jedes überschüssige kW und zu jeder Zeit so in Wärme umgesetzt und dem Speicher zu-

geführt werden. Das Stromsystem ist gleichgültig. Das beliebige Ein- und Ausschalten des Stroms, also die zeitlich unbeschränkte Speicherungsmöglichkeit, ist eine Eigenschaft, die von den Elektrikern sehr geschätzt und bei derlei Fragen häufig in den Vordergrund gerückt wird. Die Dampfentnahme ist ebenfalls weder an Zeit noch Menge gebunden; die Entladung kann auch beliebig lange zurückgehalten werden, ohne Schädigung des Speichers. Eine namhafte Wartung erfordert weder Kessel noch Speicher.

Das sind alles Eigentümlichkeiten, die noch einen gewissen Trost bedeuten, bei der für die Industrie sonst verzweifelt schlechten Bedingungen der Umwandlung von Energie in Wärme.



## Schneegewichte und Schneehöhen der zehn Jahre 1906 bis 1916 auf den Bündner Alpenpässen.

Von H. Streng, senior, St. Moritz.

Die aussergewöhnlichen Witterungsverhältnisse des Winters 1916/17 haben die Aufmerksamkeit weiterer Kreise auf die Schneeverhältnisse der Heimat gelenkt. Während sonst gewöhnlich nur über Schneehöhe gefragt und geantwortet wird, kann heute auch die Frage des Schneegewichtes behandelt werden.

Mit dem Jahre 1906/7 (Amtsantritt des Kantonsingenieurs Solca) werden von den Bündner Bezirksingenieuren auf 30. März je drei Gewichtsermittlungen an jeder Meßstelle über das Gewicht des Schnees gemacht. Die Ergebnisse sind jeweils in den Beichten des Kleinen Rates an den Grossen Rat unter Strassenunterhalt (C II B a) zu finden.

Es werden hier 11 Pässe behandelt, deren niedriger + 1811 m (Maloja) und deren höchster + 2512 m (Umbrail) hoch liegt, also eine Höhenzone von vollen siebenhundert Metern umfassen.

Tabelle 1. Bündner Alpenpässe  
in der Höhenfolge mit den Zeiten ihrer Öffnung für das Rad 1908 bis 1916

		m		§)
1	Umbrail . .	2512	25. Mai 1915 — 19. Juni 1910	25
*	(Grosser St. Bernhard)	2472		
*	(Furka)	2436		
2	Flüela . .	2370	10. Mai 1909 — 14. Juni 1914 u. 1916	35
3	Bernina . .	2334	14. Mai 1908 — 15. Juni 1916	32
	Albulaa . .	2313	Eröffnung der Albulabahn 1903	
4	Julier . .	2287	26. April 1909/15 — 24. Mai 1916	28
5	Ofenberg . .	2155	29. März 1915 — 27. April 1916	29
*	(Grimsel)	2165		
6	Splügen . .	2117	11. Mai 1909 — 21. Juni 1916	41
	(Gotthard)	2114		
7	St. Bernhardin	2063	9. Mai 1909 — 28. Juni 1915	50
8	Oberalp . .	2052	29. Mai 1909 u. 1913 — 2. Juni 1910	41
*	(Simplon)	2010		
9	Lukmanier . .	1842	30. Mai 1912 u. 1913 — 1. Juli 1913	32
10	Maloja . .	1811	15. März 1913 — 4. Mai 1916	50
*	(Brünig) . .	1001		

\*) Ausserbündnerische Alpenpässe.

§) Abstand in Tagen zwischen den Eröffnungsterminen 1908—1916; frueste Öffnung fürs Rad 15. März 1913 Maloja, späteste Öffnung fürs Rad 1. Juli 1911 Lukmanier. Abstand 108 Tage.

Tabelle 2.

## Schneehöhe gemessen am 30. März (in Centimeter)

Jahr	Pass-Name									
	Umbrail	Flüela	Bernina	Julier	Ofenberg	Splügen	Bernhardin	Oberalp	Lukmanier	Maloja
Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1906	—	340	250	170	—	220	210	285	85	95
1907	—	360	201	175	—	240	215	315	70	55
1908	110	230	230	125	345	190	200	210	—	50
1909	115	170	110	110	343	—	180	200	80	50
1910	140	—	360	190	336	270	280	295	105	180
1911	—	—	270	160	—	270	300	275	131	180
1912	185	—	310	240	525	240	270	220	80	130
1913	200	160	150	170	550	140	180	200	70	20
1914	150	320	?	—	402	170	190	310	80	—
1915	300	280	?	170	523	280	320	300	150	80
1916	180	250	?	240	460	385	400	300	200	260

Mittelzahlen werden hier keine errechnet, da die Schneehöhen des gleichen Tages bei 700 m Höhenunterschied dem Berichterstatter nicht vergleichbar erscheinen. Wohl geben die Zahlen aber einen Begriff, um welche ausserordentlichen Massen es sich handelt, und welches Schmelz-Produkt der Fluss-Beobachter zu erwarten hat.

Tabelle 3.

## Schnee-Gewichte Mittel von je drei Beobachtungen kg.m<sup>3</sup>

Jahr	Beobachtungen										Jahresmittel
	Umbrail	Flüela	Bernina	Julier	Ofenberg	Splügen	Bernhardin	Oberalp	Lukmanier	Maloja	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1906	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1907	—	529	356	358	—	327	395	472	—	453	7 413
1908	—	465	240	350	345	344	358	385	—	425	7 382
1909	—	535	394	300	331	343	—	353	400	410	— 8 383
1910	—	431	—	657	530	336	387	343	410	530	402 9 447
1911	—	—	630	410	—	445	445	444	395	575	7 478
1912	—	—	642	629	525	420	443	400	490	583	8 516
1913	—	484	392	558	435	550	399	351	480	560	— 9 467
1914	—	390	325	?	—	402	376	360	390	557	7 400
1915	—	460	437	?	403	523	383	383	438	562	375 9 441
1916	—	370	465	?	371	460	426	450	485	490	415 9 437
Beobachtungen	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Anzahl	6	7	7	9	8	9	10	10	8	7	81 436
Mittel am Ort	445	428	524	424	435	390	388	430	499	461	80 438
Höchstwert	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	anno 1912
Mindestwert	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	anno 1908
Abweichungen vom Mittel der einzelnen Stationen:											
min. + kg	75	103	214	93	99	63	45	45	104	86	kg
" %	17	24	43	22	24	16	12	10	21	19	%
max. — kg	90	101	133	205	115	55	62	55	61	122	kg
" %	21	23	25	47	27	14	16	13	12	27	%

Zur Charakterisierung der Höhenlage sei noch zum Vergleich angegeben, dass 2500 m = 8200' eng-