

Zeitschrift: Schweizerische Wasserwirtschaft : Zeitschrift für Wasserrecht, Wasserbautechnik, Wasserkraftnutzung, Schiffahrt

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 4 (1911-1912)

Heft: 24

Artikel: Norwegische Wasserkraft-Verhältnisse

Autor: [s.n.]

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-920581>

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: 29.12.2025

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

mender Energie an dem Werke gearbeitet hat und nun sein Land nie vergessen wird, was es ihm schuldet: Für Ingenieur Rudolf Gelpke.



Norwegische Wasserkraft-Verhältnisse.

An der I. internationalen wasserwirtschaftlichen Konferenz, die am 13. und 14. Juli 1912 in Bern stattfand, hielt der Sekretär des norwegischen Wasserwirtschaftsverbandes, Ingenieur Hjalmar Johansen, einen interessanten Vortrag über die Wasserkraft-Verhältnisse Norwegens. Auf mehrfachen Wunsch aus unserm Leserkreise geben wir im Folgenden den wesentlichen Inhalt des Vortrages wieder.

I.

Um die Wassermenge Norwegens festzustellen, hat das meteorologische Institut in Kristiania seit Jahrzehnten die Regenhöhen an mehr als 500 Stellen im Lande gemessen und die Ergebnisse in seinen Jahrbüchern herausgegeben. Die Resultate werden der leichteren Übersicht halber in einer jährlich erscheinenden Regenkarte graphisch zusammengestellt.

Wie man erwarten konnte, zeigen die Regenhöhen ein Maximum der Westküste entlang und gegen Osten (im Inlande) ein Minimum. Es erklärt sich das daraus, dass die vorherrschende Windrichtung an der Westküste südwestlich oder westlich ist. Die nassen Winde am atlantischen Meere geben bei Berührung mit der relativ trockenen Erdoberfläche ihren Überschuss von Feuchtigkeit ab. Man hat die Beobachtung gemacht, dass die Regenhöhe an der Windseite eines Gebirges bedeutend grösser ist als auf der anderen Seite. Man sagt, dass dieses letztere Terrain im Regenschatten liegt.

Als man anfing, die Wasserkräfte Norwegens wissenschaftlich zu bearbeiten, stiess man bald auf eine eigenartige Erscheinung. Man konstatierte fast überall an der Westküste, dass mehr Wasser abfloss, als der Regenhöhe und dem Einzugsgebiet entsprach. Wie sollte man das erklären? Gerade durch den eben erwähnten Umstand: Die Begegnung der feuchten atlantischen Winde mit den hohen, kalten, oft schneedeckten Felsen der Küste, welche als grosse Kondensatoren wirken. Die meteorologischen Meßstationen befinden sich nämlich fast alle in niedriger Höhe, dicht beim Meere, wo die Bevölkerung wohnt, während das Einzugsgebiet eines Flusses oft eine durchschnittliche Höhe von mehr als 1000 m ü. M. hat. Man hat dann durch Abflussmessungen nach und nach festgestellt, dass die Regenhöhe pro 100 m Höhe 5 % oder etwas mehr zunimmt, je nach den örtlichen Verhältnissen, welche ja auf diesen Zuwachs grossen Einfluss haben. Dieser Überschuss kann bis 100 % betragen.

Wie aus den Kurven ersichtlich ist, schwanken die Regenhöhen an der Westküste zwischen 1,000 und 2,400 mm, während sie im Inlande nur halb so gross sind oder kleiner. Dazu kommt für die Westküste noch der Zuwachs je nach der Höhenlage der

Einzugsgebiete. Man kann mithin mit Niederschlagsmengen rechnen, die je nach der örtlichen Lage und der Höhe über Meer zwischen etwa einem halben und 3—4 m schwanken, das heisst einer Differenz von 400,000 bis etwa 3,000,000 oder 4,000,000 m³ Wasser pro km² Einzugsgebiet und Jahr.

Ob diese Wassermenge auch wirklich verwertet werden kann, hängt von dem Charakter des Geländes ab; ob viele und grosse Staubecken schon da sind, oder ohne zu grosse Kosten angelegt werden können, oder nicht. Im ersten Falle hat der Fluss eine günstige Regulierung und die Technik hat nur die Aufgabe, diese auszubessern. Im letzteren Falle entstehen gerade durch die für den Wasserausgleich notwendigen Stauanlagen grosse technische und wirtschaftliche Schwierigkeiten. Denn in vielen Fällen ist es lediglich eine wirtschaftliche Frage, wie viel Prozent von dem verfügbaren Wasser ausgenutzt werden kann, denn über das nötige Gelände kann man in der Regel verfügen, und zwar entweder durch Privatvertrag oder durch Enteignungsverfahren.

Wie viel Prozente man ausnutzen will, das ist eine Frage, die in jedem einzelnen Falle beantwortet werden muss, denn es ist ohne weiteres einleuchtend, dass es zum Beispiel ein ausgezeichnetes Geschäft sein kann, ein teures Stauwehr zu bauen, wenn die K.W.h. mit 10 Pfg. bezahlt werden kann. Wenn aber der Strom für elektrochemische Zwecke verwendet werden soll und nur 1 Pfg. pro K.W.h. kosten darf, oder noch weniger, muss die Anlage ganz anders ausgebildet werden. Das sind allgemeine Betrachtungen, die überall gelten. Speziell für Norwegen muss hervorgehoben werden, dass sich dort gerade diese Stauanlagen ausserordentlich billig gestalten und häufig einen vollständigen Wasserausgleich gestatten, auch in Fällen, wo der Strom sehr billig sein muss. Es erklärt sich das daraus, dass erstens die Stauwehre im allgemeinen direkt auf Felsen fundiert werden können und die Baumaterialien zum grossen Teil an Ort und Stelle vorhanden sind, und dass zweitens das überschwemmte Gelände sehr oft unbewohnt und die Entschädigung deshalb sehr gering ist. (Siehe Abbildung 1.)

Wenn man die Ausgaben für Regulierungsanlagen in Norwegen und anderswo vergleicht, stellt sich heraus, dass sie bei uns pro m³ Stauraum ausserordentlich niedrig sind, zum Beispiel nur 1—5 Pfg., gegen das Vielfache in Mitteleuropa. Wenn man dabei noch bedenkt, dass die Wirkungskraft eines Staubeckens umso grösser ist, je kleiner die sekundliche Wasserführung und je grösser die Fallhöhe, und weiter noch, dass bei uns die kleinen Wassermengen (und grossen Fallhöhen) gerade am häufigsten sind, so ist es klar, dass die Vorteile der billigen Staubecken eigentlich viel grösser sind als aus diesem Vergleich ersichtlich. Um ein richtiges Mass zu finden, müsste man diese Ausgaben auf die durch

künstliche Stauung erzeugte konstante P.S. verteilen. Dazu haben mir aber — besonders für ausländische Anlagen — die nötigen Unterlagen gefehlt. Kommensurable Zahlen sind auch aus dem Grunde schwer aufzustellen, weil im einen Fall nur konstante Kraft erzeugt wird und im anderen zum grossen Teil Saisonkraft.

Für die Bestimmung der Wasserkräfte hat man ausser der verfügbaren Wassermenge auch nötig, die Einzugsgebiete zu kennen. In dieser Beziehung hat der frühere Direktor der norwegischen Wasserstrassen, Sætern, eine grundlegende Arbeit geleistet, indem er eine hydrographische Karte in 1 : 500,000 herausgegeben hat. Die Ausdehnung der Einzugsgebiete in km² ist darin eingetragen und zum grossen Teil auch die Höhenlage der Seen. Wir kennen also jetzt ungefähr die verfügbaren Wassermengen und das Gelände und können uns von der Regulierbarkeit der Wasserführung ein Bild machen.

Dann kommen wir zur Fallhöhe. Ausnahmen gibts ja überall. In der Regel aber hat man an der Westküste, wie schon erwähnt, sehr hohe Berge und dementsprechend grosse Fallhöhen der Wasserläufe. Im Innern und gegen Osten fällt das Gelände allmäthlich ab, das heisst die Fallhöhen der Wasserläufe werden naturgemäss gering. An der Westküste kommen Fallhöhen bis zu 1000 m mehrmals vor, solche zwischen 800 herunter bis 200 m sind häufig. Im Innern und östlichen Teil des Landes liegen die Fallhöhen gewöhnlich zwischen 40 und 4 m. Unter 4 m Druckhöhe hat meines Wissens keine norwegische Wasserkraftanlage. (Siehe Abbildung 2.)

Mit den Wassermengen der einzelnen Flüsse verhält es sich umgekehrt: Im Westen sind sie klein (weil die Einzugsgebiete klein sind) und im Osten gross. Die grossen Wasserkräfte kommen deshalb sowohl an ersterer wie an letzterer Stelle vor, was wirtschaftlich und technisch von grossem Werte ist.

Ein Kennzeichen, das bei der Beurteilung einer Wasserkraft von grossem Wert sein kann, ist nicht nur die Fallhöhe, sondern auch das relative Gefälle, das heisst die totale Fallhöhe im Horizontalabstand zwischen Wasserfassung und Kraftzentrale, ein Faktor, der besonders für die Ausbaukosten ausschlaggebend ist. Hier hat man dasselbe: An der Westküste die steilen Gebirgsflüsse oder -bäche und sonst die grossen, flach verlaufenden Hauptwasserläufe des Landes. Bei den letzteren gestalten sich die Verhältnisse ungefähr wie bei den übrigen bekannten europäischen Kraftanlagen. An der Westküste aber kommen Fälle vor, wo das relative Gefälle von Tunnel und Rohr zusammen bis 1 zu 4 ist, und wo eine Neigung des Rohrstranges von 45° keine Seltenheit ist. (Siehe Abbildung 3.)

Nachdem wir die zwei grundlegenden Faktoren der Wasserkräfte kennen gelernt haben, ent-

steht die Frage: Wie gross ist die gesamte Wasserkraft Norwegens? Die Beantwortung ist oft versucht worden; ich will einen Teil der Schätzungen wiedergeben. Ingenieure, die mit der Ausnutzung norwegischer Wasserkräfte vertraut sind, haben die gesamte Wasserkraft Norwegens zu 1—2 oder 2—3 Millionen P.S. angenommen. Diese Zahl beruht lediglich auf Schätzung. Sie ist auch älteren Datums.

Vor wenigen Jahren stiess ich auf einen anderen Versuch, die Frage zu beantworten. Der Verfasser nahm das ganze Areal Norwegens und setzte eine

Verhältnis zwischen

Gesamter Staubeckeninhalt in % des mittleren Jahresabflusses.

und

Regulierte Wassermenge

für Gewässer Nordost-Norwegens.

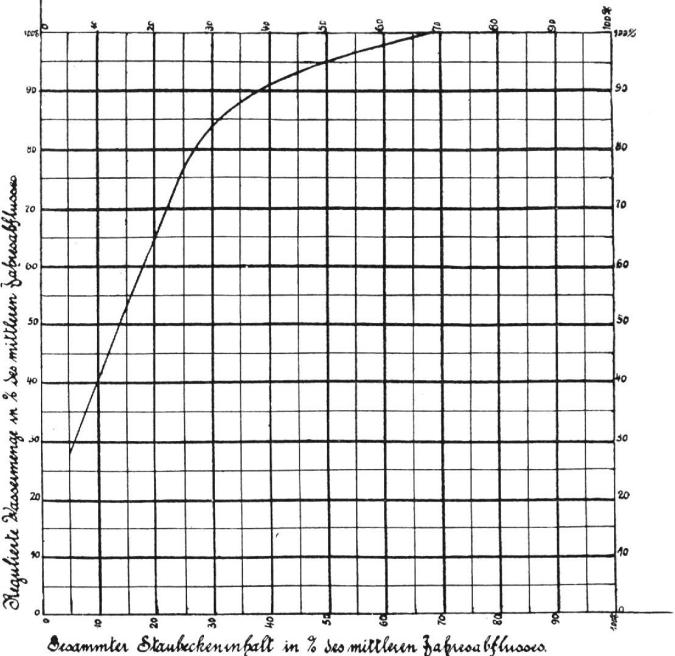


Abbildung 1.

mittlere Höhe über Meer und eine mittlere Regenhöhe voraus. Auf diese Weise kam er zu dem Resultat, dass in Norwegen 28,000,000 P.S. zur Verfügung ständen; eine Zahl die höchstens als theoretischer Grenzwert Interesse haben kann. Zwischen diesen Zahlen liegt wohl die richtige.

Herr Professor Holz in Aachen hat 1902 die Gesamtwasserkräfte Norwegens bei Mittelwasser auf 30,000,000 P.S. geschätzt. Bei demselben Ausnutzungskoeffizienten wie für die bayerischen Alpen von 37% kommt er auf zirka 11,000,000 Natur-P.S., was etwas über 8,000,000 P.S. auf die Turbinenwelle entspricht.

Als vorläufiges Resultat meiner eigenen Sammelarbeit hat sich ergeben, dass sich jedenfalls jetzt



Abbildung 2. Feigum Kraftanlage. Sogn. Norwegen „Feigumfos“.

schon etwa 8,000,000 effektiver P.S. nachweisen lassen. Ausgebaut sind heute nur 6—7 % hiervon.

II.

Betrachten wir nun die Kosten der Ausnutzung.

Die norwegischen Wasserkräfte oder ein grosser Teil davon besitzen in wirtschaftlicher Beziehung zwei grosse Vorteile; eine seltene Billigkeit der Baukosten und eine ausserordentlich günstige Lage den Welt-Verkehrszentren gegenüber.

Zunächst die Baukosten: In Europa und in Amerika wird ein Betrag von 400 Mark pro elektrische P.S. als eine billige Anlage angesehen. Aus Italien liegen Berichte vor, dass im Laufe der letzten Jahre 600,000 P.S. ausgebaut worden sind, mit einem Aufwand von 500,000,000 Mark, das heisst im Durchschnitt über 800 Mark pro elektrische P.S. Wenn für die Fernleitungen je nach der Entfernung 1 bis 200 Mark abgehen, bleiben immer noch 6—700 Mark pro elektrische P.S. für die eigentlichen Kraftanlagen zurück. In Norwegen dagegen sind wiederholt Kraftanlagen gebaut worden, die nur 200 Mark pro P.S. kosten, alles inbegriffen, auch die Wasserkraft selbst. Das P.S.-Jahr kostet dann nur 20 Mark, das K.W.-Jahr 27 Mark und die K.W.h. ungefähr $\frac{1}{3}$ Pfennig, und das ist, wie gesagt, nicht etwa Überschusskraft, sondern konstante Kraft in jedem beliebigen Quantum. Selbstverständlich ist dabei vorausgesetzt,

dass es sich um kontinuierlichen Betrieb handelt, wie in den elektrothermischen Grossbetrieben üblich, und permanente Vollbelastung der Kraftzentralen, wie in vielen Fällen schon durchgeführt. Das sind die Selbstkosten der Kraftgesellschaften bei gewöhnlicher Verzinsung und Abschreibung.

Kraftkonsumenten, die selbst das Anlagekapital beschaffen wollen, können also diesen Preis erreichen. Wenn man aber vorzieht, das Risiko und die Auslagen für die Kraftanlagen anderen zu überlassen, und die nötige Kraft mieten will, muss man mit $\frac{1}{2}$ Pfennig pro K.W.h. rechnen oder unter Umständen etwas weniger. Zu solcher Miete gibt es gute Gelegenheit sowohl bei privaten wie bei staatlichen Kraftwerken; diese müssen allerdings erst gebaut werden.

Wir kommen zu der Lage der Kraftzentralen den grossen Verkehrszentren gegenüber. Wie aus der Landkarte hervorgeht, schneiden fast überall die Fjords tief ins Land hinein. Eine Reihe von Kraftzentralen kann deshalb direkt an schiffbaren Quais angelegt werden. Hindernisse von Eis kommen vor, aber nicht überall und sie sind oft von ganz kurzer Dauer und geringer Bedeutung. Nun ist es eine Tatsache, dass beinahe jeder Rohstoff eine billige Seefracht vertragen kann; sehr viele Rohstoffe können per Schiff direkt an die Stromquelle gebracht, im elektrischen Ofen mittelst eines ausserordentlich billigen Stromes verarbeitet und wieder als fertige Ware exportiert werden, ohne andere Ausgaben zu veranlassen, als die reinen Fabrikationskosten, die durch den billigen Strom auf ein Minimum reduziert sind.

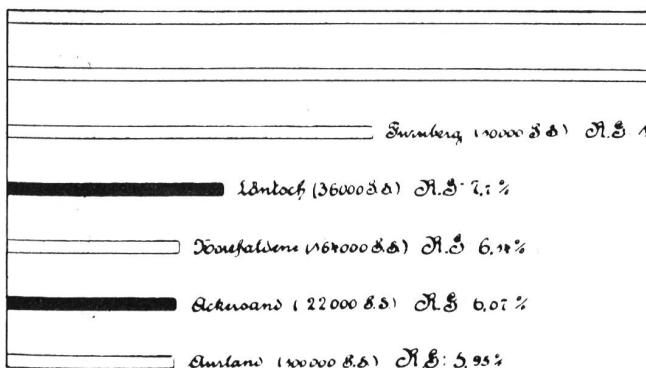
Man hat hier also Gelegenheit, eine Produktion unter Verhältnissen durchzuführen, die in dieser Vereinigung nicht oft nachgewiesen werden können.

Bis jetzt habe ich die wirtschaftlichen Lichtseiten des Bildes gezeigt; ohne Schatten kommt aber kein Bild zu Stande, und ich möchte deshalb auch diese untersuchen.

Es kommt da zunächst der Umstand in Betracht, dass im Lande selbst — hauptsächlich wegen der dünnen Bevölkerung von nur 6—7 Menschen auf den km², zurzeit wenig Bedarf für die ungeheuren Wasserkräfte vorhanden ist. Es werden allerdings von Jahr zu Jahr erhebliche Mengen von Wasserkräften ausgebaut, aber trotzdem bleibt immer noch so viel, dass der Vorrat nicht so schnell erschöpft sein wird.

Ein zweiter Übelstand ist der, dass die allgemeine industrielle und kommerzielle Entwicklung des Landes nicht so weit vorgeschritten ist, dass die neueren elektrothermischen Prozesse und der Absatz ihrer Produkte im Lande selbst genügend bekannt, und dass die Kreise der Kapitalisten damit vollständig vertraut geworden wären. Sie sind gewöhnt, sich für Schifffahrt zu interessieren,

Hochdruckanlagen



Niederdrukkanlagen

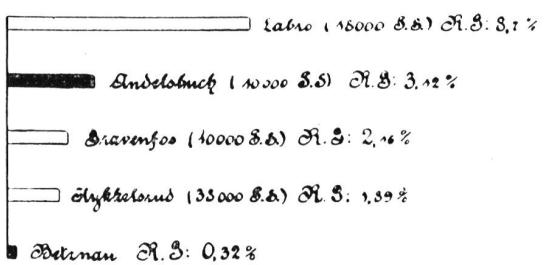


Abbildung 3. Relative Gefälle einiger Wasserkraftanlagen.

Schweiz. Norwegen.
Maßstab: 10% Gefälle = 4 mm.

und wenn es hoch geht für Holzschliff, neuerdings auch für Papierindustrie.

Drittens verlangt der Ausbau von Wasserkräften ziemlich grosse Kapitalien, welche — wenn auch vorhanden — doch nicht derart organisiert sind, dass es leicht ist, sie für industrielle Zwecke zu mobilisieren. Ich denke dabei hauptsächlich an die Tatsache, dass zurzeit noch keine eigentliche Emissionsbank in Norwegen besteht, welche neu auftauchende industrielle Möglichkeiten finanzieren könnte.

Aus diesem Grunde, und weil die nötigen Kapitalien sehr gross waren, wurde die norwegische Salpeterindustrie, in der jetzt über 100,000,000 Mark investiert sind, hauptsächlich in Paris finanziert. Ihre jährliche Produktion hat schon einen Wert von 20,000,000 Mark.

Später hat man einige Elektro-Eisenanlagen im Lande selbst gegründet. Das geschieht auf die Weise, dass eine Einladung zur Aktienzeichnung öffentlich ausgelegt wird. Bei Vollzeichnung des Kapitals liegen die Aktien von vornherein in sehr vielen Händen; wenn nun eine Fabrik nicht gleich eine gute Dividende gibt, werden die Aktionäre ungeduldig, verkaufen die Aktien unter pari, und für den Fall, dass etwas mehr Kapital nötig wird — wie es bei der Einarbeitung neuer Industrien oft der Fall ist — sind die Schwierigkeiten sofort da. Werden die Aktien in wenigen Händen zusammengehalten,

bis man die Versuchsstadien hinter sich hat, ist man im allgemeinen viel günstiger gestellt, und die industrielle Entwicklung des Landes schreitet sicherer und schneller vorwärts.

(Schluss folgt.)

Schweizer. Wasserwirtschaftsverband

Versicherung gegen Hochwasserschäden. Das an der I. internationalen wasserwirtschaftlichen Konferenz in Bern gewählte provisorische Komitee betreffend Wasserschadenversicherung bestehend aus Vertretern des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes, des Wasserwirtschaftsverbandes der österreichischen Industrie und des Verbandes Bayrischer Wasserkraftbesitzer, wird sich Samstag den 5. Oktober 1912 im Sitzungssaal des Bayrischen Industriellen-Verbandes in München zu seiner ersten Sitzung versammeln. Zur Behandlung gelangen folgende Traktanden:

1. Protokoll der Berner Konferenz.
2. Mitteilungen und Anträge der Herren Dr. F. Hertz und Ingenieur A. Härry betr. Wasserschadenversicherung.
3. Besprechung und Beschlussfassung über das weitere Vorgehen in der Versicherungsfrage.
4. Definitive Konstituierung des Komitees.
5. Unvorhergesehenes.

Vom schweizerischen Wasserwirtschaftsverband werden an der Sitzung als Vertreter teilnehmen: Nationalrat E. Will, Präsident, Dr. O. Wettstein, II. Vizepräsident, und Ingenieur A. Härry, Sekretär.

Archiv der schweizerischen Wasserwirtschaft. Das Sekretariat des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes hat der Presse folgende Mitteilung zugestellt:

„Kürzlich erliess der Verein für Schifffahrt auf dem Oberrhein in der Presse einen Aufruf, in dem auf die Notwendigkeit einer Zentralstelle der wasserwirtschaftlichen Literatur hingewiesen und zu Beiträgen aufgefordert wurde.

Um Missverständnissen entgegenzutreten, sei daran erinnert, dass der Schweizerische Wasserwirtschaftsverband schon seit mehr als zwei Jahren eine solche Zentralstelle besitzt, die beauftragt ist, Interessenten mit Auskünften und Literatur aus dem wasserwirtschaftlichen Gebiet zu dienen. Sie ist denn auch fortwährend lebhaft in dieser Hinsicht tätig.

Die Bibliothek umfasst fast sämtliche auf die Wasserwirtschaft Bezug habenden Gesetze und Verordnungen, die Geschäftsberichte der schweizerischen Elektrizitätswerke, technische und wirtschaftliche Veröffentlichungen über Wasserkraftnutzung, Wasserbau, Wasserversorgung, Schifffahrt usw.

Auch die reichhaltigen Bestände der Bibliothek der Eidgenössischen Technischen Hochschule an wasserwirtschaftlicher Literatur stehen zur Verfügung. Ein Katalog, der zum Preise von Fr. 2 zu beziehen ist, erleichtert die Benutzung der Sammlungen.

Die Bibliothek steht Interessenten im Bureau der ständigen Geschäftsstelle, Zürich I, Paradeplatz No. 2, zur Benutzung offen. Die gleiche Stelle erteilt auch gerne unentgeltliche Auskunft in Fragen der schweizerischen Wasserwirtschaft.“

Bibliothek. Dr. A. Ersterer. Die wirtschaftliche Bedeutung der Talsperren. Halle a. S. Druck und Verlag von Wilh. Knapp. 1911.

Denkschrift des wasserwirtschaftlichen Verbandes zum Entwurf eines preussischen Wassergesetzes vom Dezember 1911. Berlin 1912. Jul. Sittenfeld.

R. Billwiler jun. Ein neues Modell eines geschützten Regenmessers. Separatabdruck aus der Meteorologischen Zeitschrift. Druck und Verlag Vieweg & Sohn, Braunschweig.

Die Niederschläge und Hochwasserkatastrophe vom 14. bis 15. Juli 1910 und ihre Ursachen. Separatabdruck aus den