

Zeitschrift: Schweizer Schule
Herausgeber: Christlicher Lehrer- und Erzieherverein der Schweiz
Band: 49 (1962)
Heft: 4: Vom Segen des Wassers

Artikel: Gebändigte Wasserkräfte
Autor: Bögli, Alfred
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-528959>

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: 16.02.2026

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

erhalten, was ihr nötigenfalls ermöglicht, die lebensnotwendigen Güter ins Land zu bringen, ohne daß die umliegenden Staaten beansprucht werden müssen. Dieser Vorteil zeigte sich besonders deutlich während des Zweiten Weltkrieges, da – mit Ausnahme der ersten und letzten Kriegsperiode, die den Rhein zum unmittelbaren Kampfgebiet werden ließen – beträchtliche Mengen dringend benötigter Güter auf dem Rhein in unser Land gebracht werden konnten. (Siehe auch die Beiträge über Basler Rheinhafen und Güterumschlag in Sondernummer «Baselstadt», Schweizer Schule 1960/61, S. 441 ff.)

Gebändigte Wasserkräfte

Dr. Alfred Bögli, Hitzkirch

Chemisches und physikalisches Verhalten des Wassers bestimmen seine Nützlichkeit. Es ist als Energieträger von überragender Bedeutung. Die in ihm innewohnenden Energien zeigen sich im Druck (potentielle oder Lageenergie), in der Bewegung (kinetische oder Bewegungsenergie) oder in der thermischen Wirkung von Abkühlung und Erwärmung (Wärmeenergie). Überschreitet der Energiegehalt das übliche Maß, auf das die Umwelt eingestellt ist, so wirkt sich die Energie verheerend aus. Ein wild dahinbrausender Bergfluß, ein donnernder Wasserfall oder das wogende Meer stehen mit ihrer Umgebung im Gleichgewicht und ändern sie kaum. Bei Hochwasser oder Sturm steigt der Energieinhalt des Wassers über das gewohnte Maß hinaus; es greift die Ufer an und zerstört sie. Im Innern des Berges steigt der Druck unterirdischer Wasseradern und schafft sich neue Wege. Nur selten bringt in der Natur das Wasser ein Übermaß an Wärmeenergie mit sich, etwa in Vulkangebieten, wo Wasserdampf bei katastrophalen Ausbrüchen den Hauptteil an den Explosionen trägt.

Der Mensch hat gelernt, sich die ans Wasser gebundenen Energien nutzbar zu machen, wenn er auch nicht imstande ist, alle Wasserkräfte zu bändigen.

In Larderello, in der Mitteltoskana, ist der ganze Untergrund von hoherhitzen Wasser und Wasserdampf gefüllt. Heute wird dieses Dampfreservoir angebohrt und genutzt. Hunderttausende von Kilowatt installierter Leistung erzeugen Milliarden von Kilowattstunden mit Hilfe dieses Erddampfes. Die so gewonnene Elektrizität treibt vor allem die italienischen Staatsbahnen. Milliarden Kilo Erddampf liefern große Mengen Düngemittel, Borsäure und Borax (siehe *Bögli, Das gebändigte Magma, Schweizer Schule*, Nr. 23, 42. Jg., 1956).

Alles Wasser trägt in sich Wärmeenergie, die es in einer kühleren Umgebung abgibt, in einer wärmeren aber vermehrt. Es braucht aber schon ganz besondere «Tricks» bei der Bändigung dieser Energien, wenn man es fertigbringt, mit kaltem Wasser Öfen zu heizen. Man nennt eine solche Maschine Wärme pumpe. Sie arbeitet nach dem Prinzip einer Kältemaschine. Jedem Besitzer eines Kühlschranks ist bekannt, daß dieser zwar das Innere kühl, auf der Rückseite aber Wärme abgibt. Im Kühlteil verdampft zum Beispiel Ammoniak und bindet dadurch Wärme. Dieses Ammoniakgas (Salmiakgeist) wird aber auf der Außenseite wieder durch Druck verflüssigt, wobei es sich erwärmt. Beim Kühlschrank ist diese Wärme Abfall. Erwärmst man nun den Kühlteil durch See- oder Flusswasser, das dabei zugleich abgekühlt wird, dann ist die Erwärmung auf der andern Seite um so stärker. Sie kann so hoch steigen, daß sie zum Heizen ausgenützt wird. Der Wärmegewinn ist bei der Wärmepumpe zwei- bis dreimal größer als die für den Betrieb benötigte Energie. Solche Heizungen arbeiten somit vorteilhaft und sind in vielen Betrieben installiert. In Zürich wird das Limmatwasser durch die Wärmepumpe einer großen Fernheizung ausgenützt. In der Milchsiederei Hochdorf dient sie zum Eindampfen der Milch.

Für die Kühlung ist das Wasser unentbehrlich. Gewaltige Energiemengen werden so umgesetzt. Wie groß die Bedeutung des Kühlwassers sein kann, ist am besten beim Hochofen zu zeigen. Jede Tonne gewonnenes Roheisen verlangt 20 m³. Da ein größerer Hochofen 1500 t Eisen als Tagesleistung aufweist, so bedeutet das 30 000 m³ täglich oder 21 m³ in der Minute. In großstädtischen Verhältnissen rechnet man mit einem täglichen Wasserbedarf von 400 Liter pro Kopf, Industrien mit eingerechnet. Ein solcher Hochofen verbraucht nun ebensoviel Wasser, wie für Luzern als Maximalbedarf berechnet wurde. Grö-

Bere Hochofenwerke umfassen bis zu zehn Hochöfen und benötigen so viel Wasser wie Zürich. Allerdings sind die Ansprüche an die Qualität gering. Meist sind mit den Hochöfen auch Stahlwerke mit ebenfalls bedeutendem Wasserbedarf verbunden. Zudem ballen sich die Menschen in solchen Industriegebieten, so daß im Ruhrgebiet fünf Millionen beisammen wohnen. Daher reichen die Niederschläge bei weitem nicht mehr aus, den Bedarf zu decken, und es muß Wasser von weit her zugeführt werden.

Wenn man aber von gebändigten Wasserkräften spricht, dann denkt man an die Beherrschung der Bewegungsenergie, an die schadlose Vernichtung des Überschusses oder an deren Nutzung. Verbauungen, Talsperren, Dämme, Stauseen, Elektrizitätswerke sind der Ausdruck dieser Bändigung. Die Schutzmaßnahmen gegenüber Wassergefahr sind sehr vielfältig und so häufig beschrieben worden, daß wir hier auf ein näheres Eintreten verzichten können.

Die Elektrizitätswerke sind heute in der Schweiz so wichtig, daß es sich lohnt, im Rahmen dieser kleinen Studie etwas näher darauf einzugehen. Immer wieder treten bestimmte Begriffe auf, die in der Zeitung leider häufig verwechselt werden, zum Beispiel Kilowatt und Kilowattstunde. Sie seien im folgenden kurz beschrieben.

Das bewegte und damit energiebeladene Wasser prallt auf die Turbinenschaufeln und setzt die Turbine in Bewegung. Dadurch wird auch der Generator gedreht, verwandelt die Bewegungsenergie in Elektrizität und gibt sie dann in die Leitungen ab. Die Elektrizität wird in Kilowattstunden gemessen; die kWh ist damit ein Maß für die Energie. Wir beziehen die elektrische Energie vom Werk und bezahlen die kWh. Es ist aber auch wichtig, die Leistung des Generators zu kennen; das gilt übrigens für alle elektrischen Apparate und Maschinen. Die Leistung ist die Energiemenge, die ein elektrisches Gerät irgendwelcher Art im günstigsten Falle in der Sekunde entweder abgibt oder verbraucht. Wir müssen daher den Wert der erzeugten oder verbrauchten Energie durch die Zeit teilen. Es bleibt die Anzahl Kilowatt = kW. Für jeden Generator, aber auch für jeden Elektromotor und elektrische Öfen ist die Leistungseinheit Kilowatt, während für die Lampen der tausendste Teil, das Watt, gebräuchlich ist.

Die Leistung der Turbinen wird aber in PS (Pferdestärke) gemessen. Zahlenmäßig ist 1 PS = 0,736 Kilowatt. Da immer wieder die Frage auftaucht, wie-

viel Elektrizität ein Gewässer zu liefern imstande sei, möge hier eine Berechnung der möglichen Leistung folgen. Dabei stützen wir uns zum Teil auf den schweizerischen Ingenieurkalender unter starker Vereinfachung der Gleichungen. Es wurde außerdem darauf verzichtet, die Reibungsverluste in den Druckleitungen der Hochdruckwerke mit einzubeziehen.

Die Leistung einer Turbine in PS berechnet sich zu 10 mal nutzbares Gefälle H in Meter mal sekundliche Wassermenge Q in m³

$$L = 10 \cdot H \cdot Q \text{ PS}$$

Bei der Umwandlung mechanischer Energie in elektrische ergeben sich aber im Mittel 5 Prozent Verluste. Der Wirkungsfaktor beträgt somit 95 Prozent. Da außerdem 1 PS = 0,736 kW entspricht, so lautet die Formel für den Generator:

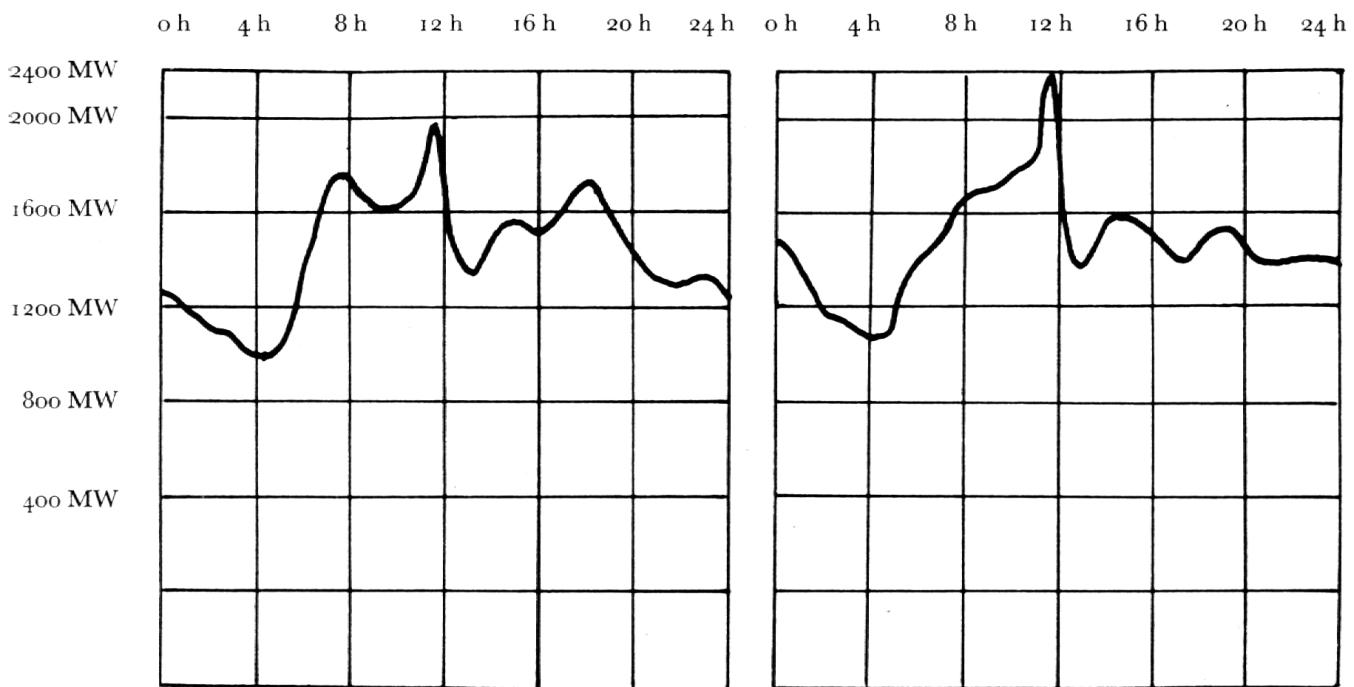
$$L = 10 \cdot 0,736 \cdot 0,95 \cdot H \cdot Q \text{ kW} = 7 \cdot H \cdot Q \text{ kW}$$

Dabei ist schon mit berücksichtigt, daß die Turbine die angebotene Energie nur zu 75 Prozent ausnützen kann.

Bei der Einteilung der Kraftwerke werden zwei Gesichtspunkte berücksichtigt: einerseits die Druckhöhe des Wassers, anderseits die Verarbeitungsweise des Wasserangebotes. Nach dem einen unterscheiden wir Hoch- und Niederdruckwerke, nach dem andern Lauf- und Speicherwerke.

Die oben angeführte Gleichung zeigt, daß die Leistung mit größerer sekundlicher Wassermenge und zunehmender Höhe steigt. Bei gleicher Leistung müssen daher Niederdruckwerke große Wassermengen mit kleinem Gefälle, Hochdruckwerke dagegen kleine Wassermengen mit großem Gefälle verarbeiten. Daraus läßt sich auch auf die geographische Verteilung dieser Werke schließen. In den Alpen sind die Wassermengen eher klein bei großen Höhenunterschieden: es entstehen Hochdruckwerke. Im Mittelland und im Rheintal strömen wasserreiche Flüsse mit geringem Gefälle dahin, die Voraussetzung für Niederdruckwerke. Im Jura sind die verwendbaren Höhenunterschiede der Flüsse nicht groß bei eher kleiner Wasserführung. Hier gibt es daher keine großen Werke.

Lauf- und Speicherwerke unterscheiden sich in der Art der Verwendung des Wassers. Die Laufwerke nützen das herbeifließende Wasser sofort aus. Hochwasser können aber nicht verwendet werden, obwohl man mit ihrer Hilfe ein Maximum an Energie gewonne. Sie fließen aber im Verlaufe eines Jahres



Der Inlandverbrauch an Elektrizität, Mittwoch, den 1. Dezember 1956 und Mittwoch, den 18. September 1957. Man beachte die durch die elektrische Heizung bewirkte Verschiedenheit in den Belastungsspitzen vor allem am Morgen und

Abend. Im September ist der Einsatz der Beleuchtung zwischen 17 und 19 h als zusätzliche Spitze erkennbar.

MW = Megawatt = 1000 Kilowatt. Die Kurve gibt die eingesetzte Leistung an, da sie die Energie in der Zeiteinheit darstellt.

nur während Stunden oder weniger Tage. So brachte der Rhein 1957 nur an einem Tage eine Wassermenge von über $3000 \text{ m}^3/\text{sek}$ zu Tal. Die Wasserführung überschreitet an diesem Strom nur ausnahmsweise $1500 \text{ m}^3/\text{sek}$ und erreicht während 5 Monaten das Mittel von $1000 \text{ m}^3/\text{sek}$ nicht. Nehmen wir nun an, ein Werk werde für eine Wassermenge ausgebaut, die im Jahre nur während 5 Tagen erreicht wird. An den übrigen 360 Tagen müßte eine Turbine mit Generator stillestehen. In 5 Tagen hätte diese Gruppe nicht nur Verzinsung und Amortisation des Kapitals sowie die Kosten des Unterhaltes einzubringen, sondern auch den Gebäudeanteil und wenn möglich etwas Gewinn. Das ist bei den heutigen Strompreisen ausgeschlossen. Es ist nun Sache des Ingenieurs, auszurechnen, auf welche Wasserführung das Elektrizitätswerk eingestellt werden soll, damit es nicht mit Verlust arbeitet. Laufwerke sind gezwungen, das Wasser so zu nehmen, wie es herbeifließt, also unter Umständen sehr schmutzig. Aber jede Verunreinigung schadet den Turbinen, und zwar um so mehr, je größer der Druck ist. Darum müssen nicht nur Rechen zum Fernhalten von Konservenbüchsen und Ästen eingebaut werden, sondern auch Beruhigungsbecken, in denen sich Sand und Kies ablagern können, sogenannte Entsander. Auch die sichere Ableitung von Hochwassern, namentlich

von Katastrophenhochwassern, muß gewährleistet sein. Das sind nur einige von vielen Punkten, die zu berücksichtigen sind.

Das Speicherwerk sammelt das anfallende Wasser in einem Becken und verwendet es, wenn der Bedarf besonders groß ist. Dazu ist ein Blick auf den Gang des täglichen Elektrizitätsverbrauches notwendig. Es überschneiden sich hier die verschiedenen Ansprüche von Haushalt, Industrie und Bahn. Der größte Verbraucher ist bei uns der Haushalt. Darum ist auch zu allen Jahreszeiten der vormittägliche Stromverbrauch am größten. Zwei Spitzen zeichnen sich ab, die große Belastungsspitze zwischen 11 und 12 Uhr und die kleine Spitze zwischen 7 und 8 Uhr, die nur im Winter erkennbar ist. Die abendliche Spitze zwischen 16 und 19 Uhr ist im Winter gut ausgeprägt, im Sommer erkennbar. Die Speicherwerke setzen dann mit der Produktion ein, wenn die Laufwerke den Bedarf nicht mehr decken können. Im Extremfalle sind es Spitzenwerke, die nur zu den oben angegebenen Stunden arbeiten. Der Spitzenstrom wird besonders hoch bezahlt. Speicherwerke arbeiten daher im Gegensatz zu den Laufwerken nicht andauernd, sondern nur nach Bedarf. Speicher verlangen Staumauern, beanspruchen Land, häufig Kulturland, benötigen Stollen und Druckleitungen. All das ist teuer. Darum muß aus jedem Kubikmeter

Wasser möglichst viel Elektrizität gewonnen werden, um ein solches Werk rentabel zu gestalten. Das ist aber nur bei Hochdruckwerken gegeben. Die Grimselwerke (KWO) weisen ein Gefälle zwischen 463 m und 672 m auf, das neue Linth-Limmern-Werk 1040 m.

Häufig wird eine Mittellösung zwischen Speicherwerk und Laufwerk gebaut. Es sind Werke mit Ausgleichsbecken, in denen die zufließenden Wasser eines Tages oder gar einer Woche gesammelt und damit ausgeglichen werden. Für Spitzenzeiten stehen dann größere Wassermengen zur Verfügung. Die Nachteile der reinen Laufwerke werden hierdurch wesentlich gemildert, die Nutzungsmöglichkeiten verbessert. Viele mittelländische Kraftwerke und die Rheinkraftwerke besitzen solche Staustufen, wobei stellenweise richtige Stauseen entstehen wie der Wohlensee bei Bern (Kraftwerk Mühleberg).

Es mag sein, daß der Autor beim Thema «gebändigte Wasserkräfte» nicht ganz in die gewohnte Kerbe gehauen hat. Wer aber das Herkömmliche vermißt, der findet in vielen Büchern, auch Schulbüchern, das Gewünschte.

ges in den raffiniert ausgestatteten Baderäumen des eigenen Hauses oder der öffentlichen Thermen, die von den Kaisern auch dem einfachen Volke zugänglich gemacht wurden. Freilich entartete hier der ursprüngliche Sinn des Badens zu bloßer Genußsucht und Tagedieberei.

Begreiflicherweise war daher das frühe Christentum dem frivolen Badebetrieb aus heidnischer Zeit feindlich gesinnt, gewisse Asketen wollten gar vom Baden überhaupt nichts mehr wissen. Aber zur notwendigen Pflege von Körper und Gesundheit blieb das Bad nicht nur gebräuchlich, sondern oft waren bei den Kirchen eigene Badehäuser für die Priester, die Fremden und die Armen errichtet.

Im Mittelalter war man sich über die gesundheitliche Wirkung des heißen Wannen- und Dampfbades bewußt, aber man betrieb doch auch, vor allem in den nördlichen Gegenden, das Schwimmen in offenen Gewässern. Ja, die offenen Gewässer waren und blieben das Bad insbesondere des einfachen Volkes, was wir aus unzähligen Darstellungen und Chroniken jener Zeit wissen. Die alten Eidgenossen scheinen ganz besondere Wasserratten gewesen zu sein. In J.B. Masügers Werk «Schweizerbuch der alten Bewegungsspiele» ist Seite 106 folgendes Zitat von Simmler zu lesen: «... darzu achte ich, daß kein Volk in der Christenheit gefunden werde, welches sich also mit Schwimmen übe, daß sie über die großen See, deren viel in dem Lande sind auch mächtige und stark rinnende Wasser leichtlich schwimmen und etwann hoch hinab in die Wasser springen.»

Zeugnisse dieser Art aus unserm Lande sind nicht erst aus dem ausklingenden Mittelalter zu finden. Das Schwimmen verlor jedoch später an Bedeutung. Erst in der jüngsten Zeit – nach dem Ersten Weltkrieg – hat man den großen Wert dieser Leibesübung meistens wieder richtig erkannt und schätzen gelernt. Prof. Lorentz schreibt in «Der Gesundheitswert der Sportarten»: «Wenn eine Sportart zur Königin erhoben werden sollte, dann wäre es das Schwimmen. Nicht nur weil es hygienisch und biologisch an die erste Stelle gehört, nicht nur weil es Körper und Seele am tiefsten erquickt, nicht nur weil es das eigene und das Leben anderer retten kann, sondern vor allem auch deshalb, weil dieser Sport uns das natürliche Umgebungselement, das Wasser, erst voll und ganz erschließt.»

Warum gehört Schwimmen an die erste Stelle? Was für Wirkungen hat unsere Betätigung im Wasser?

Vom Baden, Schwimmen und Wasserspringen

Hermann Buri, Zug

Das Baden war von jeher Zeichen alles Werdens und der Erneuerung, denn es macht frei von Schmutz und beklemmender Mattigkeit, gibt frische Kraft und das Frohgefühl eines neugeschenkten Beginnens. Schon die Griechen kannten öffentliche Badeanlagen: Schwimmteiche und Schwimmhallen dienten der eigentlichen sportlichen Ertüchtigung der Männer oder auch der Frauen. Brunnenhäuser erfüllten mit warmen und kalten Strahlbädern das Bedürfnis nach Körperpflege und nach Erfrischung des Gemüts, wie es die griechischen Ärzte bereits in einer förmlichen Wissenschaft erforscht hatten.

Die vornehmen Römer verbrachten Stunden des Ta-