Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 75 (1983)
Heft: 7-8

Artikel: Leonhard Euler zum 200. Todestag
Autor: Vischer, Daniel
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941268

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

Leonhard Euler zum 200. Todestag

Daniel Vischer

Am 18. September 1983 jährt sich der Todestag von *Leonhard Euler* zum zweihundertsten Mal. Es ist sicher angebracht, hier seiner zu gedenken und insbesondere seine Verdienste in der *Hydromechanik* – einem Grundlagenfach des Wasserbaus und der Konstruktion hydraulischer Maschinen – zu würdigen[1].

Curriculum von Leonhard Euler

Leonhard Euler (Bild 1) wurde 1707 als Sohn des Pfarrers *Paul Euler* in Basel geboren. Er studierte in Basel zuerst Theologie, dann Mathematik und Physik u.a. bei *Johann I. Bernoulli.* 1727, d.h. als Zwanzigjähriger, erhielt er einen Ruf an die Petersburger Akademie und wurde dort Adjunkt an der mathematischen Klasse und dann ordentliches Mitglied. 1741 holte ihn *Friedrich der Grosse* nach Berlin, wo er bei der Neuordnung der Berliner Akademie zum Direktor der mathematischen Klasse ernannt wurde. Nach fünfundzwanzigjähriger Tätigkeit kehrte er 1766 wieder nach Petersburg zurück und wirkte dort ununterbrochen wissenschaftlich bis zu seinem Tod am 18. September 1783 [1].

Euler als Universalgelehrter

In [1] schreibt der Mathematiker *Andreas Speiser:* «Euler gehört zu den universellsten Gelehrten, welche die Schweiz hervorgebracht hat. Sein Arbeitsgebiet erstreckt sich vom Zentrum der Mathematik aus in alle Nachbargebiete, in die theoretische Physik, die Technik, die Astronomie und die Philosophie. Überall nahm er eine selbständige Stellung ein und fand grundlegende neue Wahrheiten. In der Mathematik lehrte er zuerst, in freier Weise mit Formeln und Formelsystemen beliebigen Umfanges umzugehen, indem er deren Symmetrien hervorhob und damit die Eleganz in die Formelsprache brachte. Er ist vor allem *Entdecker* auf dem Gebiet der Mathematik und gab der systematischen Forschung des neunzehnten Jahrhunderts den Stoff. Die meisten Fundorte für mathematische Entdeckungen sind von ihm zuerst angegeben worden, und auch heute noch ist lange nicht jede Stelle ausgebeutet, die er aufgewiesen hat.

Dem gewaltigen Reichtum seiner Entdeckungen entspricht der Umfang seiner Publikationen, der alles weit übertrifft, was im Gebiet der exakten Wissenschaften sonst vorkommt. Von den achtzig Quartbänden, welche die Eulerwerke in der Ausgabe der Euler-Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft wiedergeben sollen, sind» bis heute (nämlich 1983) vierundsiebzig «erschienen . . . Jeder der Bearbeiter war erstaunt über den Reichtum an tiefen Gedanken, die in seinen Abhandlungen enthalten sind, und die Wirkung der bisher erschienenen Bände ist . . . eine grosse. In den technischen Anwendungen ist seine berühmteste Leistung die Entdekkung der achromatischen Linsen, welche einen ungeahnten Aufschwung in der Herstellung von Teleskopen und Mikroskopen herbeigeführt hat. Ferner kann man sagen, dass ein grosser Teil der Formeln in der Technik, insbesondere in der Festigkeitslehre, von ihm stammt, auch ist er der eigentliche Entdecker der modernen Turbine und förderte ihre Theorie so weit, dass man nach seinen Angaben an die Konstruktion hätte herangehen können, was freilich erst lange nach seiner Zeit geschehen ist (Bild 2).»
«Er verfasste Lehrbücher aus allen Gebieten der exakten Wissenschaften, unter anderm ein vortreffliches Rechenbuch für den Unterricht an den Elementarschulen, eine Einführung in die Analysis des Unendlichen, die heute noch von jedem Leser als eines der klassischen Werke der Mathematik empfunden wird, ferner Werke über Mechanik, Schiffsbau, Optik usw. Auf die weitern Kreise der Gebildeten übten seine ‹Lettres à une Princesse d'Allemagne› einen nachhaltigen Einfluss aus. Neben einer leicht fasslichen Darstellung der Physik enthalten sie umfangreiche Erörterungen aus dem Gebiet der Philosophie und der Religion, und durch sie wurde Euler zu einem der wichtigsten

[1] Insbesondere in Basel, aber auch an andern Orten, werden Anlässe zum 200. Todestag Eulers begangen. Wir weisen auf die Basler Gedenkfeier und den Gedenkband hin:

Gedenkfeier der Stadt Basel am 11. und 12. November 1983 in der «Alten Aula». Sie umfasst 3 wissenschaftliche Vorträge über L. Euler sowie einen musikwissenschaftlichen (Eulers Musiktheorie) mit Demonstrationen. Am 12., nachmittags, Vernissage der Euler-Ausstellung an der Universitätsbibliothek.

Gedenkband der Stadt Basel: Leonhard Euler (1707–1783). Er enthält Beiträge zu Leben und Werk von 30 Gelehrten aus 10 Nationen und 4 Kontinenten. Der Band wird von einer ca. 100seitigen Längsschnitt-Darstellung von Leben und Werk eingeleitet *(E.A. Fellmann)* und schliesst mit einem Verzeichnis des Schrifttums *über* L. Euler von ca. 700 Titeln *(J. J. Burckhardt).*

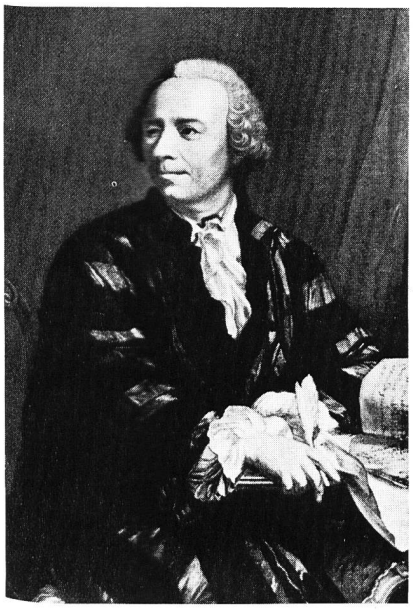


Bild 1 links. Leonhard Euler, 1707–1783, von Basel, Mathematiker und Physiker, u.a. Begründer der klassischen Hydromechanik.

Bild 2 rechts. Euler-Turbine. Modell des Laufrades, 1943 hergestellt von Escher-Wyss in Zürich nach der Originalzeichnung Eulers aus dem Jahre 1754 (Foto Technorama).

Wegbereiter der neuen Zeit. Schon in seiner Berliner Zeit regte er mit Hilfe der Akademie das Geistesleben wirksam an, und er galt damals als das eigentliche wissenschaftliche Gewissen seiner Zeit.»

Eulers Verdienste in der Hydrostatik

István Szabó, ein Experte der einschlägigen Fachgeschichte bezeichnet als wichtigste Arbeiten Eulers im Gebiet der Hydromechanik folgende fünf [3]:
«Scientia navalis», Petersburg 1749
«Principes généraux de l'état d'équilibre des fluides», Berlin 1755
«Principes généraux du mouvement des fluides», Berlin 1755
«Sectio prima de statu aecuilibri fluidorum», Petersburg 1768
«Sectio secunda de principiis motus fluidorum», Petersburg 1769

Die erste dieser Arbeiten beginnt mit dem Lemma:

> «Pressio quam aqua in corpus submersum exercet in singulis punctis est normalis ad corporis superficiem – et vis, quam quodlibet superficiei submersae elementum sustinet, aequalis est ponderi cylindri aquei recti, cujus basis aequalis est ipsi superficiei elemento, altitudo vero aequalis profunditati elementi infra supremam aquae superficiem.»

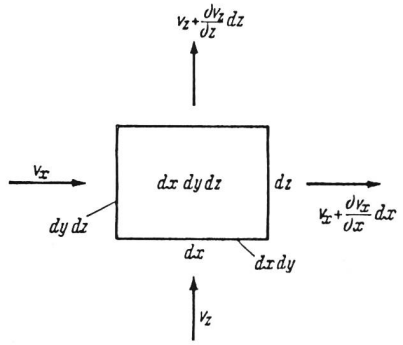
zu deutsch

> «Der Druck, den das Wasser auf einen eintauchenden Körper ausübt, ist an den einzelnen Stellen senkrecht zur Körperoberfläche – und die Kraft, die ein beliebiges Element des eingetauchten Körpers erfährt, ist gleich dem Gewicht eines geraden Wasserzylinders, dessen Grundfläche gleich dem Element der Körperoberfläche und dessen Höhe gleich der Tiefe des Elementes unter dem höchsten Wasserspiegel ist.»

Damit sprach Euler zum erstenmal klar aus, was heute Allgemeingut ist, nämlich, dass der Wasserdruck senkrecht auf eine Fläche wirkt und nach allen Richtungen gleich gross ist, d.h. er prägte gleichsam den hydromechanischen Druckbegriff. Ferner quantifizierte er den Wasserdruck für hydrostatische Verhältnisse bzw. formulierte die lineare Zunahme dieses Druckes mit der Wassertiefe. Er ist deshalb einer der Begründer der Hydrostatik.
Euler blieb aber nicht bei der Betrachtung des Wassers stehen, denn er besass einen ausgesprochenen Hang und eine geniale Begabung zur Verallgemeinerung. Er weitete seine Erkenntnisse zunächst auf andere inkompressible Fluide aus und später auch – natürlich entsprechend ergänzt – auf kompressible, insbesondere auf Gase.

Euler als Begründer der klassischen Hydromechanik

In der dritten der oben erwähnten Arbeiten finden sich dann jene Fundamentalgleichungen, die als Eulersche Bewegungsgleichungen der Fluide bekannt geworden sind. Euler leitete sie ähnlich ab, wie seine, die ganze Mechanik quasi revolutionierenden allgemeinen Bewegungsgleichungen in der Veröffentlichung «Découverte d'un nouveau principe de méchanique», Berlin 1750. D.h. er schnitt aus dem Kontinuum – so wie das heute nach ihm eben jedes Lehrbuch zeigt – ein Element heraus, definierte die Massenkräfte sowie die Schnittkräfte in Richtung der drei Koordinatenachsen und stellte die zugehörigen Gleichgewichtsbedingungen auf. Dann formulierte er für dasselbe



$$\frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_x}{\partial z} = X - \frac{1}{\varrho} \frac{\partial p}{\partial x}$$

$$\frac{\partial v_y}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_y}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_y}{\partial z} = Y - \frac{1}{\varrho} \frac{\partial p}{\partial y}$$

$$\frac{\partial v_z}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_z}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_z}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} = Z - \frac{1}{\varrho} \frac{\partial p}{\partial z}$$

Bild 3. Flüssigkeitselement und zugehörige Eulersche Bewegungsgleichungen in der heute üblichen Schreibweise.

Element die allgemeine Kontinuitätsbedingung und erhielt damit die vier Gleichungen, mit denen sich alle Phänomene reibungsloser Fluide beschreiben lassen. Euler gilt deshalb als Begründer der Hydromechanik idealer Flüssigkeiten.
Die Eulerschen Bewegungsgleichungen der Fluide (Bild 3) sind in ihrer Art vollkommen und erwecken noch heute bei jedem, der ihnen zu erstenmal begegnet, Ehrfurcht oder zumindest Staunen. Sie wurden schon von Euler selbst und dann von seinen Nachfolgern für viele Fragestellungen verwendet, sind aber noch keineswegs voll ausgeschöpft. Interessant ist, dass Euler ihre Ableitung mit dem Wunsch einleitete: «Ich hoffe glücklich zum Ziele zu kommen, so dass die übrigbleibenden Schwierigkeiten nur analytischer, nicht aber mechanischer Art sind.» Um dann am Schluss zu sagen: «Diese drei Gleichungen, verbunden mit der zwischen Dichte und Geschwindigkeiten gefundenen» (nämlich der Kontinuitätsgleichung) «enthalten die ganze Theorie der Bewegung flüssiger Körper.» In der Tat lagen die Schwierigkeiten bei der Anwendung der Eulerschen Gleichungen 200 Jahre lang in den beschränkten Möglichkeiten ihrer analytischen Lösung. Dann eröffnete das etwa 1950 einsetzende Computerzeitalter eine Fülle von neuen Möglichkeiten mittels numerischer Behandlung.
Kein Wunder, dass István Szabó, auf dessen Beschreibung wir uns hier im wesentlichen stützen, die Leistungen von Euler als gewaltig bezeichnet und von einer «Vollendung der klassischen Hydromechanik durch Leonhard Euler» spricht [3]. Denn *vor* Euler gab es nur Fragmente, beispielsweise in Form der *Daniel Bernoulli* zugeschriebenen, aber eigentlich von *Johann I. Bernoulli* stammenden Bernoullischen Gleichung für Rohrströmungen [4]; sie lassen sich alle als Spezialfälle der Eulerschen Bewegungsgleichungen darstellen. Und *nach* Euler gab es im Gebiet der Strömungen idealer Flüssigkeiten keine Möglichkeit, diese Gleichungen zu übertreffen, man konnte nicht das Vollkommene verbessern, man vermochte es nur auszudeuten und anzuwenden.

Die allgemeine Bedeutung der Eulerschen Theorie

Neben der engeren Bedeutung für die Hydromechanik haben die Eulerschen Bewegungsgleichungen der Fluide noch eine weitere. Dies drückt *Clifford A. Truesdell,* einer der besten Kenner Eulers, wie folgt aus [3]:

«Diese Eulersche Theorie der Flüssigkeiten besitzt eine kaum zu überschätzende Wichtigkeit. Ihre Grundgesetze wurden von Euler in Form einiger einfacher und schöner Gleichungen formuliert, die mit knapper Erklärung auf eine Postkarte geschrieben werden könnten. Es ist eine der tiefsinnigsten Seiten des Buches der Natur. Erstens war es die erste Formulierung einer Teilerfassung der Erfahrungswelt mit Hilfe des Modells des kontinuierlichen Feldes. Zweitens hat die ideale Flüssigkeit als Musterbeispiel oder Ausgangspunkt für viele spätere physikalische Modelle bis in die heutige Zeit gedient. Drittens ist ein ganz neuer Zweig der reinen Analysis, die Theorie der partiellen Differentialgleichungen, daraus entstanden. Dies sind alles vorborgene, erst später bewiesene Folgerungen der Eulerschen Theorie.
In der Mechanik erscheint Euler nicht so sehr als Rechner oder Löser besonderer Probleme, vielmehr als der *Schöpfer der Begriffe.* Seine Leistungen in der Mechanik bilden einen *Triumph der mathematischen Denkweise.»*

[1] *Speiser Andreas:* Leonhard Euler aus Basel 1707–1783, Abschnitt in «Pionniers Suisses de la science», herausgegeben von Fueter Eduard, Atlantis Verlag, S. 133–135, Zürich 1941
[2] Euler-Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft; verschiedene Autoren: Leonhard Euler – Opera Omnia. Teubner-Verlag, Leibzig und Berlin; Orell Füssli-Verlag, Zürich; Birkhäuser-Verlag, Basel u. Boston u. Stuttgart, 74 Bände ab 1911
[3] *Szabó István:* Die Vollendung der klassischen Hydromechanik durch Leonhard Euler. Zeitschrift «Humanismus und Technik», Band *16,* S. 148–158, LHW-Verlagsgesellschaft, Berlin 1972
[4] *Vischer Daniel:* Daniel Bernoulli zum 200. Todestag. Zeitschrift «wasser, energie, luft», *74.* Jg., H. 5/6, S. 144–146, Baden-Schweiz 1982

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. *Daniel Vischer,* Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH, 8092 Zürich.

Altes BBC-Kraftwerk an der Limmat soll neu gebaut werden

1. Einleitung

Chronik

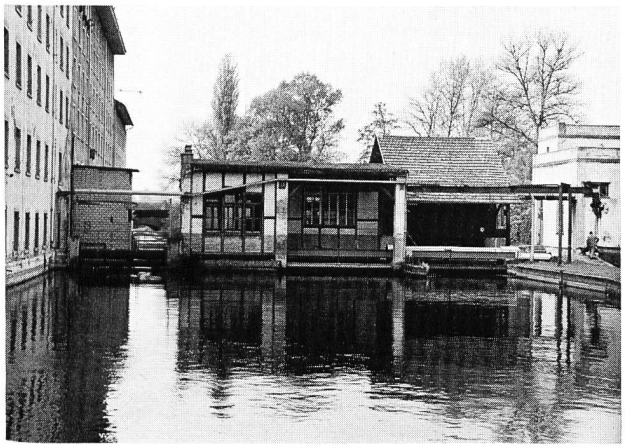
Die Wasserkraft der Limmat war ursprünglich ausschlaggebend für die Standortwahl der Fabriken E. Kappeler-Bébié und E. Bébié + Cie Turgi. Die ersten Wasserrechte gehen auf das Jahr 1826 zurück, danach sollte das Gefälle der Limmat von der «Schiffmühle», das heisst, der Chemischen Fabrik Dr. Landolt (etwa 600 m oberhalb der Strassenbrücke Turgi–Siggenthal) bis 36 m oberhalb der gedeckten Holzbrücke in Turgi genützt werden. 1826 wurde der Grundstein für die Wassernutzung mittels eines Wasserrades gelegt. 1841 folgte die Erweiterung der Anlage um ein zweites Wasserrad und 1889 wurden anstelle der Wasserräder zwei Jonval-Turbinen eingebaut.
1905 wurden die Jonval-Turbinen durch Francis-Turbinen ersetzt, und gleichzeitig wurde die Erzeugung elektrischer Energie mit Generatoren aufgenommen.
Seit 1905 wurde bis heute an der Anlage nichts Grundlegendes geändert.

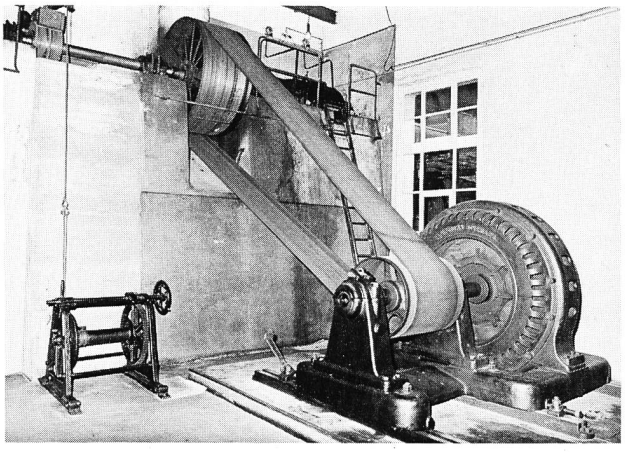
Bestehende Anlage

Die Hauptbestandteile der heutigen Wasserkraftanlage sind:
– Ein Streichwehr entlang der Limmat mit einer Länge von 390 m. Um bei Niederwasser die Fassung des nutzbaren Wassers zu sichern, sind die ersten 95 m des Wehres stark gegen die Flussrichtung abgewinkelt.
– Ein 18 m breiter Oberwasserkanal mit einer Länge von 130 m (vom Ende des Streichwehrs bis zum Turbinenhaus).
– Ein Turbinenhaus mit zwei ausgebauten Kammern und zwei voneinander getrennten Generatorgebäuden.
– Ein Unterwasserkanal von 155 m Länge und 14 m Breite.
Die Anlage ist seit 1980 nicht mehr in Betrieb; einzelne Teile des Werkes wiesen eine allzu starke Überalterung auf, vor allem die nun bald 80jährigen maschinellen und elektrischen Einrichtungen. Mit grossem Personalaufwand mussten sie dauernd überwacht werden. Sie entsprachen nicht mehr den heute gültigen Arbeitsschutzbestimmungen.
Die baulichen Teile der Anlage sind bis 150 Jahre alt. Gewisse Strecken des Oberwasserkanals sind verlandet und schränken dadurch die Wasserführung in den Kanälen ein. Einzelne Verengungen der Kanalprofile und scharfe Richtungsbrüche der Kanalmauern beeinflussen die Wasserzuleitung ungünstig.
Der Vollständigkeit halber sei ausserdem noch erwähnt, dass die starken Lärmimmissionen die Anlieger immer wieder zu Klagen veranlasst haben.
Mit der bestehenden Anlage konnten bei zweischichtigem Betrieb an Arbeitstagen (16 Stunden) und einschichtigem 8-Stunden-Betrieb an Samstagen etwa 1,4 Mio kWh Jahresenergie erzeugt werden.

Neubauprojekte

Seit 1930 wurden verschiedene Projekte zur Verbesserung der Anlage studiert, die aber nicht ausgeführt wurden.
Der prekäre Zustand der Anlagen und der wachsende Energiebedarf des Werkes Turgi waren Anstoss, die Erneuerung des Kraftwerkes erneut zu prüfen. Die BBC Lie-





Bilder 1 und 2. Relikte aus der industriellen Pionierzeit: Die nostalgischen Gebäude und Maschinen des heutigen Limmatkraftwerkes Turgi, die ersetzt werden sollen. Rechts ein BBC-Generator aus dem Jahre 1927.