

# Die Entwicklung der Hydraulik und der hydraulischen Wissenschaft in der Schweiz in den letzten 100 Jahren

Autor(en): **Jaeger, Charles**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie**

Band (Jahr): **40 (1948)**

Heft 9

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-921622>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Die Entwicklung der Hydraulik und der hydraulischen Wissenschaft in der Schweiz in den letzten 100 Jahren

Von Dr. Charles Jaeger, Privatdozent an der ETH, wissenschaftlicher Mitarbeiter der Versuchsanstalt für Wasserbau.

Die Entwicklungsgeschichte der Wissenschaft und der Technik interessiert nicht nur den Fachwissenschaftler, sondern immer mehr den Historiker und durch ihn weite Leserkreise. Eine moderne Geschichte der Schweiz, die diese Gesichtspunkte vernachlässigen würde, wäre kaum mehr denkbar. Der Arbeit des eigentlichen Geschichtschreibers müssen aber als Unterlage eine Anzahl Monographien vorausgehen, in welchen die wichtigsten technischen Geschehnisse und wissenschaftlichen Arbeiten durch Fachmänner ausgesucht und dargestellt werden.

Für eine solche Zusammenfassung auf dem gesamten Gebiete der Hydraulik scheint der Zeitpunkt deswegen gekommen zu sein, weil wir am Anfang einer grossen neuen Entwicklungsperiode stehen. Aus den bisherigen geschichtlichen Linien sollte sich auch der Weg für die Zukunft finden lassen.

Mit der folgenden Abhandlung hoffen wir auch Fachleute der Energiewirtschaft und des Wasserbaues zu interessieren.

Das Manuskript wurde anfangs 1946 abgefasst. Später erschienene Veröffentlichungen sind nicht berücksichtigt worden.

Red.

### I. Wissenschaftliche Hydraulik

#### Einleitung

Die beiden Basler Gelehrten *D. Bernoulli* (1700 bis 1782) und *L. Euler* (1707 bis 1783) sind die eigentlichen Begründer der modernen Hydraulik, obwohl vor ihnen schon Leonardo da Vinci, Galilei, Torricelli, Pascal usw. zu erwähnen wären.

#### 19. Jahrhundert

Zum grossen Aufschwung der *wissenschaftlichen Hydraulik* im 19. Jahrhundert, der besonders französischen Hydraulikern (Bélanger, Bresse, Poncelet, de St-Venant, Darcy, Bazin, Boussinesq) zu verdanken ist, haben schweizerische Wissenschaftler wenig beigetragen. Zu erwähnen sind die Arbeiten und Veröffentlichungen der Formeln von *Ganguillet* (1869)<sup>1</sup> und *Kutter* (1869, 1870)<sup>2</sup> über Reibungsverluste in Flüssen und Kanälen. Ferner wären im 19. Jahrhundert noch einige Engländer (Stockes, Reynolds) und Deutsche zu nennen.

Dagegen haben sich im 19. Jahrhundert schweizerische Ingenieure auf dem Gebiete des Flussbaues und gegen Ende des Jahrhunderts im Wasserbau durch Ausführung grosser und kühner Werke bekanntgemacht (siehe II. Teil).

#### 20. Jahrhundert

Mit der Veröffentlichung von *J. Michaud* (1903)<sup>3</sup> über *Druckstösse* in Druckleitungen wird ein Gebiet der Hydraulik eröffnet, zu dem die Schweizer Hydrauliker wesentlich beigetragen haben. Michaud berücksichtigt die Elastizität des Wassers und der Druckleitung, indem er sie am untern Ende der Leitung konzentriert denkt. Die genaue Lösung mit längs der Druckleitung verteilter Elastizität wurde 1903 bis 1913 durch *Allievi* (Mailand) gegeben [übersetzt ins Deutsche durch *Dubs-Bataillard* (1909), ins Französische durch *Gaden* (1921)]. An der Weiterentwicklung der Theorie der Druckstösse haben schweizerische Ingenieure einen regen Anteil genommen:

*O. Schnyder*<sup>4</sup> (Klus) entwickelt in mehreren Aufsätzen eine graphische Methode zur Berechnung von Druckstössen (1929—1932 und folgende Jahre) in Druckleitungen mit veränderlichem Querschnitt. Dieses als Methode von *Schnyder-Bergeron* bekannte Berechnungsverfahren ist allgemein gebräuchlich geworden.

Zu der analytischen Theorie des Druckstosses haben *Ch. Jaeger*<sup>5</sup> (1933, 1934, 1936 und 1939), *H. Favre*<sup>6</sup> (1938) und *P. de Haller*<sup>7</sup> (1940) durch mehrere Veröffentlichungen beigetragen. (Berechnung von abgestuften Leitungen, parallelen Druckleitungen, Druckleitungen mit linear veränderlicher Charakteristik, Wasserschlössern, Schwingungen und Resonanzerscheinungen in Druckleitungen.)

Parallel zu den Untersuchungen über Druckstösse sind von Schweizern oder in der Schweiz ansässigen Ingenieuren wichtige Veröffentlichungen über *Wasserschlossschwingungen* herausgegeben worden.

Prof. *Prásil*, ETH (1908)<sup>8</sup>, ist der eigentliche *Begründer* der Theorie des *Wasserschlosses*. Eine ausgezeichnete Zusammenfassung der Theorie der *Wasserschlösser* stammt von *J. Calame* und *D. Gaden* (1926)<sup>9</sup>, denen auch eine graphische Berechnungsmethode zu verdanken ist. Über die Theorie der *Stabilität* der *Wasserschlösser* hat *Ch. Jaeger* (1944)<sup>10</sup> einen Aufsatz veröffentlicht; darin sind auch die *Wasserschlosssysteme* berücksichtigt, die bereits in einem Aufsatz von Prof. Dr. *Stucky* (1936)<sup>11</sup> behandelt worden waren.

Um auf dem Gebiete der nicht permanenten Abflüsse zu verbleiben, muss noch die ausgezeichnete Arbeit von *H. Favre*, Versuchsanstalt für Wasserbau ETH (1935)<sup>12</sup>, über *Translationswellen* in offenen Gerinnen (*ondes de translation*) erwähnt werden. Die

<sup>1</sup> Betrifft Literaturverzeichnis am Schluss des Aufsatzes.

theoretischen und analytischen Untersuchungen werden durch äusserst wertvolle experimentelle Untersuchungen vervollständigt und kontrolliert. Über die Theorie des Wellenschlages veröffentlichte der im Auslande tätige Schweizer *Miche* wichtige Aufsätze.

Die französischen Hydrauliker der «klassischen» Periode (19. Jahrhundert) hatten die Theorie der permanenten Abflüsse auf elegante und übersichtliche Weise gelöst. Der Gedanke, diese Theorien zu vervollständigen und zu verbessern, musste später kommen, da noch mehrere wichtige Fragen ungelöst geblieben waren. Zum Teil unabgeklärt blieb, nach den Versuchen der Franzosen *Darcy* und *Bazin*, die Frage des Reibungswiderstandes in Röhren und offenen Kanälen. Im 19. Jahrhundert wurde  $v = c R^{1/2} J^{1/2}$  gesetzt. *Strickler* (1923)<sup>13</sup> zeigte an Hand einer umfangreichen Zusammenstellung von Messergebnissen, dass die Formel  $v = k R^{2/3} J^{1/2}$  besser stimmt. Zur weiteren Abklärung dieser Frage trugen die Messungen der Druckverlustkommission SIA und insbesondere der Bericht von *E. Hoock*, Versuchsanstalt für Wasserbau ETH (1943)<sup>14</sup>, wesentlich bei.

Eine weitere Frage betrifft den Gebrauch des Impulssatzes in der Hydraulik. Die meisten Hydrauliker des 19. Jahrhunderts benutzten den Begriff der Energie (Satz von *Bernoulli*), ausnahmsweise den Impulssatz (Theorie von *Boussinesq*). Schon 1931 wurde von *Ch. Jaeger*<sup>15</sup> darauf hingewiesen, dass zwischen Impulssatz und Energiesatz gewisse scheinbare Widersprüche beständen. Wie äusserst handlich der Impulssatz gerade in der Hydraulik sein kann, haben *H. Favre* (1933)<sup>16</sup> mit einem Aufsatz über Abflüsse mit längs der Achse variablen Wassermengen und *Ch. Jaeger* (1936)<sup>17</sup> in einer Veröffentlichung über Abflüsse über Schwellen und Querschnittserweiterungen gezeigt.

Ein anderes Problem war durch die Schrift von *F. Böss* (1919) (Karlsruhe) aufgeworfen worden, die für den Begriff der kritischen Tiefe (Übergang von schiessendem zu strömendem Abfluss oder umgekehrt) eine neue Definition brachte. Unter den Hydraulikern verschiedener Länder herrschte Uneinigkeit über die Tragweite dieses Begriffes, insbesondere über dessen Anwendbarkeit auf Abflüsse mit gekrümmten Wasserfäden. Untersuchungen über gekrümmte Abflüsse verdankt man *Ch. Jaeger* (1934 und 1939)<sup>18</sup> und *C. Fawer* (1937)<sup>19</sup>. Zusammen mit der Schrift von Böss und den erwähnten Untersuchungen über den Impulssatz bildeten diese Abhandlungen über die Abflüsse mit gekrümmten Wasserfäden den Ausgangspunkt eines zusammenfassenden Exposé von *Ch. Jaeger* (1943 und 1944)<sup>20</sup>, nach welchen sämtliche permanenten Abflüsse in offenen Kanälen, ob gradlinig oder gekrümmt, ob potential oder turbu-

lent, ob kontinuierlich (écoulements graduellement variés) oder diskontinuierlich (écoulements variés) nach einer einheitlichen Methode behandelt werden können, die den Energiesatz und den Impulssatz kombiniert. Somit wird — unter Beseitigung sämtlicher Unstimmigkeiten — eine Brücke geschlagen zwischen den Theorien der Anhänger des Impulssatzes und denjenigen des Energiesatzes sowie den Theorien der kontinuierlichen Abflüsse und denjenigen der diskontinuierlichen Abflüsse.

Diese zahlreichen Arbeiten, sowohl auf dem Gebiete der permanenten als der nichtpermanenten Abflüsse, wurden wesentlich begünstigt durch die im Jahre 1930 erfolgte Gründung der Versuchsanstalt für Wasserbau an der ETH (Begründer und Leiter Prof. Dr. *E. Meyer-Peter*) (1929/30)<sup>21</sup> und die etwas später erfolgte Gründung eines Wasserbaulaboratoriums an der Ecole d'Ingénieurs de Lausanne (Begründer und Leiter Prof. Dr. *A. Stucky*).

Die den Hydraulikern zur Lösung gestellten Aufgaben sind zum Teil so schwierig, dass der mathematische Apparat dazu versagt. Es muss experimentiert werden und zwar meistens an Modellen in kleinem Maßstab. Experimente sind aber für die Technik nur dann von Nutzen, wenn daraus sichere Schlüsse gezogen werden können. Für den Bau einer Versuchsanstalt war der Augenblick günstig gewählt. Einerseits war für die nächsten Jahrzehnte genügend Arbeit gesichert (Rheinregulierung, Bau grosser Wasserkraftanlagen, wissenschaftliche Forschung usw.), andererseits aber waren, dank den Forschungen im Auslande, die Theorie und die Technik des Versuchswesens schon genügend ausgearbeitet, so dass den schweizerischen Versuchsanstalten die ersten Arbeiten erleichtert wurden.

Beide Versuchsanstalten haben durch Veröffentlichungen einen Teil ihrer Tätigkeit bekanntgegeben. Die Versuchsanstalt der Ecole d'Ingénieurs veröffentlichte unter der Leitung von Prof. Dr. *Stucky*, neben mehreren Dissertationen [*Fawer* (1937)<sup>19</sup> *Ebner* (1940)<sup>22</sup>, *Feylesoufi* (1940)<sup>23</sup>] eingehende Studien über den Wellenschlag und die Meereswellen (1937 bis 1938)<sup>24</sup>, über Schützen (1940)<sup>24</sup> sowie über Modellversuche für Wasserschlösser (1936)<sup>24</sup>, die Vorbildlich sind und auch im Auslande nachgeahmt wurden.

Die Arbeit einer Versuchsanstalt, die mit der Industrie im engen Zusammenhang steht, kann keine systematische sein. Es muss zuerst den Wünschen und den Anfragen der arbeitgebenden Industrie Rechnung getragen werden. Nach einer Arbeitsperiode, die sich nun über eineinhalb Dezennien erstreckt, kann trotzdem in der Arbeit der Versuchsanstalt für Wasserbau an der ETH eine gewisse Systematik erblickt werden.

(Fortsetzung folgt.)