

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 68 (1950)
Heft: 28

Artikel: Die hydraulische Energie und die Entwicklung der hydraulischen Maschinen
Autor: Dubs, R.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-58049>

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: 07.01.2026

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

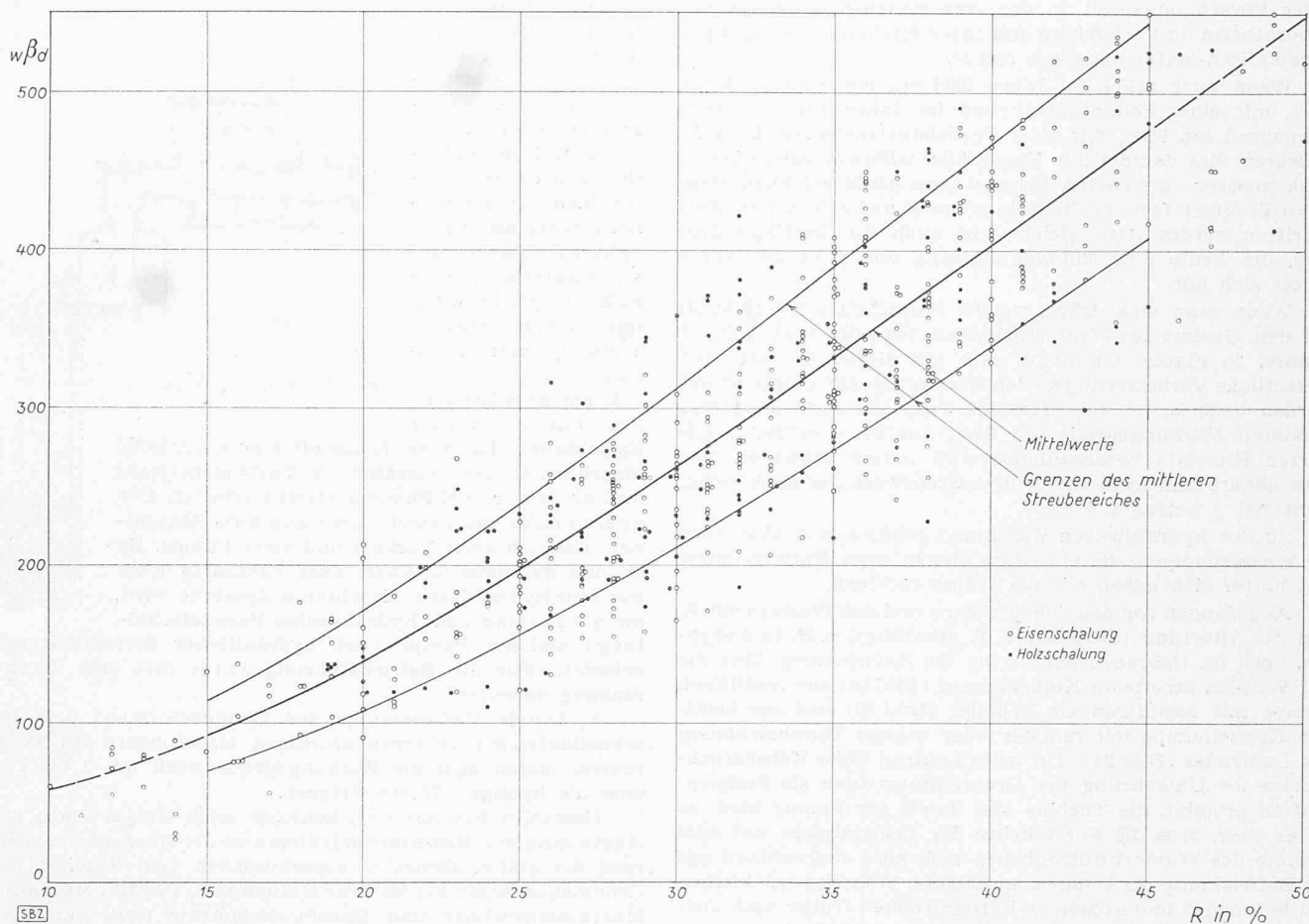


Bild 2. Zusammenhang zwischen der Würfeldruckfestigkeit $w\beta_d$ und der Prellhärte R ; Ergebnisse der EMPA-Versuche

Die hydraulische Energie und die Entwicklung der hydraulischen Maschinen

DK 621.2

Von Prof. R. DUBS, ETH, Zürich

Schluss von Seite 361

Bei der Entwicklung der Wasserturbine zu immer grösserer Schnellläufigkeit trat eine Erscheinung auf, die den Konstrukteuren grosse Schwierigkeiten bereitete, da am Anfang ihre Ursache nicht erkannt wurde. Die auf Grund aller Erfahrungsregeln berechneten und gebauten Wasserturbinen zeigten nämlich besonders bei grossen Leitschaufelöffnungen starke Vibrationen, die einen geordneten Betrieb auf die Dauer ausserordentlich erschwerten. Bei der Untersuchung von Laufrädern, die schon einige Zeit in Betrieb gestanden hatten, konnten an den Laufradschaufeln eigenartige Zerstörungserscheinungen beobachtet werden. Man konnte ferner feststellen, dass beim Auftreten der Vibrationen die Turbinenleistung und der Wirkungsgrad stark abfielen, so dass auch aus diesem Grunde eine Abklärung und Beseitigung dieser Erscheinung von grösster Bedeutung war. Die in dieser Richtung durchgeführten zahlreichen Forschungsarbeiten (unter denen ich besonders auch diejenige von Prof. J. Ackeret nennen möchte) ergaben als Ursache der störenden Erscheinung die Verdampfung des Wassers bei niedriger Temperatur, die als Kavitation oder Hohlraumbildung bezeichnet wird. Zunächst war zu untersuchen, ob an einer Stelle in der Turbine der Druck so klein werden kann, dass bei der gegebenen Wassertemperatur ein Sieden und damit eine Hohlraumbildung möglich ist. Für diese Untersuchungen leistete nun der Satz von Daniel Bernoulli, nach dem die Summe aus kinetischer und potentieller Energie, d. h. aus Geschwindigkeits- und Druckhöhe, stets konstant ist, ganz ausgezeichnete Dienste. Durch systematische experimentelle Forschungen in den verschiedenen Laboratorien der Turbinenfirmen gelang es dann, besonders für Kaplanlaufräder, die infolge ihrer hohen Schnellläufigkeit besonders kavitationsempfindlich sind, Schaufelformen zu finden, die auch bei hohen spezifischen Drehzahlen keine Kavitation aufweisen.

Als Kennzeichen für die Beurteilung, ob Kavitationsgefahr besteht, hat Prof. Dieter Thoma (München) die Einführung eines Kavitations-Koeffizienten vorgeschlagen, der im wesent-

lichen eine Funktion der spezifischen Drehzahl ist. Sorgt man dafür, dass beim Austritt des Wassers aus dem Saugrohr ein genügender Druck vorhanden ist, so kann bei richtiger Konstruktion die Hohlraumbildung stets vermieden werden. Um einen genügenden Druck zu schaffen, muss das Laufrad oft verhältnismässig tief unter dem Unterwasserspiegel angeordnet werden, was dann beim Bau des Kraftwerkes eine entsprechend tiefe Baugrube bedingt, und wegen der Entwässerung dieser Grube erhebliche Kosten verursacht. Damit wird das Vermeiden der Kavitation auch zu einem wirtschaftlichen Problem, und es ist deshalb von Fall zu Fall zu erwägen, ob man nicht zur Vermeidung von hohen Baukosten auf eine höhere Drehzahl verzichten und damit etwas höhere Maschinenkosten in Kauf nehmen will. Da ein Wasserkraftwerk eine Produktionsanlage zur Erzeugung von elektrischer Energie ist, so spielt der Wirkungsgrad der Umsetzung von hydraulischer in elektrische Energie bei einer solchen Entschlussfassung eine erhebliche Rolle. Da ist nun zu sagen, dass die Wahl einer kleineren Drehzahl bei gegebenem Gefälle und vorgeschriebener Leistung in den meisten Fällen eine Erhöhung des Wirkungsgrades mit sich bringt, und damit eine Vergrösserung der Produktion an kWh.

Für den Ausbau der Wasserkräfte kommen heute nur noch die folgenden drei Turbinentypen in Frage:

1. Die *Kaplan-turbine*, für kleine und mittlere Gefälle, d. h. für die Ausnützung der Wasserkräfte der Flüsse und Ströme in Laufwerken bis zu einem maximalen Gefälle von etwa 60 m.

2. Die *Francisturbine*, für mittlere und höhere Gefälle, d. h. für die Ausnützung der Wasserkräfte der Bäche und Flüsse in Lauf- oder Speicherwerken bis zu einem maximalen Gefälle von etwa 400 m.

3. Die *Pelton-turbine*, für hohe Gefälle, d. h. für die Ausnützung der Wasserkräfte der Bäche durch Speicherung in Stauseen bis zu einem maximalen Gefälle von etwa 2300 m.

Die Entwicklung der Wasserturbine bis zu ihrem heutigen Stand war nur möglich dank der systematischen experimen-

strukteur sollte über künstlerisches Empfinden verfügen, denn die ästhetisch befriedigenden Formen sind in den weitesten Fällen auch die zweckmässigsten. Ich möchte hier nur auf die neueren Erkenntnisse über Gestaltfestigkeit hinweisen.

Wenn man das Maschinenkonstruieren von den oben dargelegten Gesichtspunkten aus betrachtet, so wird man zugeben müssen, dass es eine höchstqualifizierte Tätigkeit darstellt. Es wäre deshalb sehr zu begrüßen, wenn sich mehr Studierende, als dies heute der Fall ist, für die schöpferische Tätigkeit des Konstruierens begeistern würden, denn ich bin der Ueberzeugung, dass die Maschinenindustrie sehr gerne akademisch gebildete Konstrukteure aufnehmen würde. Ich möchte hier nur auf den sehr lesenswerten Aufsatz von Ing. E. Lavater (SBZ 1949, Nr. 1) hinweisen, wo ausgeführt wird «85 % der Hochschulabsolventen, die sich bei uns melden, wünschen ins Versuchslabor zu kommen. Von den Versuchslaboren lebt aber keine Firma, sondern von den Konstruktionen. Die Studierenden sollten darauf aufmerksam gemacht werden, dass nicht nur in der Forschung, sondern vor allem in den Konstruktionsbureaux Verwendung für sie besteht».

Ausser der beruflichen Tüchtigkeit sind aber nach meiner vollen Ueberzeugung auch die rein persönlichen Eigenschaften des Ingenieurs von der grössten Bedeutung. Sein Charakter ist, nicht nur für sein weiteres Fortkommen im Leben, sondern auch für alle, die mit ihm zusammenarbeiten müssen, mindestens ebenso wichtig, wie seine wissenschaftlichen und technischen Fähigkeiten. Eine leitende Persönlichkeit einer unserer grössten Maschinenfabriken hat dies in einem Exposé betreffend Ausbildung der Maschineningenieure in dem Satze zum Ausdruck gebracht: «In unserem technischen Zeitalter, in dem unsere sittlichen Werte ins Wanken gekommen sind, bedeutet es ein Gebot der Selbsterhaltung der menschlichen Gesellschaft, dass neben dem Streben nach naturwissenschaftlichen Erkenntnissen und neben dem Fortschreiten der Technik eine Evolution der menschlichen Ethik einhergehen muss. Es scheint uns, dass diesem zwingenden Gebot bei der Erziehung unserer Jugend an der ETH ebenfalls Beachtung geschenkt werden sollte, obwohl dies in erster Linie Sache der Mittelschulen ist».

Ein richtiger Ingenieur ist sich stets seiner hohen Verantwortung, die er bei der Berechnung und Konstruktion einer Maschine nicht nur dem Besteller, sondern auch allen anderen Mitmenschen gegenüber übernimmt, voll bewusst. Die Verantwortung als Fachmann verlangt von ihm, dass die Maschine nicht nur die eingegangenen Garantien erfüllt, sondern auch so berechnet und konstruiert ist, dass nach menschlichem Ermessen, bei abnormalen aber möglichen Vorgängen, kein Unglück eintreten kann. Die Erfüllung einer solchen Forderung mag vielleicht vielen als zu weitgehend erscheinen, allein, wenn man sich vergegenwärtigt, welch namenloses Leid nur der Verlust eines Menschenlebens oft über viele bringen kann, so gelangt man zur Erkenntnis, dass wirtschaftliche Erwägungen dagegen in den Hintergrund treten müssen. Die restlose Erfüllung der von ihm übernommenen Pflichten ist für den Ingenieur eine Selbstverständlichkeit und es muss sein Stolz sein, durch Fleiss und Zuverlässigkeit sich seines akademischen Standes würdig zu erweisen. Mögen es Elternhaus und Schule und insbesondere auch unserer Hochschule immer wieder gelingen, Ingenieure heranzubilden, die diesen Titel voll und ganz verdienen!

NEKROLOGE

† Felix Gugler, Ing., Dr. h. c., wurde geboren am 22. Juli 1875 zu Wasseraalpfingen in Württemberg als zweiter Sohn von Karl Gugler, Hüttenverwalter des dortigen staatlichen Eisenwerkes. Im gleichen Jahre suchten die von Roll'schen Eisenwerke für ihr Werk Choindenz einen Direktor, da Ernst Kinzelbach, der bisherige Direktor, zur Leitung des Hauptsitzes nach Gerlafingen berufen worden war. Auf seinen Vorschlag wurde sein Freund und Studienkollege Karl Gugler zu seinem Nachfolger gewählt. Somit siedelte die Familie im Herbst 1875 in den einsamen Ort im engen Talkessel der Birs, wo Ludwig von Roll das Eisenwerk mit Rücksicht auf die dortige Wasserkraft und die Nähe der Delsberger Eisenerze gegründet hatte. Die Familie Gugler erwarb später das Bürgerrecht der Gemeinde Courrendlin, zu der Choindenz gehört. Das Werk war damals noch sehr klein und umfasste ähnlich dem Wasseraalpfinger Werke einen Holzkohlenhochofen mit angeschlossener Giesserei. Dort verlebte Felix Gugler zusammen mit seinen Geschwistern eine frohe Jugendzeit. Wohl wenige Ingenieure hatten das Glück, schon in frühester Jugend einen so bequemen und eingehenden Anschauungsunterricht in technischen Dingen geniessen zu können, denn die Direktorssöhne konnten ungehindert im Werke herumgehen, wann immer sie dazu Lust hatten, die verschiedenen Handwerker bei ihrer Arbeit beobachten und die im Laufe der Jahre erstellten Neubauten und Neueinrichtungen während ihrer Entstehung verfolgen. So war es dem Verstorbenen schon als Kind möglich, Einblick in die Entwicklung der Wasserkraftnutzung zu gewinnen, als eine neue Kraftanlage gebaut wurde, bei der ein etwa 500 m langer Unterwasserstollen zur Ausführung kam.



Dr. h. c. FELIX GUGLER

BAUINGENIEUR

1875

1950

Als Erbe von beiden Elternteilen war dem Verstorbenen und seinen Geschwistern eine grosse Liebe zur Natur eigen. Der Vater hatte eine besondere Vorliebe für Geologie, war auch ein guter Berggänger und führte seine Söhne schon in jungen Jahren in die Alpen, so 1883 anlässlich der Eröffnung der Gotthardbahn ins Gotthardgebiet und das Tessin, später ins Berner Oberland zu den Grindelwaldgletschern und in andere schöne Gegenden des Schweizerlandes. Ein Nachteil der abgeschiedenen Lage von Choindenz war das Fehlen einer Mittelschule in einigermaßen bequem erreichbarer Nähe. So musste Felix gleich dem Schreibenden, seinem älteren Bruder, vom 9. Lebensjahre an seiner Ausbildung wegen der Verwandten untergebracht werden und konnte nur während der Schulferien das geliebte Elternhaus geniessen. Er durchlief das humanistische Gymnasium in Freiburg i. Br. und bezog 1893 das Polytechnikum in Zürich, das er 1897 mit dem Diplom eines Ingenieurs verliess.

Seine berufliche Tätigkeit begann er unter den hervorragenden Lehrmeistern Ingenieur L. Kürsteiner und G. Narutowicz, dem nachmaligen Professor für Wasserbau an der ETH. Der Kontakt mit diesen Pionieren des Ausbaues der Wasserkraft bestimmte seine ganze spätere Lebensarbeit, die mit kurzen Unterbrechungen dem Wasserbau und vor allem dem Kraftwerksbau gewidmet war. So leitete er den Bau des Albulawerkes der Stadt Zürich von 1906 bis 1910. Schon damals trat seine starke Persönlichkeit hervor, da er es verstand, die ihm anvertrauten Interessen der Stadt unter Würdigung der Schwierigkeiten der ausführenden Unternehmungen zu vertreten und Gegensätze in gerechter Weise zu überbrücken. Es folgten leitende Stellungen bei der St. Gallisch-Vorarlbergischen Rheinregulierung, beim Plessurwerk