

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 81 (1963)
Heft: 36

Artikel: Die Arbeit der internationalen Flügelmessgruppe
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-66869>

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: 22.02.2026

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

Im gegenwärtigen Ausbau werden die Engelberger Aa und der Erlenbach, deren Einzugsgebiet 85,4 km² beträgt, in ein Ausgleichsbecken, genannt Eugenisee, unterhalb Engelberg, von 170 000 m³ Nutzhalt auf Kote 990,7 m geleitet, von dem der erwähnte 2587 m lange Druckstollen von 2,5 m Durchmesser nach dem Wasserschloss oberhalb Obermatt führt. Die Ausbauleistung für die Allgemeinversorgung (ohne Bahnguppe) beträgt 32 000 kW und die maximal mögliche tägliche Energieerzeugung 700 000 kWh. Die Anlagen kamen im Juni/Juli 1962 in Betrieb. Der Vollbetrieb mit allen Maschinen konnte Mitte Mai 1963 aufgenommen werden, nachdem alle Versuche und Abnahmeprüfungen erfolgreich abgeschlossen worden waren.

Gegenwärtig wird eine neue Bahnguppe für die Luzern-Engelbergbahn mit einer Leistung von rd. 1500 kW Einphasenergie von 15 kV und 16^{2/3} Hz aufgestellt, die im Sommer 1964 in Betrieb kommen soll. Die bisher von der Stansstad-Engelbergbahn genutzten Gewässer des Eugenius- und Schuemettlenbaches werden neu gefasst und dem Wasserschloss des Kraftwerkes Obermatt zugeführt. Diese Arbeiten dürften Ende 1963 fertiggestellt sein. Als obere Stufe werden der Arni- und der Trübenbach gefasst, einem Ausgleichsbecken von 5000 m³ Nutzhalt auf Kote 1313,6 m zugeführt und deren Wasser in der Zentrale Arni bei Engelberg verarbeitet. Die Arbeiten für diese Stufe sind für die Zeit von 1963 bis 1966 vorgesehen. In einem späteren Zeitschnitt will man den Stierenbach im hinteren Engelbergtal ebenfalls der Nutzung zuführen.

Das gesamte Einzugsgebiet des Kraftwerkes Obermatt beträgt 109,2 km², davon sind 8,9 % vergletschert. Die gesamte jährliche Betriebswassermenge macht im langjährigen Mittel 191 Mio m³ aus. Die installierten Turbinenleistungen betragen im Hauptwerk Obermatt 42 600 PS, im Nebenwerk Obermatt 2625 PS und im Kraftwerk Arni 3400 PS, insgesamt also 48 625 PS. Die mittlere Energieproduktion wird im Winter zu 30 Mio kWh, im Sommer zu 108 Mio kWh, im Jahr zu 138 Mio kWh angegeben. Durch die Nutzung des Stierenbaches wird sie sich auf rd. 200 Mio kWh vergrößern.

Die Arbeit der internationalen Flügelmessgruppe

DK 532.57

Seit ihrer Bildung, die im Januar 1961 von der SBZ (H. 2, S. 18) und im Februar 1961 in der Zeitschrift «Water Power» verkündet worden war, ist die internationale Flügelmessgruppe (ICMG) bereits viermal unter dem Vorsitz von H. Gerber, Professor an der ETH in Zürich, zusammengetreten. Die Mitglieder der Gruppe sind Fachleute auf dem Gebiet der Messung grosser Wassermengen, besonders unter Verwendung von hydrometrischen Flügeln, und sie haben diese Gruppe gebildet, um weitere Probleme zu erforschen. So stellte die Gruppe als ihre erste Aufgabe ein koordiniertes Forschungs- und Entwicklungsprogramm auf, das alle Fragen der Eichung und des Einsatzes von Messflügeln umfasst, und sie forderte ihre Mitglieder auf, an dieser Arbeit tatkräftig mitzuwirken.

Die Ergebnisse dieser Arbeit werden, sobald sie in einer Sitzung der Gruppe diskutiert worden sind, in beschränkter Auflage in Form eines ICMG-Berichtes im Namen der Gruppe vom National Engineering Laboratory, East Kilbride, Glasgow, herausgegeben. Eine Liste dieser ICMG-Berichte ist am Ende dieser Notiz angeführt.

Bei Betrachtung der Titel ersieht man einiges über den Umfang der Forschungsarbeiten, die unternommen wurden, um die Genauigkeit der Flügelmessungen ständig zu verbessern und mögliche Quellen von Unzuverlässigkeiten auszuschalten. Unter diesen Untersuchungen fanden bei der Gruppe folgende drei die grösste Aufmerksamkeit: Temperatur-Einfluss, Verdrängungs- und Turbulenz-Effekte. Es scheint uns angemessen, auf die Fortschritte jener Studien zurückzublicken, die sich alle mit den möglichen Abweichungen befassten, die bei der Eichung der Messflügel im Schlepptank und bei der Anwendung in Rohrleitungen oder im offenen Kanal auftreten können.

Wenn bei der Eichung des Messflügels im Laboratorium und beim Einsatz im Abnahmeversuch der Temperaturunterschied des Wassers einen Einfluss auf die Viskosität des Lageröls ausübt, der genügt, die Lagerreibung sichtlich zu verändern, so tritt ein Fehler auf. Verschiedene Mitglieder der Gruppe führten auf mannigfache Art und Weise Versuche durch, und deren Ergebnisse wurden in der Versammlung im Juni 1962 in Paris diskutiert. Die Gruppe stellte fest, dass jegliche Fehler, die aus diesen Gründen entstehen, innerhalb der normalen im Versuch auftretenden Fehlergrenzen liegen, unter der Voraussetzung, dass immer die für den betreffenden Flügel vorgesehene Ölqualität gebraucht werde.

Als das Auftreten eines Verdrängungseffektes erkannt wurde, bildete man im Juni 1962 ein Subkomitee mit dem Auftrag, dieses Problem genauer zu untersuchen. Wenn ein Körper oder sonst ein Gebilde in einem allumschlossenen Querschnitt (z. B. in einer Rohrleitung) eingebaut ist, so bewirkt die Verminderung der verfügbaren Querschnittsfläche ein Anwachsen der Strömungsgeschwindigkeit in der Ebene des Körpers. Weil dieser Geschwindigkeitsanstieg nicht plötzlich auftreten kann, wird auch stromaufwärts die Geschwindigkeitsverteilung gestört. Wenn die Verdrängungsfläche der Messflügel und ihre Befestigung einen wesentlichen Anteil der gesamten Querschnittsfläche des Rohres ausmacht, werden die Messflügel die in der gestörten Umgebung leicht erhöhte Strömungsgeschwindigkeit anzeigen.

Das Auftreten einer solchen möglichen Fehlerursache wurde zuerst wahrgenommen, als schwere Stützbalken, z. B. achtarmige Kreuzstützen, eingebaut wurden, deren Spantquerschnitt mehr als 5 % der Gesamtfläche einnahm. Bis jetzt wurden noch keine verbindlichen Angaben von Seite der Gruppe herausgegeben. Das Subkomitee jedoch überprüft alle verfügbaren theoretischen und praktischen Unterlagen und versucht, neue Angaben zu erhalten, aus denen Schlüsse gezogen werden können.

Wenden wir uns dem dritten Problem, dem Turbulenz-Effekt zu. Es wurde oft angedeutet, dass die Verhältnisse bei der Eichung eines Messflügels, wenn er durch stillstehendes Wasser in einem langen Kanal (Tank) geschleppt wird, hydrodynamisch gesehen nicht gleich sind wie bei der praktischen Anwendung, wo der Messflügel in einer bestimmten Lage in einem Rohr oder Kanal gehalten wird und das Wasser oft sehr turbulent vorbeifließt. Mehrere Versuche wurden durchgeführt, welche andeuteten, dass eine Abweichung zwischen den beiden Anwendungarten auftreten kann. Doch zeigte die in vielen Vergleichsmessungen zwischen Flügel und anderen Methoden (eingeschlossen die Behältermessung, wie sie z. B. beim Fätschbachwerk angewandt worden war) gefundene Übereinstimmung, dass die Grösse dieser Turbulenz-Erscheinung innerhalb der dieser Methode eigenen gebräuchlichen Fehlergrenzen lag.

Die Gruppe bestimmte gleichfalls im Juni 1962 ein zweites Subkomitee, welches möglichst viel Erfahrung sammeln und neue Untersuchungen anstellen soll, damit der Einfluss dieses Turbulenz-Effektes, sofern er auftritt, bestimmt und somit berücksichtigt werden kann.

Dieser kurze Bericht über die Arbeit der ICMG wird, so hofft man, die Aufmerksamkeit derjenigen, die Flügel für Flüssigkeitsmengenmessungen verwenden, auf sich lenken. Zugleich sind alle Stellen, die an der Verbesserung der Messflügel oder deren Anwendung arbeiten, eingeladen, mit dem Sekretär der ICMG, Dr. E. A. Spencer, Leiter der Abteilung Fluid Mechanics, National Engineering Laboratory, East Kilbride, Glasgow, in Verbindung zu treten, der alle gewünschten Informationen erteilen kann.

Verzeichnis der ICMG-Berichte

- [1] Coffin, J., Effect of inclination on currentmeter response (in French), 1960.
- [2] Weber, P., The grid effect on measurements by currentmeters in a rectangular closed conduit. Part 1 (in German), 1960.
- [3] Weber, P., The grid effect on measurements by currentmeters in a rectangular closed conduit. Part 2 (in German), 1961.
- [4] Winternitz, F. A. L., and McDonald, L. M., Displacement effects in penstock flow measurement by means of currentmeters. Part 1, Aerodynamic tests (in English), 1961.

- [5] Müller, H. P., The effect of oil viscosity on currentmeters during calibration and field tests (in English and German), 1961.
- [6] Müller, H. P., Experience with a number of currentmeters used for flow measurements in penstocks (in English and German), 1961.
- [7] Coffin J. and Bertholet, G., A magnetic drive for currentmeters (in French), 1961.
- [8] Landauer, A., The effect of alterations in oil viscosity on currentmeter measurements due to changes in water temperature (in German), 1962.
- [9] Chaix, F., Field and laboratory tests to assess the influence of turbulence on the performance of different types of currentmeters (in French), 1963.
- [10] Müller, H. P., Report on experience with fully compensated OTT currentmeters for the measurement of oblique flows in turbine intakes (in German), 1962.
- [11] Böhm-Raffay, H., On the significance of centre-line currentmeters in penstock currentmeter measurements (in German), 1962.
- [12] Böhm-Raffay, H. and Chaix, B., Tests on displacement effects in currentmeter measurements in penstocks (in German), 1962.
- [13] Castex, L. and Carvounas, E., Effects of turbulence on currentmeter flow measurements in a free-flowing channel (in French), 1962.

Wasserkraftnutzung an der oberen Donau

DK 621.29

Für den stufenweisen Ausbau der rd. 171 km langen Strecke von Ulm bis Kelheim (bei der Einmündung der Altmühl oberhalb Regensburg) ist ein Rahmenplan aufgestellt worden, der im Jahre 1950 seine letzte Gestalt erhielt. Hierüber berichten die Direktoren Dr. Heinz Fuchs, Peter Holleis und Dr. Fritz Schwaiger in «Die Wasserwirtschaft» 1963, Heft 5, S. 150 bis 161. Für diese Strecke ist kennzeichnend, dass die mittlere Wasserführung von $116 \text{ m}^3/\text{s}$ auf $324 \text{ m}^3/\text{s}$ zunimmt, wobei bei einem von 1,05 auf 0,58 % abnehmenden Fließgefälle eine Rohfallhöhe von 127 m überwunden wird. Dieses Gefälle soll nach dem Plan von 1950 in 19 Stufen gemäß Tabelle 1 und Bild 1 ausgenutzt werden.

Die Ausbauleistung der ganzen Kette beträgt 246 000 kW, die mittlere jährliche Erzeugung 1338 Mld kWh. Dabei ist ein Ausbaudurchfluss von 190 bis $250 \text{ m}^3/\text{s}$ für die Strecke Ulm - Lechmündung (unterhalb Lechsend) und von $440 \text{ m}^3/\text{h}$ für die von der Lechmündung bis Kelheim zugrunde gelegt. Im Einzugsgebiet bestehen beachtliche Speichermöglichkeiten, die aber meist in Erholungsgebieten liegen, weshalb ihr Ausbau fraglich ist. Nur im Lechgebiet sind sie teils schon verwirklicht (z. B. bei Rosshaupten, beschrieben in SBZ 1961, Hefte 10 und 11, S. 143 u. 164), teils geplant.

Von der gesamten Strecke ist das Teilstück zwischen Ulm und der Einmündung der Brenz in den letzten Jahren (seit 1957) durch die Obere Donau Kraftwerke AG., ein Organ der Rhein-Main-Donau AG. (RMD) weitgehend ausgebaut worden. Tabelle 2 gibt Auskunft über die einzelnen Stufen, Bild 2 zeigt den Lageplan. Bei der Einzelplanung musste auf die verwickelten Hochwasserverhältnisse zwischen Lauingen und Donauwörth Rücksicht genommen werden.

Jede Staustufe besteht aus einem Wehr mit drei Öffnungen von je 16,0 m (bei den oberen vier Werken) bzw. 19 m Lichtweite, dem Kraftwerk mit zwei Maschinensätzen auf der einen Seite des Wehrs und einer Kahnschleuse von 22 m Länge und 4 m Breite auf der anderen Seite. Diese kann später zu einer Grossschiffahrtsschleuse ausgebaut werden. Die nur 3 m breiten Wehrpfeiler weisen keine Schützenanlagen auf. Der Drehpunkt der Segmentverschlüsse, die mit Aufzinkklappen versehen sind, liegt im Oberwasser, wodurch sich in den Pfeilern ein günstiger Verlauf der Kräfte ergibt, was eine verhältnismässig leichte Konstruk-

tion ermöglichte und sich auf die Kosten sowie die Bauzeiten vorteilhaft ausgewirkt hat. Um im Winter die Wehrverschlüsse eisfrei zu halten, sind auf der OW-Seite der Verschlusskörper in einer Tiefe von 2,0 bis 2,5 m horizontale Sprudelleitungen eingebaut worden. Die Luft, die aus ihnen austritt, hebt wärmeres Wasser aus der Tiefe nach oben und verhindert so die Bildung einer Eisdecke.

Für die Festlegung der Ausbauleistungen waren wasserwirtschaftliche Gegebenheiten massgebend. Bei Ulm vereinigt sich die Donau mit der Iller, also ein Fluss aus dem Mittelgebirge mit einem aus dem Hochgebirge, wodurch sich die Wasserführung weitgehend ausgleicht. Tatsächlich weichen die Monatsmittel im langjährigen Durchschnitt nicht mehr als 30 % vom Jahresmittel ab. Bei der Planung wurde ein Tagesspeicherbetrieb vorgesehen, wozu ein Kopfspeicher bei Oberelchingen und ein Ausgleichspeicher oberhalb Faimingen von je 1,4 Mio m^3 Nutzhinhalt geplant sind. Dadurch ist es möglich, die Erzeugung dem stark unterschiedlichen Bedarf anzupassen. Der Schwellbetrieb, der auf diese Weise zustandekommt, führt zu hohen Ausbauleistungen, also zu einer geringen jährlichen Vollbetriebsstundenzahl. Diese Leistungen sind dank den Fortschritten im Turbinenbau wirtschaftlich geworden.

Jedes Werk weist zwei Kaplan-turbinen mit vier Flügeln und rd. 4,2 m Laufraddurchmesser auf, die mit 100 bzw. 93,8 U/min arbeiten. Nur bei Leipheim ist eine Ausführung mit fünf Schaufeln und 4,1 m Durchmesser gewählt worden. Die Turbinen entsprechen der üblichen Bauweise mit unterem und oberem Führungslager sowie Spurlager auf dem Turbinendeckel und Zuführung des Steueröls für den Servomotor der Laufradschaufeln durch das obere Führungslager. Die Generatoren sind für die gleiche Scheinleistung von 5500 kVA bei 3150 V Maschinenspannung gebaut. Die beiden Generatoren eines Kraftwerkes arbeiten auf einen gemeinsamen Transformator von 12 000 kVA, 3,15/110 kV. Zur Erregung dienen ruhende, transduktorgesteuerte Siliciumgleichrichter, die nicht nur geringere Anlagekosten ergeben als rotierende Erregerumformersätze, sondern auch einen besseren Wirkungsgrad vor allem bei Teillast aufweisen und weniger Geräusch verursachen. Der Anlagewirkungsgrad der Kraft-

Tabelle 1. Ausbaustufen der Donau zwischen Ulm und Kelheim

| Strecke | Zahl | Rohfallhöhen |
|----------------------------|------|----------------------|
| Oberelchingen - Günzburg | 3 | 6,5; 6,5; 6,5 |
| Offingen - Dillingen | 4 | 5,0; 6,5; 5,25; 5,75 |
| Höchstädt - Donauwörth | 3 | 7,0; 7,0; 7,0 |
| Lechsend - Bertholdshausen | 2 | 5,5; 6,0 |
| Bittenbrunn - Ingolstadt | 3 | 7,0; 8,0; 8,0 |
| Grossmehring - Kelheim | 4 | 6,0; 6,0; 6,0; 5,3 |

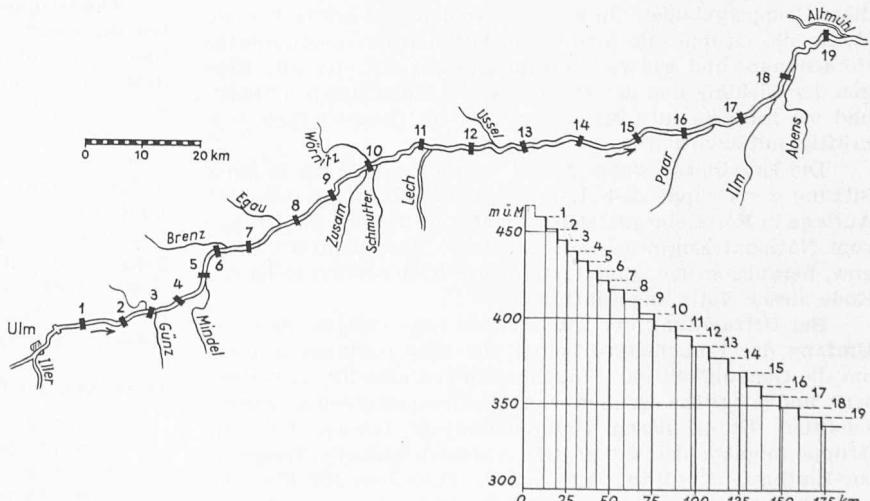


Bild 1. Donaustrecke Ulm—Kelheim, Übersichtsplan 1:1,3 Mio und Längenprofil. Die Stufen heißen: 1 Oberelchingen, 2 Leipheim, 3 Günzburg, 4 Offingen, 5 Peterswörth, 6 Lauingen, 7 Dillingen, 8 Höchstädt, 9 Tapfheim, 10 Donauwörth, 11 Lechsend, 12 Bertholdshausen, 13 Bittenbrunn, 14 Bergheim, 15 Ingolstadt, 16 Grossmehring, 17 Wackerstein, 18 Eining, 19 Kelheim.