Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 70 (1952)
Heft: 10

Artikel: Wasserfassung an Wildbächen
Autor: Stambach, E. / Kalt, L.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-59568

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: 24.08.2025

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

70. Jahrgang Nachdruck von Bild oder Text nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet
Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich Nummer 10

75 Jahre Maschinenfabrik Oerlikon

DK 061.75:621 (494.34)

Im November 1876 wurde die «Werkzeug- und Maschinenfabrik Oerlikon» im Handelsregister eingetragen. Zehn Jahre später wurde der Name in «Maschinenfabrik Oerlikon» geändert und gleichzeitig der französische Name «Ateliers de Construction Oerlikon» aufgenommen. Anlässlich der 75. Wiederkehr des Gründungstages gab die Maschinenfabrik Oerlikon eine reich und schön ausgestattete Jubiläumsschrift heraus, die nach allen Richtungen hin Auskunft gibt über das Leben im Fabrikbetrieb, die innere Gliederung, die Produktionsanlagen, die Forschung und vor allem über die zahlreichen und bemerkenswerten Erzeugnisse. Die zahlreichen Bilder und gut zusammengefassten Berichte der einzelnen Abteilungsleiter geben einen interessanten Ausschnitt durch das vielgestaltige Planen und Schaffen dieser weltbekannten Firma, die immer wieder bemerkenswerte Pionierleistungen hervorgebracht hat.

Die Arbeit in einer Maschinenfabrik ist immer das Werk von Menschen, die verstehen, sich in eine Gemeinschaft einzuordnen und so zusammenzuarbeiten. Dass es zu einer lebendigen Zusammenarbeit kommt, ist nicht selbstverständlich, sondern kann nur durch eine sorgfältige und auf breiter Basis aufgebaute Pflege der menschlichen Beziehungen erreicht und erhalten werden. Es ist bekannt, dass die Maschinenfabrik Oerlikon auch auf diesem Gebiet Pionierarbeit geleistet hat und weiter leistet, wohl wissend, dass diese Arbeit nicht nur die beste und wirksamste Massnahme zur Erhaltung hoher Arbeitsqualität und innerer Gesundheit des Unternehmens auf weite Sicht ist, sondern überdies die Erfüllung einer innern Verpflichtung gegenüber dem Mitmenschen bedeutet. Diese Haltung kommt denn auch in der Festschrift überzeugend zum Ausdruck, einmal dadurch, dass die Berichtverfasser und teilweise auch ihre Mitarbeiter im Bild gezeigt werden, dann aber auch in den Berichten selber, vor allem in dem vom Direktor der Personalabteilung, Ing. R. Huber, verfassten Aufsatz über «Die menschlichen Beziehungen», der mit folgenden Worten abschliesst: «Wir müssen darüber wachen, dass neben den überhandnehmenden aber notwendigen administrativen und organisatorischen Einrichtungen das persönliche Element in unserer gemeinsamen Arbeit nicht verloren geht. Die Förderung des gegenseitigen Vertrauens durch aufgeschlossenes und uneigennütziges Handeln bleibt auch für die Zukunft ausschlaggebend. Diese menschlichen Beziehungen im Betriebe zu festigen, wird in den nächsten Jahrzehnten unsere grosse Aufgabe sein.»

Wasserfassungen an Wildbächen

Von Obering. E. STAMBACH und Ing. L. KALT, Motor-Columbus, AG., Baden

887
DK 627.~~819~~

A. Allgemeines

Die Fassung von Wasser aus Wildbächen und seine Einleitung in Werkanlagen für die Bewässerungen, die Energieerzeugung oder andere Zwecke bietet an sich keine besonderen technischen Schwierigkeiten. Die Probleme sind aber komplizierter, wenn das zu fassende Wasser verunreinigt ist und diese Verunreinigungen mit Rücksicht auf den Verwendungszweck des Wassers entfernt werden müssen. Unter Verunreinigung sind im Folgenden nur die mechanisch ausfällbaren, wie das Schwimmgut (Holz, Laub, Eis, Kadaver und ähnliches), die Schwebestoffe (Feinsand) und das Geschiebe (Sand, Kies), zu verstehen. Je nach dem Verwendungszweck des Wassers sind die Anforderungen an den anzustrebenden Reinigungsgrad verschieden, und dementsprechend wurden auch verschiedene Verfahren entwickelt, um dem Wasser die störenden Beimengungen zu entziehen. Die Erfordernisse, die an die Reinheit für den Betrieb von Turbinen und Pumpen der Wasserkraftanlagen gestellt werden, sind hoch und veranlassen die Kraftwerkbetriebe, diesen Problemen grosse Aufmerksamkeit zu schenken. Der verheerende Einfluss von sandhaltigem Wasser auf Schaufeln und Düsen der Turbinen ist bekannt. Es ist deshalb nicht verwunderlich, dass immer wieder nach neuen Lösungen gesucht wird, dem Anfall der Fremdstoffe Herr zu werden, um die Aufwendungen für den Ersatz von durch Erosion beschädigten Teilen zu verringern, die Betriebskosten herabzusetzen und ausserdem die nötige Betriebsicherheit zu garantieren. Der erfahrene Ingenieur weiss, dass es zum Erreichen dieses Zieles kein allgemein gültiges Mittel gibt, sondern dass er in jedem einzelnen Fall nach derjenigen Lösung suchen muss, die den gegebenen Verhältnissen am besten entspricht. Die dabei zu berücksichtigenden Voraussetzungen sind mannigfaltig. Sie erschöpfen sich nicht in der Topographie der Fassungsstelle, dem Gefälle des Baches und der Abflussgrösse. Von Bedeutung ist der zeitliche Verlauf des Wasserregimes, das Verhältnis zwischen Hoch- und Niederwasser und dasjenige zwischen der Grösse der Wasserentnahme und des Bachabflusses im Jahreszeitenverlauf. Zu diesen hydraulischen Voraussetzungen kommt noch das zeitlich und mengenmässig veränderliche Auftreten der Verunreinigungen. Von einschneidendem Einfluss ist die Petrographie des Geschiebes, die Kornzusammensetzung, die Grösse und Form der Steine und Blöcke sowie der Geschiebetrieb in Funktion des Wasserabflusses. Ferner ist festzustellen, ob die Verunreinigungen zu gewissen Zeiten stossweise oder kontinuierlich auftreten und welchen Weg sie im natürlichen Bachlauf nehmen.

Es ist einleuchtend, dass bei verschiedenen Gewässern nur gewisse Grundelemente der Wasserfassungen ähnlich gestaltet werden können. Die Einzelheiten, denen für das einwandfreie Funktionieren der Anlage entscheidende Bedeutung zukommen kann, werden jeweils so verschieden ausfallen, dass es sich jedesmal um die Lösung einer neuen Auf-

Bild 1. Aletschgletscher und Massa; A Gletschertor, B Fassungsstelle.

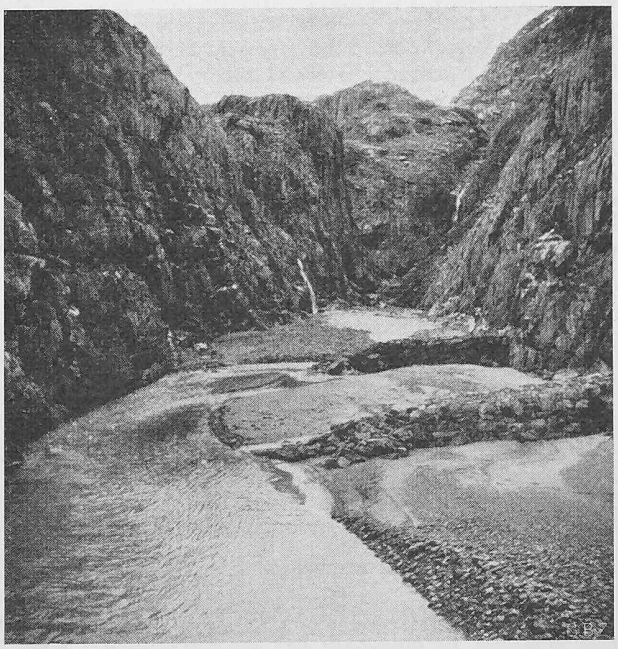

Bild 2. Massa oberhalb der Fassungsstelle mit den beiden eingebauten Buhnen.

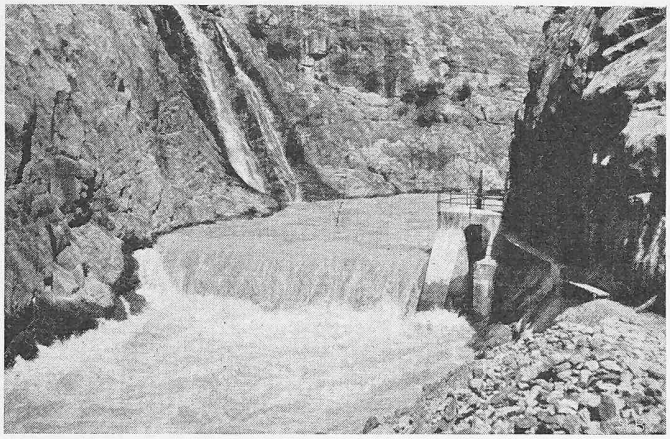

Bild 3. Ursprüngliches Wehr mit Wasserfassung auf dem linken Ufer.

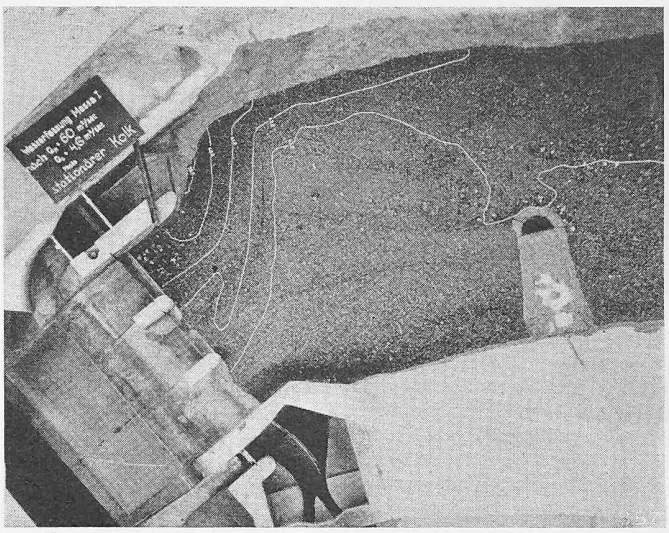

Bild 4. Modell der Wasserfassung des Aletschwerkes. Auflandungen im Oberwasser und Kolk vor der Fassung bei Durchfluss von 60,0 m³/s.

gabe handelt. Nur dem Fachmann mit grosser Erfahrung und ausreichendem Einfühlungsvermögen wird es gelingen, die Eigenart des einzelnen Falles zuverlässig zu erkennen und für diesen rasch und zielsicher das zweckmässigste System und die wesentlichen Richtlinien für die Ausführung vorzuschlagen. Dafür ist das eingehende Studium von Vorgängen Voraussetzung, die den Naturgesetzen gehorchen und einem bestimmten Zusammenwirken unterworfen sind. Wir können diese Erscheinungen nur in sehr beschränktem Masse rechnerisch erfassen und sind deshalb gezwungen, sie mehr nach gefühlsmässigen und empirischen Ueberlegungen zu beeinflussen oder zu ändern. Unsere Einwirkung muss jedoch stets auf eine Unterstützung und sinnvolle Lenkung der Natur bedacht sein und darf sich niemals gegen ihren Ablauf richten, wenn Misserfolge und Enttäuschungen ausbleiben sollen. Das zwingt zur ernsthaften und genauen Beobachtung der Vorgänge in der Natur, wozu uns der Modellversuch in jeder Beziehung ein wertvolles Hilfsmittel in die Hand gibt.

Im Kampf gegen den Anfall von Fremdstoffen ist allgemein anzustreben, dass diese in möglichst geringer Menge in die Fassung eingeführt werden, was zum Teil durch Ablenkung, Abspülung oder durch Abschwemmen erreicht werden kann. Für die Ausscheidung der Fremdstoffe, die schon in eine Fassung gelangt sind, gibt es verschiedene Einrichtungen. Es sind dies feste, mehr oder weniger geneigte oder bewegliche Rechen und Siebe oder Absetzbecken. Unter den letztgenannten sind gewöhnliche, kammerartige Kanalerweiterungen oder eigentliche Sandfänge (System Büchi, Dufour oder andere) bekannt. Auch ist das Ausfällen von Sand schon unter Zuhilfenahme der Zentrifugalkraft versucht worden.

Es ist nicht die Absicht, hier diese verschiedenen Verfahren im einzelnen zu beschreiben. Vielmehr soll nachstehend an zwei Beispielen gezeigt werden, wie auch unter ungünstigsten Voraussetzungen Wasserfassungen für Kraftanlagen erstellt werden können, die den Anforderungen entsprechen und die Betriebsicherheit der Werke gewährleisten. Im ersten Fall handelt es sich um eine Wasserfassung in einem mächtigen Gletscherbach unmittelbar nach seinem Ausfluss aus einem unserer grössten Gletscher bei ausserordentlich starkem Sand- und Geschiebeanfall. Das zweite Beispiel zeigt eine Wasserfassung an einem Wildbach im Ausland, der sehr ausgeprägte Hochwasser aufweist und viel grobblockiges Geschiebe bringt. Für beide Wasserfassungen sind an der Versuchsanstalt für Wasserbau der ETH (Leitung Prof. Dr. E. Meyer-Peter) Modellversuche ausgeführt worden. Die Projektierung und Bauleitung besorgte die Motor-Columbus AG., Baden.

B. Wasserfassung des Aletschgletschers an der Massa

Die Fassungsstelle liegt 1440 m über Meer, ungefähr 500 m unterhalb des gegenwärtigen Tores des Grossen Aletschgletschers, wo das Einzugsgebiet der Massa etwa 200 km² beträgt, bei einer Vergletscherung von 73 %, Bild 1. Das Flussregime weist zwei ausgeprägte Halbjahrperioden auf. In den Monaten Mai bis September führt die Massa Hochwasser und vom Oktober bis April Niederwasser. Im Verlauf der letzten fünf Jahre ist eine Hochwasserspitze von etwa 130 m³/s festgestellt worden, während der Winterabfluss zwischen 300 und 150 l/s schwankte. Die Uebergänge von einer in die andere Periode vollziehen sich meistens innerhalb Monatsfrist. Im Sommer sind Abflusschwankungen bis zu 50 m³/s innerhalb eines Tages vorgekommen. Mit dem Beginn der Gletscher-Schmelzperiode findet die Trübung des klaren Winterwassers und der Uebergang zur «Gletschermilch» durch den zunehmenden Schlammgehalt statt. Dazu setzt ein ausserordentlich intensiver Geschiebe- und Sandtransport ein. Verursacht durch Eis- und Moräneeinbrüche im und unter dem Gletscher, zum Teil auch hervorgerufen durch die grossen, kurzfristigen Abflusschwankungen, kann sich der Anfall der Fremdstoffe stossweise stark ändern. Dazu führt der Wildbach in Gletschernähe zeitweise erhebliche Mengen von Eisblöcken bis

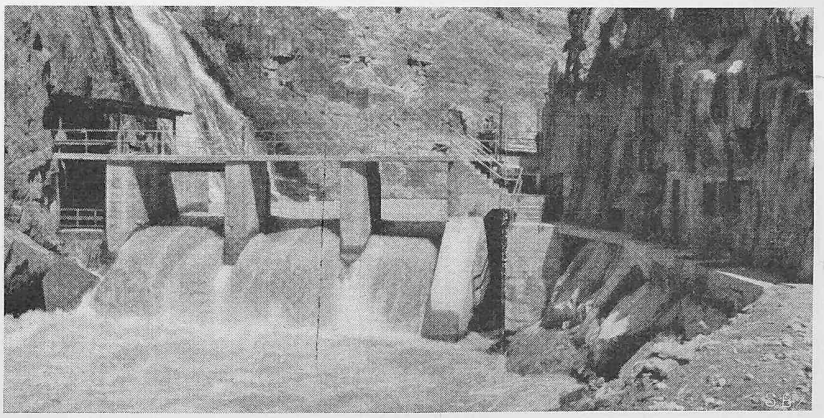

Bild 5. Umgebautes Wehr mit Wasserfassung auf dem rechten Ufer.

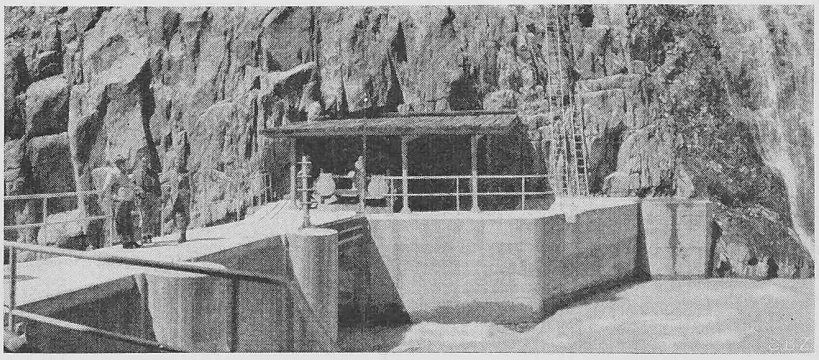

Bild 6. Wasserfassung am rechtsufrigen Ende des umgebauten Wehres.

zur Grösse eines Kubikmeters mit sich, die weiter unten im Bachbett zerschellen und allmählich abschmelzen. Diese Abflussverhältnisse bildeten die allgemeinen Grundlagen für die Gestaltung einer Wasserfassung in der Massa und zwar in einer kaum 20 m breiten, von hohen Felswänden begrenzten und sehr schwer zugänglichen Schlucht (Flusserosionsrinne).

Die Gesamtdisposition des Aletschwerkes ist aus den Skizzen der früheren Veröffentlichung [1]) ersichtlich. Die dort in den Bildern 3 und 4 dargestellte Wasserfassung entspricht der ursprünglichen Ausführung, die mit geringstem Kostenaufwand in einfachster Weise am Ende des unter dem Riederhorn vorgetriebenen Ueberleitungsstollens angelegt wurde. Der Wassereinlauf am linken Ufer der Massa, und zwar auf der Innenseite einer Flusskrümmung, war mit einer Schottergasse und einem Einlaufrechen versehen. Das Wasser durchströmte dann zwei reichlich dimensionierte Dufour-Entsander, bevor es in den Stollen gelangte. Bild 3 zeigt die ursprüngliche Ausführung des Wehrs mit der Fassung am linken Ufer. Die Betriebserfahrungen im Sommer 1950, also während des Versuchsbetriebes des Kraftwerkes mit nur einer Turbinengruppe, führten dazu, die Fassung im Hinblick auf den aussergewöhnlich grossen Geschiebeanfall auszubauen. Die grundlegenden Erkenntnisse für die notwendigen Umbauten ergaben sich aus Modellversuchen, die unter der umsichtigen Leitung von Prof. R. Müller an der Versuchsanstalt für Wasserbau der ETH ausgeführt wurden. Bild 4 zeigt das Modell mit den Höhenkurven im Flussbett, wie sie sich bei einem Versuch mit einer Vergleichswassermenge von 60 m³/s ergeben haben.

Das vorstehend schon erwähnte Ziel, dem Geschiebe und weitgehend auch dem Sand den Eingang in die Wasserfassung zu verwehren, konnte durch Nachahmung der allbekannten Erscheinung erreicht werden, nach der sich das Geschiebe in einer Flusskrümmung immer an der Innenseite der Kurve ablagert, während sich das Bett längs der Aussenseite vertieft und die Ufer anfrisst. Grundsätzlich musste also die Wasserentnahme aus dem Bach an das rechtsseitige Ufer, also an die Aussenseite der Krümmung verlegt und das dort gefasste Wasser durch einen Dücker unter dem Flussbett in die bestehenden Anlagen geführt werden. Um die erwünschte Wirkung möglichst voll zu erreichen, ist der Wassereinlauf auch auf Grund eingehender Modellversuche so gestaltet worden, dass die natürliche Kolkwirkung an dieser Stelle noch verstärkt wird. Dazu war der Einbau von zwei Buhnen am linken Ufer der Massa, oberhalb der Fassung notwendig, Bild 2. Aus der Situations-Zeichnung, Bild 8, ist ersichtlich, wie der Hauptstromstrich des Flusses in voller Wucht gegen die Fassung anprallt und quer zu dieser gegen das Wehr abfliesst. Es entsteht ein ausgeprägtes Quergefälle der Wasseroberfläche, wodurch sich die grösste Kolkwirkung direkt vor dem Wassereinlauf einstellt und gerade hier die Ablagerung von Geschiebe verhindert. Dieses wird vom Wasser unweigerlich von der Fassung weggerissen und gegen das Wehr abgetrieben. Das Wehr besteht nur aus einem festen Wehrkörper mit Abfallboden, weist also keine Schützen auf (Bilder 5 bis 9). Der beschriebene Vorgang vollzieht sich umso wirkungsvoller, je grösser der Abfluss im Bach und damit die Wassergeschwindigkeit und das Quergefälle werden. Bei abnehmendem Abfluss verliert das Wasser an Geschwindigkeit und Stosskraft, und dadurch wächst die Wahrscheinlichkeit, dass Geschiebe den Weg in die Fassung findet. Es gibt einen kritischen Bereich des Geschiebelaufes, der vom Verhältnis der Wasserentnahme zur Flusswasserführung abhängt. Dieser trifft alljährlich im Frühjahr und im Herbst beim Anschwellen bzw. beim Rückgang des Hochwasserablaufes ein, wenn die Massa weniger als 10 bis 20 m³/s führt, von denen höchstens 4 bis 5 m³/s in das Werk abgeleitet werden. Unter diesen Bedingungen, die zum Glück nur etwa während eines Monats pro Jahr auftreten, muss mit einer gewissen Geschiebezufuhr in die Fassung gerechnet werden. Mengenmässig ist sie aber so gering, dass sie mit geeigneten Mitteln (Kiesfang, Grundablasspülung und Ueberlaufschwelle) beherrscht werden kann.

Aus diesen Darstellungen geht hervor, dass besonders während den Uebergangsperioden dem Fluss nur das für den Werkbetrieb notwendige Wasserquantum entnommen werden soll, damit das Verhältnis der abgeleiteten zur vorhandenen Abflussmenge klein und der Einfluss der Querströmung auf den Geschiebetrieb vor der Fassung erhalten bleibt. Beiläufig ist zu erwähnen, dass der Einlauf keinen Rechen, sondern nur eine Tauchwand zur Abweisung des Schwimmgutes (Eis und

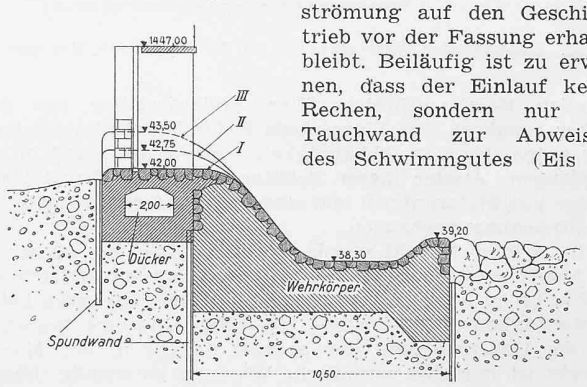

Bild 7. Querschnitt durch das Wehr, 1:300. Vgl. hierzu Bild 3, Schnitt BB in SBZ 1950, S. 348.

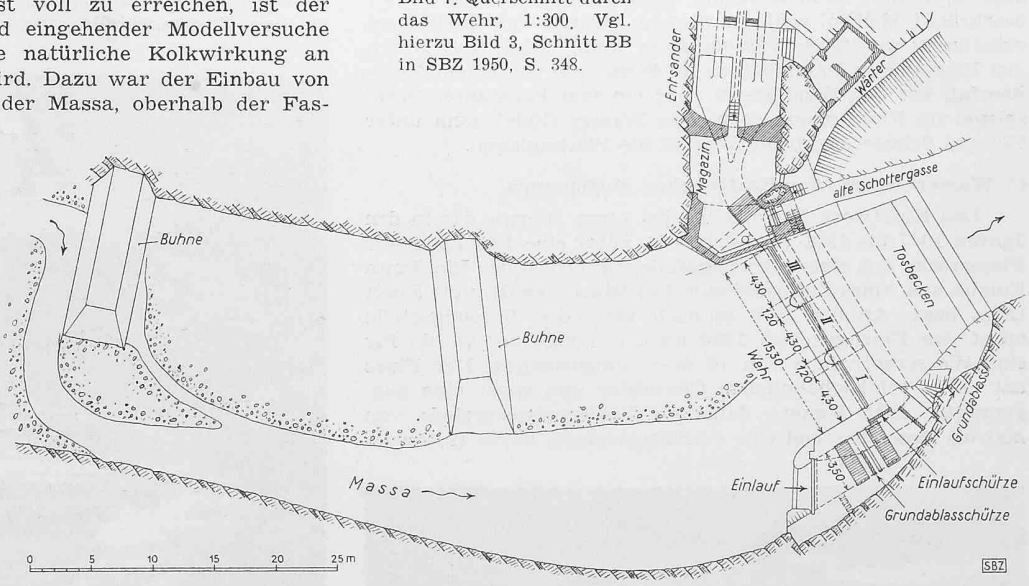

Bild 8. Lageplan der neuen Wasserfassung an der Massa, 1:600.

[1]) SBZ 1950, Nr. 26, S. 347*.

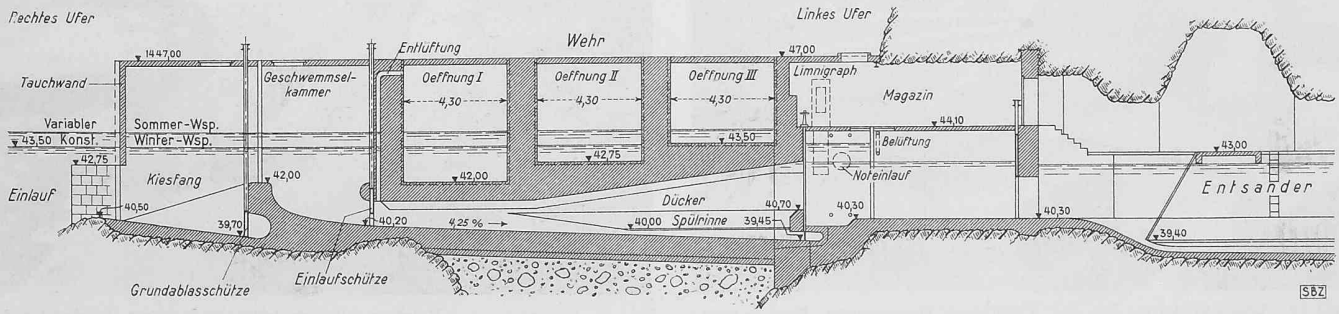

Bild 9. Längsschnitt durch das Wehr, von der Unterwasserseite gesehen; Masstab 1:300.

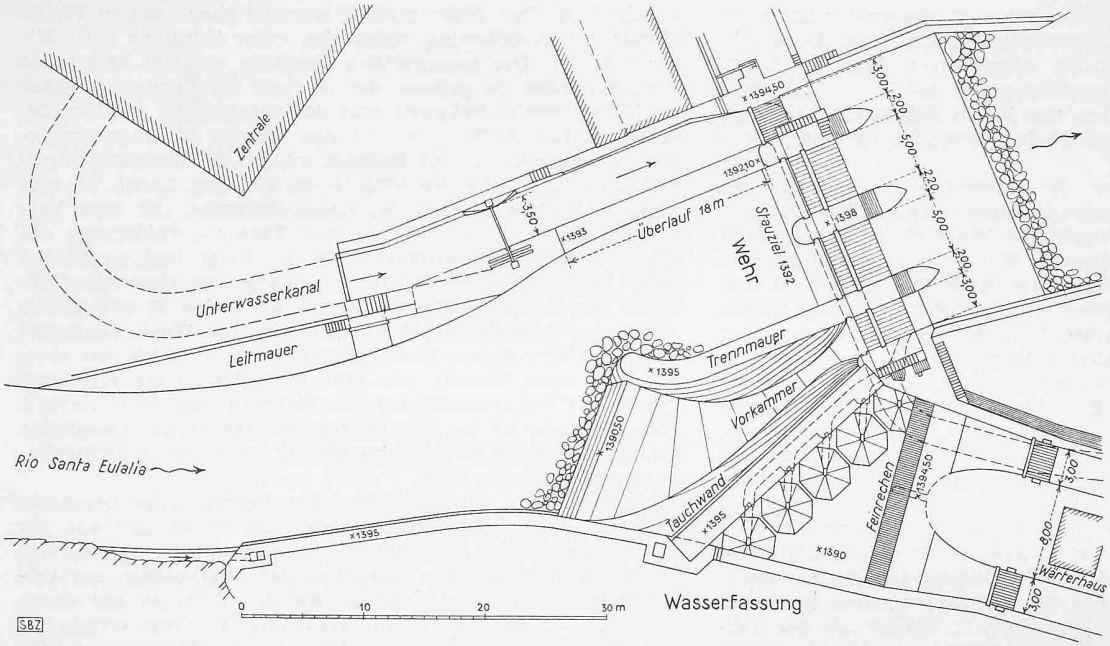

Bild 10. Lageplan der Wasserfassung für das Kraftwerk Moyopampa; 1:600.

bisweilen Holz) aufweist. Eine Einlaufschütze vor dem Dücker reguliert den Wasserbedarf durch Schwimmersteuerung automatisch in Abhängigkeit vom Wasserstand in den Sandfängen. Ausser dieser Schütze sind eine Grundablassschütze mit Motorantrieb und eine Geschwemmselschütze mit Handbedienung vorhanden.

Im Winter 1950/51 wurde die Wasserfassung auf Grund der Modellversuche ausgebaut. Die seither im Betrieb des Werkes beobachteten Wasser- und Geschiebeführungen haben die Richtigkeit der Versuche im vollen Umfange bestätigt. Für die Ueberwachung der ganzen Anlage in der Massaschlucht ist nur eine periodische Wartung notwendig. Besonders im Winter kann diese auf einzelne Besuche der Wärter beschränkt bleiben, weil der alsdann geringe verfügbare und vollständig sandfreie Wasserzufluss wenig schwankt. Durch den Einsatz von Dammbalken im Wehr und von einem Messüberfall vor den Sandfängen wird ein fast konstanter Stauspiegel im Fluss eingehalten. Das Wasser findet dann unter Eis und Schnee leicht den Weg in die Werkanlagen.

C. Wasserfassung des Kraftwerkes Moyopampa

Das Kraftwerk Moyopampa bei Lima (Peru), das in den Jahren 1947 bis 1951 gebaut wurde, nützt eine 13,6 km lange Flusstrecke mit einem Bruttogefälle von 500 m des Rio Santa Eulalia aus, eines Zuflusses zum Rio Rimac, an dem die Stadt Lima liegt. An der 1390 m hoch gelegenen Fassungsstelle misst das Einzugsgebiet 1200 km². Die Fassung wurde für eine Wasserentnahme von 16 m³/s dimensioniert. Der Fluss hat einen wildbachähnlichen Charakter und weist eine ausgeprägte, acht Monate dauernde Niederwasserperiode von Mai bis Dezember und eine verhältnismässig kurze Hochwasserzeit zwischen den Monaten Dezember und April auf. Der Geschiebetrieb beginnt bei einer Wasserführung von ungefähr 30 m³/s, und die höchsten beobachteten Hochwasserspitzen erreichten etwa 180 m³/s. Diese treten in der Regel als Folge von starken Niederschlägen mit tropenregenähnlichem Charakter auf. An den grösstenteils vegetationslosen und steilen Berghängen mit sehr geringem Retentionsvermögen fliesst das Wasser sofort ab und schwemmt das infolge Temperatureinwirkung und Wind verwitterte Material weg. Auf diese Art entstehen die sehr gefürchteten Huáicos (Murgänge), die wegen des grossen Geschiebetriebs und der starken Anreicherung von suspendiertem Material im Wasser beim Bau von Fassungen in den peruanischen Andenflüssen ausserordentliche Schwierigkeiten verursachen können.

In der Erkenntnis der geschilderten Verhältnisse liess die Motor-Columbus AG. in den Jahren 1947 und 1948 im Wasserbaulaboratorium der ETH Modellversuche durchführen, die sich sowohl auf die Fassung als auch auf die Entsandung erstreckten. Die Disposition der Fassung, die sich aus den Versuchen ergab, ist aus Bild 10 ersichtlich. Auch in diesem Falle ist es gelungen, durch konsequente Befolgung des oben beschriebenen Prinzips eine geschiebefreie Fassung zu erstellen. Die natürliche, geringe Krümmung des Flusses an der Fassungsstelle wurde durch den Einbau des Vor-

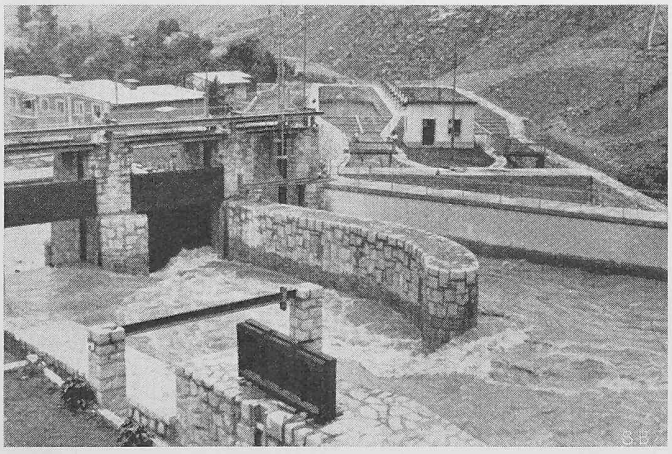

Bild 11. Wasserfassung für das Kraftwerk Moyopampa. Man beachte das abgebogene obere Ende der Trennmauer.

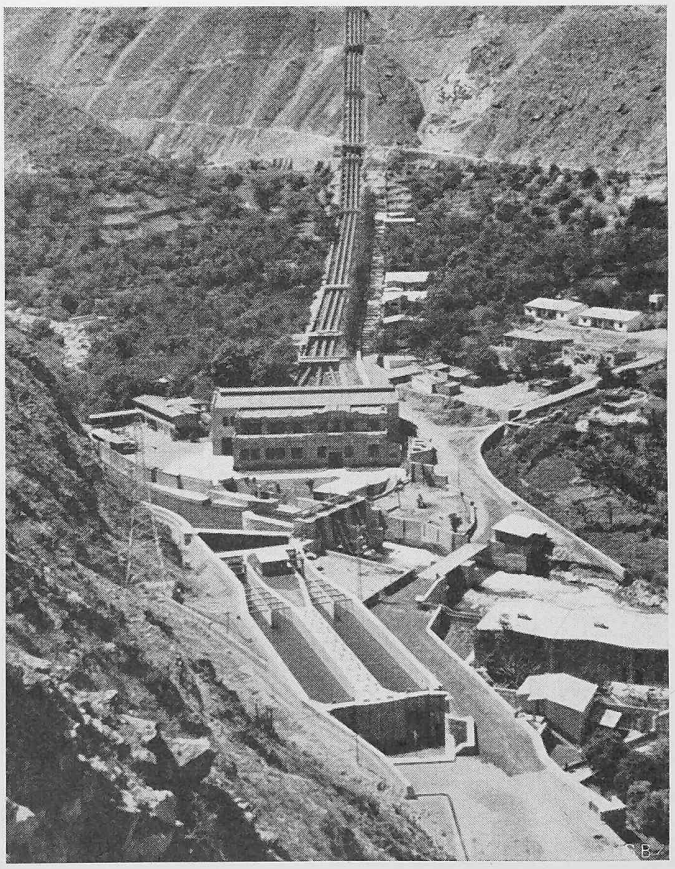

Bild 12. Entsander (im Vordergrund) und Wasserfassung für das Kraftwerk Moyopampa, darüber Zentrale und Druckleitung der obern Stufe.

beckens und von bogenförmigen Mauern an beiden Ufern künstlich verstärkt. Das notwendige Quergefälle und die sich daraus ergebende Kolkwirkung vor der Einlaufschwelle des Vorbeckens als wesentliche Voraussetzung für eine geschiebefreie Fassung konnte durch eine starke Verengung des Durchflussquerschnittes des Flusslaufes vor dem Wehr (Abbiegung des oberen Endes der Leitmauer, Bilder 10 und 11) erreicht werden.

Wie bei den Anlagen an der Massa verhindert auch hier eine Tauchwand den Eintritt von Geschwemmsel in die Fassung. Das Geschwemmsel wird über eine besondere Schütze abgeleitet, unter der eine Grundablasschütze für die Spülung der Vorkammer angeordnet ist. Direkt hinter der Tauchwand liegen fünf Absetztrichter mit individueller Spülmöglichkeit, so dass allfällig mitgeführter Kies und grober Sand ausgeschieden werden, Bild 10.

Mit Rücksicht auf die beim Niedergang von Huáicos starke Konzentration von suspendiertem Sand und Schlamm im Wasser wurde auch das Problem der Entsandung modellmässig untersucht. Diesen Versuchen diente ein von Ingenieur Boner in Peru für die Andenflüsse entwickelter Sandfang als Grundlage. Er besteht aus mehreren aneinandergereihten Absetztrichtern mit Einzelspülmöglichkeit. Vor allem handelte es sich darum, die für die Spülung günstigste Form der Absetztrichter und die Vorgänge beim Ausspülen der mit Sinkstoffen gefüllten Trichter abzuklären. Unter normalen Betriebsbedingungen werden die Trichter intermittierend gespült. Nur bei grosser Konzentration von suspendiertem Material bleiben die Spülschützen der ersten zwei bis drei Trichter, in denen der weitaus grösste Teil der Sinkstoffe anfällt, ständig leicht geöffnet.

Die Kontrollen, die während der Hochwasserperiode 1950/51 an der fertig erstellten Fassung durchgeführt wurden, haben die am Modell gemachten Beobachtungen in vollem Umfange bestätigt. Es zeigte sich auch in diesem Falle, dass auf Grund der Modellversuche ein Bauwerk geschaffen werden konnte, das in jeder Betriebslage einwandfrei funktioniert und die Erwartungen voll befriedigt.

Ausbildung in Apparatebau und Kältetechnik

Von Prof. Dr. P. GRASSMANN. Antrittsvorlesung, gehalten am 27. Oktober 1951 an der ETH, Zürich DK 378.962:621.56 (494)

Vor einem Jahr wurde an der Eidgenössischen Technischen Hochschule ein Lehrstuhl für kalorische Apparate und Kältetechnik errichtet. Ich möchte im Folgenden Inhalt und Ziel dieses neuen Ausbildungsgangs und meine persönlichen Ansichten über die Ingenieurbildung im allgemeinen darlegen.

Zunächst sei erwähnt, dass es sich bei der Kältetechnik nicht nur um das sehr vielfältige Gebiet der mässig tiefen Temperaturen handelt, wie sie besonders für die Konservierung von Lebensmitteln gebraucht werden, sondern dass sie darüber hinaus auch die Technik der Luft- und Gasverflüssigung sowie der Zerlegung dieser Stoffe umfasst, ein Gebiet, das gleichzeitig von der Physik und von der Technik her erschlossen wurde. Am gleichen Tag konnten nämlich der Physiker Cailletet und der Ingenieur Pictet der Pariser Akademie melden, dass ihnen die Verflüssigung des Sauerstoffs gelungen sei (1877). Seitdem hat die Technik der Gaszerlegung besonders durch die Arbeiten von C. v. Linde und George Claude grosse wirtschaftliche Bedeutung erlangt. Heute harrt wieder ein Gebiet der technischen Erschliessung, das allerdings die Physiker schon seit über 40 Jahren gut durchforscht haben. Es ist das Gebiet der tiefsten Temperaturen, die nur mit Hilfe des flüssigen Heliums zugänglich sind.

Neben der Kältetechnik sollen Theorie und Konstruktion der kalorischen Apparate behandelt werden. Darunter versteht man zunächst alle jene Apparate, in denen Wärme von einem Stoff auf einen anderen übertragen wird, also Wärmeaustauscher, Verdampfer, Kondensatoren und dgl., besonders dann, wenn diese Wärmeübertragung nicht zum Zwecke der Energieerzeugung, sondern z. B. zur Stofftrennung dient, wie das bei Destillations- und Rektifikationsprozessen der Fall ist. Solche Verfahren werden allgemein in der chemischen Industrie, im besonderen bei der Erdölverarbeitung, dann aber auch in der Salinentechnik, bei der Herstellung von Zucker und in anderen Zweigen der Nahrungsmittelindustrie angewendet. Man macht sich im allgemeinen keine zutreffende Vorstellung, welch hohe Bedeutung der industriellen Weiterverarbeitung der Lebensmittel zukommt. Sie nimmt z. B. unter den verarbeitenden Industrien in USA mit über 6,5 Mrd Dollar nach der Gruppe Stahl — Eisen — Rüstung die zweite Stelle ein und übertrifft damit sowohl die gesamte Maschinenindustrie (6,2 Mrd) wie auch die Automobilindustrie (4,9 Mrd). Soweit es sich bei dieser Lebensmittelverarbeitung nicht um chemische oder biologische Fragen handelt, oder wie bei der Verpackungsindustrie um Angelegenheiten des reinen Maschinenbaus, stehen Verfahren wie Verdampfung, Eindickung, Trocknung oder Extraktion im Vordergrund, also Verfahren, die uns in diesem Zusammenhang interessieren.

Neben den genannten Gebieten hat die Klimatechnik grosse Bedeutung erlangt. Es sind nicht nur hygienische Anforderungen oder steigender Komfort, die sich im Wunsch nach einem mit künstlichen Mitteln behaglich gemachten, stets gleichmässigen Klima ausdrücken; vielmehr hat sich gezeigt, dass hierdurch in vielen Fabrikationsbetrieben die Leistung sowie die Gleichmässigkeit und Qualität der Erzeugnisse beträchtlich gesteigert werden können.

In engem Zusammenhang mit den kalorischen Apparaten stehen die Maschinen zum Zerkleinern, Sieben, Sichten usw. Man spricht von Verfahrenstechnik und versteht darunter die Einrichtungen für alle oben erwähnten Prozesse. Die Werte und Energien, die hier umgesetzt werden, sind sehr gross. Besonders wichtig für den Ingenieur ist der Umstand, dass die Umsetzungen im ganzen Gebiet oft noch mit sehr grossen Verlusten an Verarbeitungsgütern und Energien verbunden sind. In Deutschland sollen nach Schätzungen allein an Fleischwaren 120 bis 200 Mio DM infolge ungeeigneter Lagerung zu Grunde gehen [1]), und in anderen Ländern wird es im Durchschnitt kaum besser sein. Als anderes Beispiel sei angegeben, dass der energetische Wirkungsgrad bei allen Verfahren der Zerkleinerung häufig nur 1 ‰, in günstigen Fällen etwa 1 % beträgt.

Das Gebiet der Verfahrenstechnik ist sehr gross, vielgestaltig und noch wenig ingenieurmässig durchgearbeitet. Nur die Kälte- und Tieftemperaturtechnik wird in Spezialfirmen auf Grund wissenschaftlicher Forschung sorgfältig gepflegt und hat einen Stand erreicht, der mit demjenigen der Technik der Kraftmaschinen vergleichbar ist. Im Apparatebau behalf man sich bis um die Jahrhundertwende mit vererbten Handwerkrezepten von Kupferschmieden und mechanischen Werkstätten; nur selten standen Erfahrungszahlen zur Verfügung. Die Apparate wurden entweder in den Schlosserwerkstätten der verarbeitenden Industrien nach Angaben der Chemiker oder der Betriebsfachleute hergestellt oder einer kleineren Firma zur Ausführung nach Muster oder Handskizzen übergeben. Nur ausnahmsweise konnte sich ein Ingenieur oder ein Chemiker eingehender mit den tatsächlich sich vollziehenden physikalischen Vorgängen befassen und die Konstruktionen dementsprechend durchbilden. Als aber mit dem Anwachsen der chemischen Industrie und der Industrie der Nahrungs- und Genussmittel auch die einzelnen Apparaturen immer grösser wurden, da verlangte ihre konstruktive Durchbildung gebieterisch das volle Können von auch in der Theorie bewanderten Ingenieuren. Denn mit der Grösse der Apparaturen wuchsen die Anforderungen an ihre Festigkeit, und der Uebergang zu sehr hohen oder sehr tiefen Temperaturen, zu hohem Druck oder zu Vakuum liess sich nur durch wohldurchdachte Konstruktionen ermöglichen.

Eine den Bedürfnissen entsprechende Förderung des Apparatebaus konnte aber erst eintreten, als auch von den Hochschulen aus die Schaffung eines entsprechenden Ausbildungsgangs anerkannt wurde. Dabei beschritt man in Deutschland und in Amerika, d. h. in den beiden vornehmlich an dieser Entwicklung interessierten Ländern, verschiedene Wege. In den USA war es nämlich vor allem die Erdölindustrie, die die Entwicklung vorantrieb. Die hier zu lösenden, rein chemischen Probleme waren verhältnismässig einfach. So schuf man das Berufsbild des «chemical engineer», der Chemiker und Konstrukteur in einer Person sein sollte. Sicher ist das ein schönes Ziel, das dem amerikanischen Bestreben, das Studium nur nach praktischen Gesichtspunkten auszurichten, weitgehend entgegenkam. In Deutschland entwickelte sich dagegen die Chemie der organischen Farb-

[1]) VDI Nachrichten vom 11. 8. 51. S. 5.