

Die Energievernichtung des Überschusswassers bei Kraftanlagen

Autor(en): **Bertschinger, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Wasserwirtschaft : Zeitschrift für Wasserrecht,
Wasserbautechnik, Wasserkraftnutzung, Schifffahrt**

Band (Jahr): **12 (1919-1920)**

Heft 9-10

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-920651>

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.

le régime juridique du canal sera-t-il réellement le même que celui d'un fleuve international?

Nous avons rapporté de Strasbourg l'impression que la France n'a nullement l'intention de rendre illusoire les avantages qui nous ont été accordés. Le Congrès n'avait pas, il est vrai, un caractère officiel, mais il fut ouvert par le général Raimbert qui représentait le Commissaire général de la République pour l'Alsace-Lorraine et ne pouvait que traduire les intentions du gouvernement français; or il affirma, en citant les articles du Traité de Versailles, que la navigation serait libre sur le Rhin ou sur les canaux destinés à le remplacer. Ceci donne un très grand poids aux délibérations et aux vœux du congrès.

En outre, la Suisse aura des représentants dans la Commission centrale du Rhin, à laquelle devront être soumis tous les projets concernant le fleuve; elle sera donc en mesure de faire valoir ses droits, qu'on ne pourra plus désormais contester, comme le fit le conseiller d'Etat von Stein au Reichstag allemand.

Il est certain qu'en substituant la notion de *libre navigation* à celle du *Rhin libre*, le Traité de Versailles a profondément modifié la situation créée par les anciennes conventions, mais on a eu tort de voir dans cette substitution un abus de puissance entaché d'illégalité, car l'esprit de ces conventions a été respecté. On ne pouvait en effet prévoir le développement que prendrait l'utilisation des forces motrices des fleuves et on s'efforça d'assurer, par les moyens dont on disposait alors, la libre navigation jusqu'à Bâle; maintenant que les progrès de la technique permettent de capter ces forces, l'intérêt général, surtout en présence de la crise du charbon que nous traversons, commande de tenir compte de cet élément nouveau dans les projets d'aménagement du Rhin.

Or la canalisation, telle qu'elle est prévue entre Strasbourg et Bâle, permet de capter environ 750,000 HP, qu'il ne serait pas rationnel de laisser inutilisés, même si nous pouvions offrir en compensation une quantité d'énergie équivalente; nous aurions d'autant moins de raisons de nous opposer à ces projets, que leur réalisation aura pour nous l'avantage d'améliorer les conditions de navigabilité, soit en augmentant le nombre de jours pendant lesquels la navigation sera possible, soit en diminuant le prix de revient des transports par eau. En effet, dans les conditions actuelles, les frais à la montée sont si élevés, qu'on peut se demander s'il est opportun de conduire des chalands au-delà de Strasbourg, et il ne semble pas que la régularisation du cours du fleuve améliorerait cette situation. En outre la guerre a bien montré que, même sur le Rhin libre, la navigation pouvait être arrêtée.

C'est pour toutes ces raisons que nous avons cru devoir attirer l'attention de nos Confédérés des bords

du Rhin sur l'impression que nous a laissée le congrès de Strasbourg et sur l'importance qu'il y aurait à ne pas s'opposer par principe, et sans les avoir étudiés, à des projets dont la réalisation peut avoir de réels avantages pour notre pays.



Die Energievernichtung des Überschusswassers bei Kraftanlagen.

Von Dr. ing. H. Bertschinger.

Es mag sonderbar anmuten, dass man gerade in heutiger Zeit, in der der Kraftmangel sich geltend macht, von Energievernichtung sprechen will. Aber der zeitliche Ausgleich zwischen Wasservorrat und Kraftabsatz ist eben heute ebensowenig vorhanden, wie er jemals herbeigeführt werden kann.

Kürzlich hat sich Herr Ing. Gruner in der „Schweiz. Bauzeitung“, nach Darlegung seiner Untersuchungen über die Selbstvernichtung von Energie des Stauwehres passierenden Wassers dahin geäußert, dass die Verwertung dieser Erscheinungen wünschbar sei. Er geht dann jedoch in seinen Schlussfolgerungen davon aus, dass die Kenntnis dieser hydraulischen Gesetze für die Konstruktion des Stauwehres verwendet werden soll. Man kann aber ebensogut die Frage anders stellen, nämlich so: Welcher Lauf muss dem Wasser gegeben werden, damit es seine Energie selbst vernichtet, ohne Bauwerke anzugreifen oder ohne Bauwerke von hohen Erstellungskosten zu verlangen.

Beim Wehrbau sind stehende Wasserwalzen eine Erscheinung, die das Bauwerk wenig angreift. Es ist deshalb darauf hinzuwirken, dass diese und keine quellenden Wirbel oder liegende Walzen entstehen können. Trotzdem der freie Überfall über Wehrtafeln nicht nur stehende Walzen, sondern auch quellende und oberhalb dem Stauwehr eine saugende Wirkung ausübende Wirbel erzeugt, ist er nicht zu verwerfen. Er versucht zwar den Wehrboden selbst bei Anbringen von Wasserpolstern zu zerstören, aber damit ist meistens auf eine kurze Strecke die Energie vernichtet und sind unterhalb dem Wehr liegende Schutzbauten nicht gefährdet.

Wird das Wasser zwischen Schwelle und Schütze abgelassen, so entstehen saugende Wirbel, die die Schützen mit Schwemmsel verunreinigen und das Erfordernis an Aufzugskraft der Schütze vermehren und zudem unterhalb des Wehres eine viel längere Strecke zur Vernichtung der lebendigen Kraft, also lange Schutzbauten erfordern.

Die Wasserpolster auf dem Abfallboden sind geeignet, vertikal abfallende Wassermengen in gewisser Masse unschädlich zu machen. Sie müssen aber eine Ausdehnung in Richtung des Flusses je nach Höhe des Abfalles und der Wassermenge bis

zu 20 m erhalten. Aber auch dann ist die Energie nicht immer vernichtet. Bei horizontalem Wasserabfluss, das heisst durch die Spalte zwischen Wehrschwelle und Schütze wirken die Wasserpolster nicht ausgiebig. Bei Wehren, die das Wasser über die Schütze abfliessen lassen, vermögen meist 2—3 m Wasserpolstertiefe lange nicht alle Energie zu vernichten. Die Erschütterung ist so gross, dass die Sohle des Wasserpolsters geschädigt wird, wenn nicht grosse Quader eingebaut sind. Die im Wasserpolster entstehenden rückläufigen Deckwalzen sind für das Bauwerk fast unschädlich. Es ist deshalb das Wasserpolster so zu gestalten, dass die Deckwalze in möglichst vollendeter Form entsteht. Hiezu ist vor allem ein in Richtung des Flusses langer Wehrboden und ein tiefes Wasserpolster notwendig.

Die Wehr- oder Flossfedern sind hervorgegangen aus den hölzernen festen Abfallböden. Ihre Wirkung ist nicht restlos. Sie bewirken lediglich eine schützende Ablenkung der herabstürzenden Wassermassen, indem die frei gewordene Energie ihr Arbeitsfeld nicht hauptsächlich in der Zerstörung des massiven Abfallbodens bzw. des Flussbettes sucht, sondern gegen die Wasseroberfläche abgelenkt wird und erst dort sich vernichtet. Der Vorzug der Flossfedern besteht lediglich darin, dass der Abfallboden weniger zerstört wird. Eine raschere Vernichtung der lebendigen Kraft bewirken sie nicht. Langjährige Erfahrungen mit den Flossfedern entbehren wir. Mögen diese auch das Beste zeitigen und Verbesserungen herbeiführen, so ist mit den Flossfedern eine Energie selbstvernichtung des Wassers nicht bewirkt. Macht man die Flossfedern fest, so entsteht der Gitterboden. Er wirkt bedeutend besser, aber nicht restlos dahin, dass die Energie vernichtet wird.

Die Frage drängt sich einem hier auf, ob ein Teil der durch das Wehr abzulassenden Wassermenge mittelst eines Umlaufes vom Oberwasser nach dem Unterwasser durch die Wehrschwelle dem Wasserpolster zuzuführen sei und damit einen wirksamen Gegendruck, der insbesondere zur Erzeugung einer vollkommenen rückläufigen Deckwalze beitragen würde, gegen das herabfallende Wasser ausgeübt werden könne.

Recht wirksam in der Vernichtung der Wasserenergie können Rauhungen des untern Teils des Wehrbodens sein. Man hat zu diesem Zweck Felsblöcke in den Beton eingebaut. Der Effekt dieser Vorsprünge im untern Wehrboden ist der, dass Wirbel und liegende Walzen, aber nicht rückläufige stehende Deckwalzen entstehen. Man trifft also damit den Wunsch nach Selbstvernichtung nicht richtig. Praktisch lässt sich diese Methode auch nur bei kleinern Anlagen anwenden.

Bis heute wurden Stauwehre mit beweglichen Abschlüssen bis zu ca. 15 m Gefälle gebaut. Selbst

für eine verhältnismässig kleine Stauhöhe von 10 m werden die Mittel, die man heute kennt, dem Wunsche nach Selbstvernichtung der Wasserenergie nicht gerecht. Noch viel schwieriger wird die Unschädlichmachung bei Anlagen, wie sie in Génissiat an der Rhone vorgesehen sind, wo das Gefälle 70 m, die Überschusswassermenge ca. 500 m³/sek. beträgt und die topographischen Verhältnisse nahes Zusammenrücken aller Anlagen bedingen. Man hat für solche Fälle eine Abfalltreppe vorgesehen, bei der jede Stufe als Wasserpolster ausgebildet wird. Es ist ohne weiteres erkennbar, dass es zufolge der unangeklärten Theorie der Selbstvernichtung des Wassers schwierig sein wird, die Stufen richtig zu dimensionieren. Anzustreben ist die Bildung von rückläufigen Deckwalzen. Wird das nicht erreicht, so vernichtet sich die Energie auf andere Weise. Vermutlich entsteht bei zu kurzen Stufen neben ungeheurer Erschütterung eine teilweise Auflösung der Wassermasse in einzelne Moleküle. In kalten Wintern kann dies zu Eisbildungen führen, die eine Benützung der Abfalltreppe sehr gefährlich machen. Sind die Stufen in Richtung des Flusses zu lang, so werden die Herstellungskosten ein unerlaubtes Mass annehmen.

Der Gegenstrahl im Saugrohr der Turbine: Es sind Vorschläge für solche Energievernichtung gemacht worden, jedoch sind keine Ausführungen bei Niederdruckwerken bekannt. Die Anwendung würde mit etwa 8 m Druckhöhe beginnen. Aus der Druckleitung zweigen Rohrleitungen, die abgesperrt werden können, ab und führen um das Turbinengehäuse herum dem Auslauf aus den Turbinen zu. Dort erzeugen sie einen Gegendruck gegen das aus der Turbine austretende Wasser. Es wird also hier nicht Überschusswasser, sondern das normale Mass von Turbinenwasser in seiner Energie vernichtet. Die Anwendung ist äusserst beschränkt. Der Effekt ist der, dass die Turbinen bei vermindertem Bedarf an Kraft ebensoviel Wasser durchlassen können, als wenn sie voll belastet wären. Dieser Fall könnte nur dann von Bedeutung sein, wenn eine Hochwasserzeit mit der Periode verminderten Kraftbedarfs zusammenfallen würde und das Stauwehr entlastet werden sollte.

Bei Hochdruckanlagen kommt das Bedürfnis nach solchen Mitteln eher vor. Escher, Wyss & Co. A.-G. haben diese Forderung damit erfüllt, dass sie dem eigentlichen Turbinenhaus eine Druckverminderungsanlage vorsetzten. Ihre Druckverminderungsanlage am Lac d'Oô liegt im Stolleneingang und vernichtet den wechselnden Wasserdruck des Stausees unter gleichzeitiger Gewinnung von Kraft. Das Wesentliche dieser Anlage besteht in der Verbindung des Saugrohres der einen Turbine mit dem Druckstutzen der zweiten. Mittelst Drosselklappen kann Wasser aus dem Druckstutzen in den Saugstutzen, gegen die Tur-

binen gerichtet, eingelassen werden. Der Gegenstrahl ist zu vernichten. Die Anordnung ist sinnreich und praktisch. Die Anlage und Betriebskosten dürften jedoch nicht unbedeutend sein. Der Effekt wechselt und ist demnach nicht allzu hoch einzuschätzen. Ist der See gefüllt, so ist die Leistung am grössten, aber auch am wenigsten erforderlich. Ist der Seestand tief, so ist die Wirkung unbedeutend. Die Anlage hat da Vorteile, wo sie Escher, Wyss & Co. A.-G. auch angewendet haben, nämlich wo ein langer Stollen unter hohen Druck gesetzt werden müsste, diesen aber aus einem hier nicht zu erörternden Grunde nicht ertragen kann.

Wie schon betont, ist es meistens nicht erwünscht, das Überschusswasser durch die Turbine zu lassen, sofern man die Kraft nicht benötigt. Man wünscht viel eher, es nebenher abfliessen zu lassen, wie man bei Hochwasser den Überschuss über das, was die Turbinen nicht schlucken können, auch ausserhalb des Maschinenhauses abfliessen lässt. Am einen Ort hat man den natürlichen Ausfluss aus dem Stausee zur Verfügung, an anderer Stelle lässt man den Überschuss aus Fenstern des Galleriestollens fließen und am dritten Werk wird der Überschuss vom Wasserschloss mittelst eines Überlaufes nach einer benachbarten Schlucht geleitet. Bauliche Anlagen, um Überschusswasser zu Tal zu leiten, führen zu enormen Kosten. In allen Fällen ist es aber nicht zulässig, dem Überschusswasser die Selbstvernichtung der manchmal ungeheuer grossen lebendigen Kraft zu überlassen. Es entstünden Zerrüttungen, Zerstörungen, betäubender Lärm, Vereisungen und anderes mehr, die später zu hohen Kosten führen können.

Man hat, um diesen Übelstand zu beheben, nach Einrichtungen gesucht, in welchen das Wasser so geleitet wird, dass es seine Energie selbst vernichtet. Hierzu gehört die sogenannte hydraulische Bremse. Sie ist so gestaltet, dass sich die stehenden Wasserwalzen gegeneinander drehen und so die Energie vernichten. Das Überschusswasser dringt, vom Druckrohr zugeführt, in einen Ring von horizontal und radial ausmündenden Düsen. In dem runden Trog, in dessen Mitte der Düsenring steht, entstehen die stehenden Wasserwalzen. Aus dem Trog fliesst das Wasser ruhig ab.

Die Anwendungsmöglichkeiten der hydraulischen Bremse sind mannigfach. Es sollen hier nur einige Beispiele erwähnt werden.

Aus einem Stausee mit stark wechselndem Wasserstand führe ein Stollen nach dem Wasserschloss und man wüschte den Stollen dem wechselnden Druck nicht auszusetzen. Dann ist beim Stolleneingang eine hydraulische Bremse einzubauen. Sie bewirkt, dass auch bei sehr hohem Druck von fünf und sechs Atmosphären im Stollen selbst kein Druck herrscht. Ein solches Beispiel wird bei der Kraftausnutzung am Lungernsee vorliegen.

Handelt es sich um den Auslauf aus einem Stausee, der nicht als Stollen zum Wasserschloss führt, sondern als freier Abfluss zur Wasserfassung, so ist die hydraulische Bremse ebenfalls angebracht. Sie wird dann am Auslauf des Stollens eingebaut und verhindert Auskolkungen und Zerstörung von Ufersicherungen. Bei der noch heute, das heisst bis zur Eröffnung des S. B. B.-Werkes am Ritomsee angewendeten Verwertung hätte man zum Beispiel mit Vorteil eine hydraulische Bremse angewendet.

Unterhalb Staudämmen, bei denen das Wasser im Wildbach weiterfliesst, ist die Anbringung einer hydraulischen Bremse ganz besonders angebracht.

Soll aus einem Stausee oder Stauweiher ein Überlauf ein Überfliessen über Dämme verhindern, so ist am Ende des Überlaufes, nämlich da, wo er in einen tiefliegenden Bach einmündet, eine Anlage, wie sie die hydraulische Bremse darstellt zur Vernichtung der Wasserenergie am Platze, weil sonst Auskolkungen, Vereisungen und dergleichen stattfinden können.

Sehr wichtig ist die Vernichtung der Wasserenergie am Ende der Druckleitungen, das heisst neben den Turbinenhäusern. Für den Fall, dass die Turbinen ausser Betrieb gesetzt werden sollen, und man trotzdem eine Zurückhaltung des Wasserzuflusses vermeiden will, legt man neben die Turbine eine hydraulische Bremse. Aus dem Druckstutzen zweigt direkt vor der Turbine der Zulaufstutzen zur Bremse ab. Beide Stutzen sind mit Drosselklappen abgeschlossen. Aus der hydraulischen Bremse fliesst das Wasser dem Unterwasserkanal der Turbine zu ohne irgendwelche Wirbelbildungen und Strömungen, die Schaden anrichten könnten.

Zusammenfassend kann gesagt werden:

1. Die Energievernichtung bei Niederdruckwerken ist nicht einwandfrei gelöst. Es werden auch hier zur Schonung baulicher Anlagen besondere Einrichtungen geschaffen werden müssen, nach denen das Wasser sich selbst die Energie nimmt.
2. Wasserpolster, Flossfedern und dergleichen sind die Uferbauten nur Hilfsmittel im Sinne einer Abwehr und deshalb nicht restlos wirksam. Wirksame Mittel sind solche, die selbst Wasserbewegungen hervorrufen, in denen das Wasser seine Energie allein vernichtet.
3. Bei Anlagen geringerer Wassermenge (kleiner als $100 \text{ m}^3/\text{sek.}$) und grösserem Gefälle (grösser als 20 m) ist die hydraulische Bremse ein Mittel, das in Erwägung gezogen werden darf.

