

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Der Maschinenbau

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1863

Anlage der Wehre

[urn:nbn:de:bsz:31-270981](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-270981)

Umgegend des Orts, wo sich Wasserkraft vorfindet, auf das Genaueste zu unterrichten suchen, um zu erfahren, ob und unter welchen Bedingungen, so wie für welche Geldopfer der Grund und Boden, auf welchem die verschiedenen Bauten hergestellt werden müssten, als Eigenthum erworben werden kann. Dies alles erfordert einen Mann, der nicht nur technische Kenntnisse, sondern auch Menschenkenntniß, Geschäftskentniß und Lebenserfahrung besitzt.

Hat man alle Verhältnisse, welche den technischen Werth eines Wasserlaufes bestimmen, zuverlässig erforscht und für die Anlage einer Fabrik günstig gefunden, und ist man so glücklich gewesen, hierauf das Wasserbenutzungsrecht, so wie den zur Ausführung der verschiedenen Bauten erforderlichen Boden als Eigenthum zu erwerben, so kann man endlich mit dem Studium der zur Fassung und Leitung des Wassers erforderlichen Einrichtungen schreiten. Davon haben wir im Nachfolgenden zu sprechen.

Fassung und Leitung des Wassers. Anlage der Wehre, Kanäle, Wasserleitungen.

Allgemeines. Um die Wirkungsfähigkeit, welche in einem Wasserlaufe enthalten ist, mittelst einer Kraftmaschine aufzusammeln, muss das natürliche Gefälle, welches der Wasserlauf auf eine gewisse Strecke seines Laufes darbietet, nach einem bestimmten Punkt in der Weise konzentriert werden, dass daselbst ein künstlicher Wasserfall entsteht, dessen Höhe gleich ist jener des Gefälles. Dies geschieht durch Wehre, durch Kanäle oder durch eine Wasserleitung in Röhren. Von dieser Fassung und Leitung haben wir nun zu sprechen.

Anlage der Wehre.

Wirkung eines Wehres. Ein Wehr ist ein dammartiger, quer durch den Fluss gelegter Einbau, wodurch das Wasser gestaut, und ein im Flusse vorhandenes natürliches Gefälle konzentriert wird.

Ist z. B., Fig. 1, Tafel I. A B C D das Flussbett, A, B, C, D, die Oberfläche des Wassers im Flusse vor der Errichtung des Baues, so kann das zwischen den Punkten B und C vorhandene Gefälle nach C hin konzentriert werden, wenn man daselbst einen dammartigen Querbau errichtet, dessen Scheitel nahe so hoch ist, als der Wasserspiegel bei B, denn errichtet man einen solchen Bau, so sammelt sich das

Wasser vor demselben, bis der Spiegel nahezu eine horizontale Ebene B, C, bildet und es entsteht dann bei C ein künstlicher Wasserfall, dessen Höhe gleich ist dem natürlichen Gefälle, welches vor der Errichtung des Baues zwischen den Punkten B, und C, vorhanden war. Dieses Gefälle wird mithin vermittelt des Wehres konzentriert.

Beantwortung der Frage, unter welchen Umständen die Erbauung eines Wehres zweckmäßig oder nothwendig ist. Die Erbauung eines Wehres ist nur dann möglich, wenn der Wasserspiegel eines Flusses auf eine längere Strecke über seinen natürlichen Stand gehoben werden darf. Die Erbauung eines Wehres ist zweckmässig oder nothwendig, 1) wenn kein natürliches Gefälle vorhanden ist und ein künstliches Gefälle hervorgebracht werden soll. 2) Wenn das vorhandene natürliche Gefälle nicht die wünschenswerthe Grösse hat, daher durch einen künstlichen Bau erhöht werden soll. 3) Wenn in einem Fluss oder Bach auf einer kurzen Strecke ein starkes Gefälle vorhanden ist, das auf einen Punkt konzentriert werden soll. 4) Wenn die natürlichen Veränderungen des Wasserstandes vermindert oder aufgehoben werden sollen. 5) Wenn das durch die Stauung hervorzubringende Gefälle nicht mehr als 2·5 Meter beträgt. 6) Wenn zwei oder mehrere von den so eben angegebenen Umständen gleichzeitig vorhanden sind.

Einige dieser Sätze bedürfen einer Erklärung. Durch die Erbauung eines Wehres wird der Wasserspiegel vom Wehr an bis auf eine gewisse Strecke stromaufwärts gehoben. Befindet sich auf dieser Strecke bereits ein Wasserwerk, z. B. eine unterschlächtige Mühle, so wird diese durch die Stauung mehr oder weniger unter Wasser gesetzt, so dass die Wirkung des unterschlächtigen Rades geschwächt oder ganz aufgehoben werden kann. Der Besitzer der Mühle wird also die Erbauung eines solchen Wehres nicht gestatten.

Wenn die Ufer des Flusses niedrig und Wiesen oder Felder daran liegen, müssen diese durch Uferdämme gegen Ueberschwemmungen, die die Stauung hervorbringen würde, geschützt werden; aber dessen ungeachtet können diese Grundstücke Schaden leiden, indem sie durch Horizontalwasser durchnässt werden. Die Eigenthümer dieser Grundstücke werden daher die Erbauung eines Wehres oftmals nicht zugeben.

Hieraus ist zu ersehen, dass die Eigenthumsverhältnisse oftmals die Errichtung eines Wehres nicht gestatten werden. Die Sätze 1, 2, 3 bedürfen keiner Erläuterung, wohl aber die Sätze 4 und 5. Zum Verständniss des Satzes 4 ist zu sagen, dass sich

bei Veränderung der Wassermenge die Höhe des durch ein Wehr gehobenen Wasserspiegels viel weniger verändert, als der Wasserspiegel des Flusses selbst. Durch die Anlage eines Wehres wird also stets die für den Betrieb von Wasserrädern und von Turbinen nützliche Wirkung hervorgebracht, dass sich der Wasserspiegel im Zuflusskanal bei veränderlichem Wasserzfluss nur wenig ändert. Die Richtigkeit des fünften Satzes wird man erkennen, wenn man bedenkt, dass eine hohe Stauung nicht nur ein hohes Wehr, sondern auch oftmals hohe und ausgedehnte Uferschutzbauten erfordert, dass demnach eine hohe Stauung kostspielige Bauten erfordert.

Eintheilung der Wehre und Anwendbarkeit derselben. Die Wehre können in Grundwehre, Ueberfallwehre, Schleusenwehre und Ueberfall-Schleusenwehre eingetheilt werden. Ein Grundwehr ist ein Wehr, dessen Krone nicht bis an die ursprüngliche Oberfläche des Wassers im Fluss reicht. Fig. 2, Tafel I., A B C die Oberfläche des Wassers vor dem Einbau, D die Krone des Wehres, sie reicht nicht bis B. Grundwehre werden angelegt, wenn die Wassermenge des Flusses nicht sehr veränderlich und die hervorzubringende Stauung nicht gross ist.

Ein Ueberfallwehr ist ein Wehr, dessen Krone höher liegt, als der ursprüngliche Wasserspiegel. Fig. 1, Tafel I., A, B, C, D, der ursprüngliche Wasserspiegel vor Errichtung des Wehres, D die Wehrkrone, sie liegt höher als C. Ein solches Wehr wird angelegt, wenn die hervorzubringende Stauung gross und die Wassermenge des Flusses nicht viel veränderlich ist.

Ein Schleusenwehr ist ein Einbau, dessen stauende Wirkung jederzeit ganz beseitigt werden kann. Es besteht in der Regel aus einer oder aus mehreren Schleusen, die durch Aufzugsvorrichtungen in die Höhe gezogen werden können. Fig. 3, Tafel I. Derlei Wehre werden gewählt, wenn die Lokalverhältnisse bei reichem Wasserabfluss eine Stauung nicht erlauben.

Ein Ueberfall-Schleusenwehr ist ein Einbau, welcher theils aus einem Ueberfallwehr, theils aus Schleusen besteht. [Fig. 4, Tafel I., B C Ueberfall, A B Schleuse.] Ein solches Wehr wird angelegt, wenn bei sehr veränderlichem Wasserzfluss der Wasserstand oberhalb des Wehres stets auf gleicher Höhe erhalten werden soll. Diese Forderung wird insbesondere gestellt, wenn mehrere Wasserwerke hinter einander in dem Fluss errichtet werden.

Horizontale Trace des Wehres. Hat man sich entschieden, dass ein Wehr gebaut werden soll, und von welcher Art es sein soll, so muss noch die Trace (die Richtung und Form des Wehrzuges)

und dessen Höhe bestimmt werden. Hinsichtlich der Trace sind verschiedene Anordnungen, Fig. 5, Tafel I., möglich, die wir einer Betrachtung unterwerfen wollen, um die praktische Brauchbarkeit kennen zu lernen.

Dabei ist zu beachten, dass die Veränderungen des Wasserstandes unter sonst gleichen Umständen um so kleiner sein werden, je grösser die Ausdehnung der Wehrkrone ist. Für ein Ueberfallwehr ist z. B.:

$$Q = k b h \sqrt{2 g h}$$

wobei Q die in einer Sekunde abfliessende Wassermenge, b die Breite des Wehres, h die Dicke der Wasserschicht und k einen Coefficienten bedeutet. Differenzirt man diesen Ausdruck, indem man Q und h als veränderlich, b als konstant betrachtet, so findet man

$$d h = \frac{d Q}{\frac{3}{2} b k \sqrt{2 g h}}$$

Dieser Ausdruck für $d h$ gibt an, um wie viel sich der Wasserstand im Zuflusskanal ändert, wenn die Wassermenge um $d Q$ wächst und wie man sieht, ist diese Aenderung des Wasserstandes der Breite b des Wehres verkehrt proportional.

Das Wehr A, Fig. 5, ist das einfachste, hat aber eine Krone von geringer Ausdehnung; die Veränderungen des Wasserstandes bei veränderlichem Wasserzuzfluss können demnach ziemlich gross ausfallen; es ist daher nur dann anwendbar und zweckentsprechend, wenn die Wassermengen des Flusses wenig veränderlich sind oder wenn sich die Wasserstände oberhalb des Wehres ziemlich stark ändern dürfen.

Das Wehr B ist nur wenig länger als A, ist schwieriger herzustellen und kostspieliger, leitet das Wasser an das rechte Ufer, greift es an und wühlt daselbst den Boden auf, ist also offenbar nicht zu empfehlen.

Die Wehre C, D, E, F sind ebenfalls von wenig oder keinem Werth, die Ausdehnung der Wehrkrone ist nicht merklich grösser als bei A. Diese Wehre sind schwieriger herzustellen als A, daher auch kostspieliger und das Wasser wird bei C und F an die Ufer, bei D und E nach der Mitte des Stromes geleitet, wodurch das Bett ungleich angegriffen wird.

Das Wehr G zeichnet sich aus durch die Grösse und Ausdehnung seiner Wehrkrone; selbst wenn es ganz als Ueberfallwehr gebaut wird, bewirkt es eine beinahe unveränderliche Höhe des Wasserstandes im Zuflusskanal; versieht man noch überdies

einzelne Theile, z. B. $b c$ des Wehres mit Schleusen, so kann man selbst bei einem sehr veränderlichen Wasserzufluss einen konstanten Wasserstand hervorbringen. Es ist diese Anordnung insbesondere auch ganz zweckmässig, wenn zwei Fabriken bei $a b$ und $c d$ angelegt werden, so dass überhaupt in dem mittleren Theil des Flusses Raum für ein Wehr übrig bleibt, und da $b c$ im Allgemeinen beliebig lang gehalten werden kann, so ist es möglich, mit dieser Anordnung der Anforderung eines konstanten Wasserstandes sehr wohl und in sehr vielen Fällen zu entsprechen. Allerdings ist der Bau eines solchen Wehres kostspielig und deshalb nur zu empfehlen, wenn man mit der Anordnung A nicht ausreichen kann. Das Ergebniss dieser Untersuchung ist also, dass wir die Anordnungen B, C, D, E, F verwerfen und nur A oder G zur Ausführung empfehlen.

Genauere Entscheidung der Frage, ob ein Grundwehr oder ob ein Ueberfallwehr erbaut werden soll. Hat man sich dahin entschieden, dass kein Schleusenwehr, sondern entweder ein Grundwehr oder ein Ueberfallwehr erbaut werden soll, so kann die Wahl zwischen diesen zwei Arten von Wehren in dem Falle zweifelhaft werden, wenn die hervorzubringende Stauung weder sehr gross noch sehr klein ist. Die Entscheidung kann in einem solchen Falle auf folgende Art geschehen. Nennt man:

h die Stauung, welche durch das Wehr hervorgebracht werden soll,
 b die Breite des Wehres, die in der Regel mit dem Flussbett übereinstimmt und jedenfalls durch die Trace bekannt ist,
 Q die Wassermenge, welche in der Regel, und namentlich dann, wenn die Stauung die Höhe h haben soll, über das Wehr abfließt,

so ist annähernd $0.57 b h \sqrt{2 g h}$ die Wassermenge, welche über das Wehr abfließen würde, wenn die Wehrkrone bis an den ursprünglichen Wasserspiegel reichen würde.

Je nachdem nun der Werth von $0.57 b h \sqrt{2 g h}$ gleich Q , grösser als Q oder kleiner als Q ausfällt, ist im ersten Falle ein Wehr zu bauen, dessen Krone bis an den Wasserspiegel reicht, im zweiten Falle aber ein Ueberfallwehr und im dritten ein Grundwehr.

Der Coefficient 0.57 bezieht sich auf Wehre mit abgerundeter oder wenigstens mit nicht scharfkantiger Krone.

Höhe eines Ueberfallwehres. Hat diese eben erklärte Regel für die Errichtung eines vollkommenen Ueberfallwehres entschieden, so findet man dessen Höhe auf folgende Weise.

Nennt man, Fig. 1, Tafel I.:

$h = C_1 C_2$ die Stauhöhe, b die Wehrbreite, Q die in jeder Sekunde abfließende Wassermenge, $t = C C_1$ die Tiefe des Wassers vor der Errichtung des Wehres, $D C_2 = x$ die Tiefe der Wehrkrone unter dem gestauten Wasserspiegel, so ist wegen $Q = 0.57 b x \sqrt{2 g x}$

$$x = \left(\frac{Q}{0.57 b \sqrt{2 g}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

und dann ist die Wehrhöhe $C D = t + h - x$.

Höhe eines Grundwehres. Fig. 2, Tafel I. Eine genaue Berechnung der über ein Grundwehr abfließenden Wassermenge ist mit unüberwindlichen Schwierigkeiten verbunden; man muss sich mit einer rohen Annäherung begnügen, indem man annimmt, dass der Wasserabfluss in dem Theile $B E$ des Wasserquerschnitts wie bei einem vollkommenen Ueberfall, durch den Theil $B D$ hingegen wie bei zwei kommunizirenden Gefäßen erfolgt, wenn in einem derselben der Spiegel um $B E$ höher steht, als im andern. Unter dieser Voraussetzung ist

$$Q = 0.57 b h \sqrt{2 g h} + 0.62 b x \sqrt{2 g h}$$

wobei die Coeffizienten 0.57 und 0.62 nur als Schätzung zu betrachten sind. Hieraus folgt:

$$x = \frac{Q}{0.62 b \sqrt{2 g h}} - 0.92 h$$

Stauweite. Die Stauweite ist die Entfernung $C_2 B_1$, Fig. 1, Tafel I., vom Wehr an stromaufwärts gemessen, bis zu welcher sich die stauende Wirkung des Wehres erstreckt. Die Oberfläche des Wassers oberhalb des Wehres bildet streng genommen keine horizontale Ebene, sondern ist eine gewisse krumme Fläche, deren Gestalt *Navier* und *Belanger* zu bestimmen gesucht haben. Allein da die Bestimmungen dieser Flächen mit weitläufigen, mit der Wichtigkeit des Zweckes in keinem Verhältniss stehenden Rechnungen verbunden sind, und gewöhnlich die Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser dem Wehr zufließt, nur einen kleinen Werth hat, so kann man sich mit der Annahme begnügen, dass die Oberfläche eine vollkommene horizontale Ebene sei. Nennt man unter dieser Voraussetzung h die Stauhöhe, α den Winkel, unter welchem die Wasserfläche vor der Errichtung des Wehres gegen den Horizont geneigt ist, so hat man für die Stauweite den Ausdruck

$$C_2 B_1 = h \cotg \alpha$$

Ausführung eines Wehrbaues. Das Spezielle der Anordnung und Ausführung eines Wehrbaues gehört in das Ingenieurfach, daher wir uns hier darauf beschränken, die wesentlichsten Bedingungen eines guten Wehrbaues zu bezeichnen und durch einige Beispiele zu erläutern.

Bei einem Wehrbau muss man dahin wirken, dass derselbe vom Wasser weder unterwaschen oder unterwühlt, noch an den Seiten umgangen werden kann. An den beiden Ufern müssen daher tief fundamentirte, in die Ufer selbst eingreifende Schutzbauten hergestellt werden, und die Unterwühlung des Wehres muss entweder durch tiefe Betonmassen oder durch Spundwände und Pfahlroste mit Bedielungen verhindert werden.

Fig. 6, Tafel I. ist ein hölzernes Wehr, *a b c* Spundwände, *d* bedielter liegender Rost, *e* dichte Balkenwand durch Zangen zusammengehalten und verstrebt, *f* Wehrkrone.

Fig. 7, Tafel I. Hölzernes Wehr mit einem steinernen Vorbau.

Fig. 8, Tafel I. Steinernes Wehr mit Betonfundament.

Anlage der Kanäle.

Zweck eines Kanals. Ein Fabrikkanal ist eine künstliche Wasserleitung, vermittelt welcher das auf eine längere Flussstrecke vorhandene Gefäll nach einem beliebigen Punkt der Flussumgebung verlegt und daselbst konzentriert werden kann. Es sei Fig. 9, Tafel I. *AFB* eine Flussstrecke, *H* das auf derselben vorhandene Gefäll oder der Höhenunterschied des Wasserspiegels bei *A* und bei *B*, *C* sei ein beliebiger Punkt in der Umgebung des Flusses, nach welchem hin das Gefäll *H* konzentriert werden soll, *ACB* der zu diesem Behufe angelegte Kanal. Wie das Längenprofil des Kanals beschaffen sein muss, zeigt Fig. 10, Tafel I. *AA*, *BB* sind die Fortsetzungen der Wasserspiegel *AA*, und *BB*, das Gefälle *CE* ist gleich *H*. Ist *ADGB* der Durchschnitt des Terrains, so ist *AD* ein Durchschnitt, *DC* eine Aufdämmung, *BE* eine Ausgrabung. Man sieht, dass es theoretisch möglich ist, das Gefäll nach einem ganz beliebigen Punkt der Flussumgebung zu konzentriren, und hieraus ist zu erkennen, dass die Gewinnung oder Konzentration eines natürlichen Gefalles vermittelt eines Kanales im Allgemeinen der Konzentration vermittelt eines Wehres vorzuziehen ist, denn bei einer Anlage mit Wehr und ohne Kanal muss das zu treibende Werk in das Flussbett oder hart an das Ufer errichtet werden, ist also dem Hochwasser und der Nässe und Feuchtigkeit ausgesetzt. Bei Anwendung eines Kanals ist dagegen die Möglichkeit geboten,