

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 79/80 (1922)
Heft: 13

Artikel: Wehranlage in der Weser bei Bremen
Autor: Kölle, I.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-38156>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 26.11.2024

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

INHALT: Wehranlage in der Weser bei Bremen. — Die Hochspannungsleitung Bevers-Albulawerk der Rhätischen Werke für Elektrizität. — Wettbewerb zur Erweiterung der kantonalen landwirtschaftlichen Schule Plantahof bei Landquart. — Aus dem Gebiet der Dampfkessel-Ueberwachung. — Miscellanea: Zur Zweckmässigkeit der Isolatorfarbe. Neues Verfahren zur Erzeugung hochgespannten Gleichstroms für

Kraftübertragungszwecke. Freie Deutsche Akademie des Städtebaues. Normalien des Vereins schweizerischer Maschinen-Industrieller. Einstein'sche Relativitätstheorie und Sonnenfinsternis. Ausbau des ungarischen Bahnnetzes. — Konkurrenzen: Erweiterungsbauten des Kantonspital Glarus. — Literatur. — Stellenvermittlung.

Band 80.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 13.

Wehranlage in der Weser bei Bremen.

Von Oberbaurat I. Kölle (Ing. G. E. P.), Bremen.

In den Jahren 1909/10 ist in der Weser bei Bremen, etwa 5 km oberhalb der grossen Weserbrücke, ein Wehr erbaut worden, das einem amerikanischen Wehr nachgebildet wurde und wie es bisher in Europa noch nicht zur Ausführung gelangte. Es ist ein sogenanntes Sektorwehr. Im Betriebe hat es sich, allerdings nach Ueberstehen einiger Kinderkrankheiten, wie sie bei solchen Neuerungen sich nicht vermeiden lassen, derart glänzend bewährt, dass einige Mitteilungen darüber von Interesse sein können.

Die Wehranlage (Abbildungen 1 u. 2) wurde erstellt, um einer durch die Vertiefung der Unterweser von Bremen-Stadt bis zur See hervorgerufenen Senkung der Grundwasserstände oberhalb Bremens, Einhalt zu tun; also nicht um die Schiffbarkeit der Oberweser zu verbessern, oder um elektrische Kraft zu gewinnen. Natürlich ist dann das konzentrierte Gefälle zur Kraftgewinnung ausgenutzt worden. Die Gesamtanlage besteht aus drei Hauptteilen, dem Wehr, der Wasserkraftanlage und der Schleusenanlage.¹⁾ Daneben bestehen noch Anlagen für den Aufstieg der Fische.

An der Wehrstelle ist die Flusssohle im Rahmen der Vertiefung der Unterweser um 2,5 m tiefergelegt worden, während die Wehrschwelle rund 1,3 m höher als die frühere mittlere Flusssohle gelegt wurde. Der feste Wehr-

rücken liegt auf + 1,0 m NN. Durch die beweglichen Wehre wird im Sommer ein Stau auf + 4,50 m NN, im Winter ein solcher auf + 5,5 m NN gehalten. Das mittlere Gefälle beträgt 3 bis 4 m, es kann bei geringer Wasserführung und niedrigem Ebbestand bis zu 6,5 m ansteigen. Die Höhe der Wehrverschlusskörper ist 4,5 m, die lichte Weite einer Wehröffnung 54 m; meines Wissens ist dies die grösste bisher überhaupt ausgeführte Spannweite eines Wehrverschlusskörpers. Der Wunsch, auch bei dem in der Weser manchmal wochenlang dauernden Eistreiben

den Stau und damit die Wasserkraft möglichst lange halten zu können, führte dazu, auf ein versenkbares Wehr auszugehen, bei dem das Eis ohne Stausenkung über den Verschlusskörper abgelenkt werden kann. Dies wurde dadurch erleichtert, dass die feste Wehrkrone rund 3,8 m über der Flusssohle im Unterwasser zu liegen kam, sodass das Versenken eines 4,5 m hohen beweglichen Teiles unter die feste Wehrkrone keine Schwierigkeit bereitete.

Der Querschnitt des beweglichen Wehrkörpers (Abb. 3, Seite 142), hat die Form eines Kreissektors. Er stützt sich mittels einer durchgehenden, 100 mm starken Stahlgusswelle und um diese drehbar auf den festen Wehrrücken. Die Flächen a und b des Körpers sind durch Eisenplatten geschlossen, während der Körper nach unten offen ist. Durch einen Kanal c im Mittelpfeiler des Wehres, der durch die Oeffnung d mit dem Oberwasser in Verbindung steht, kann das Oberwasser in die Kammer e geleitet

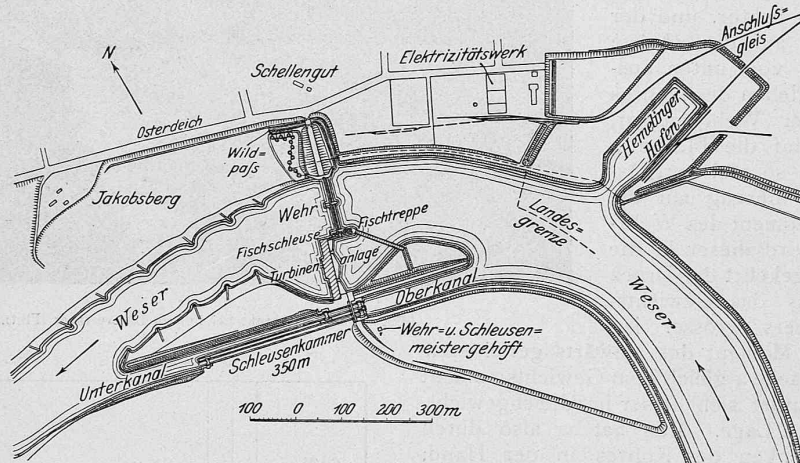


Abb. 1. Lageplan des Weserwehrs bei Bremen. — Masstab 1:15000.

¹⁾ Anmerkung der Redaktion.

Die im Lageplan erkennbare Schleusenanlage besteht aus zwei Kammern von je 12 m Weite und 65 bzw. 350 m Länge. Sie bewältigte, als Ein- und Ausgangstor der Weserschiffahrt, im letzten Friedensjahr (1913) in rd. 9200 Schleusenungen insgesamt rd. 2,5 Mill. t Schiffsraum (ohne den Anteil des bei Minden den Strom kreuzenden Ems-Weser-Kanals). Hierzu sei bemerkt, dass die in vier Stufen kanalisierte Weser der Gross-Schiffahrt von Bremen bis Cassel auf rd. 280 km Länge dient; für kleinere Schiffe als 1000 t ist sie auf über 400 km Länge fahrbar; ihr Einzugsgebiet beträgt 47960 km². Zur Veranschaulichung der Grössenverhältnisse sei vergleichsweise das Einzugsgebiet des Rheins bei Basel angegeben mit 35 929 km², wovon schweizerischer Anteil 27 963 km², entsprechend 67,7% des Gesamtflächeninhalts der Schweiz von 41,299 km².

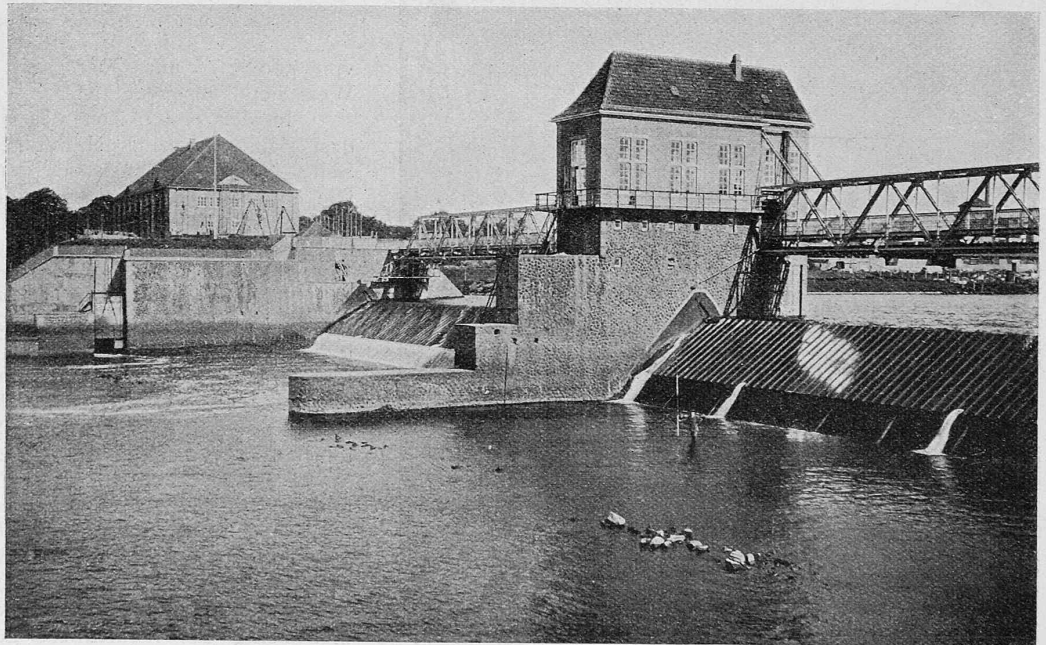


Abb. 2. Gesamtansicht des Weserwehrs bei Bremen, von der linksufrigen Unterwassersseite aus, bei Ebbe.

werden; es sucht in dieser und in dem Hohlraum des Wehrkörpers bis zur Höhe des Oberwasserspiegels zu steigen. Der dabei auf die schräge Fläche *a* ausgeübte Druck des Wassers genügt, um den Sektor zu heben. Zwischen Oberwasser und Wehrkammer erhält der Kanal eine Abzweigung *f*, die nach einem Rohr führt, in das sich ein zweites Rohr *g* teleskopartig einschieben lässt. Das Wasser steigt nun aus dem Kanal in diesen Rohren empor. Wenn es im Wehrkörper höher steht als der obere Rand des Rohres, so fließt es über diesen durch einen Kanal *h* nach dem Unterwasser ab. Es ist nun ohne weiteres klar, dass sich mit einer Veränderung in der Höhenlage des obern Rohrrandes auch der Wasserstand unter dem Sektorkörper ändern muss. Beim Senken des Rohres sinkt auch der Wasserspiegel unter dem Sektor, und der Druck, den das Wasser auf die schräge Fläche des Wehrkörpers von unten ausübt, wird kleiner. Beim Heben des Rohres steigt das Wasser in der Wehrkammer, und der Wasserdruck auf die Fläche *a* wächst. Wird der Druck so viel vergrößert, dass sein Moment in bezug auf die Drehachse das Gewichtsmoment des Wehrkörpers überwiegt, so wird dieser in die Höhe gedrückt. Wird umgekehrt der Druck so viel verkleinert, dass das Gewichtsmoment des Wehrkörpers grösser ist, so sinkt dieser. Ist das Moment des aufwärts gerichteten Wasserdruckes auf die Fläche *a* gleich dem Gewichtsmoment des Wehrkörpers, so befindet sich dieser im Gleichgewicht, verbleibt somit in seiner Lage. Man hat es also durch einfaches Heben und Senken des Rohres in der Hand, das Wehr zu heben oder zu senken, d. h. beliebig einzustellen, oder es in seiner Lage zu halten. Der „Rohrschütz“, wie das Rohr bezeichnet wird, kann in einfacher Weise durch einen Flaschenzug gehoben und gesenkt werden.

Durch die Auflagerung des Verschlusskörpers mittels einer Welle auf die ganze Länge wird dessen Eigengewicht pro lfd. m von der Spannweite unabhängig, was ein grosser Vorzug gegenüber andern Wehrarten ist.

Abbildung 4 zeigt den Querschnitt des Verschlusskörpers, der 129 t wiegt, also 2,4 t/m. In Abständen von



Abb. 7. Ueber den Stauspiegel gehobenes Wehr.

1,33 m sind Spanten angeordnet, in der in der Höchstage wagrechten (untern) Ebene des Körpers ist ein Horizontalverband angebracht. Mit dem Körper fest verbunden ist die Welle (Abbildung 5). Auf einer durchgehenden, mit dem Betonmauerwerk stark verankerten eisernen Platte

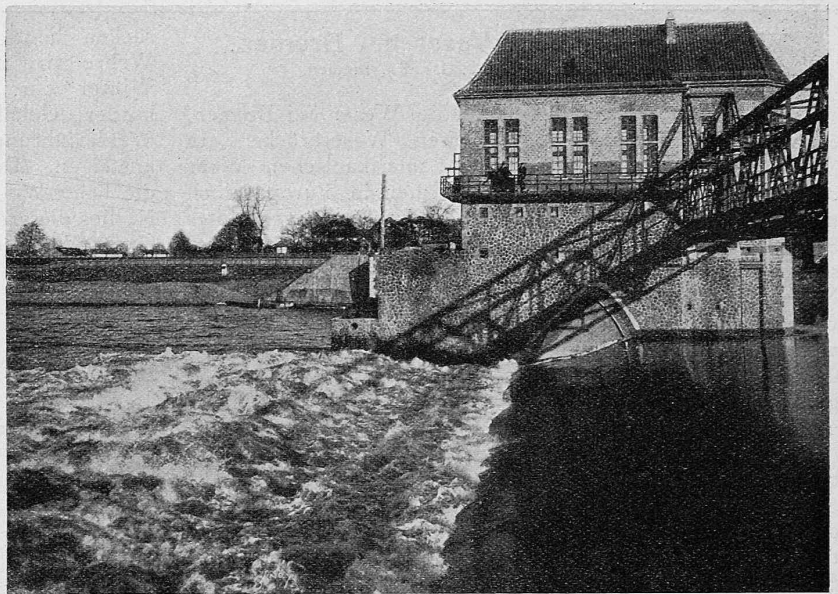


Abb. 8. Wehr gesenkt bei hohem Unterwasser (Flut). (8. II. 1911).

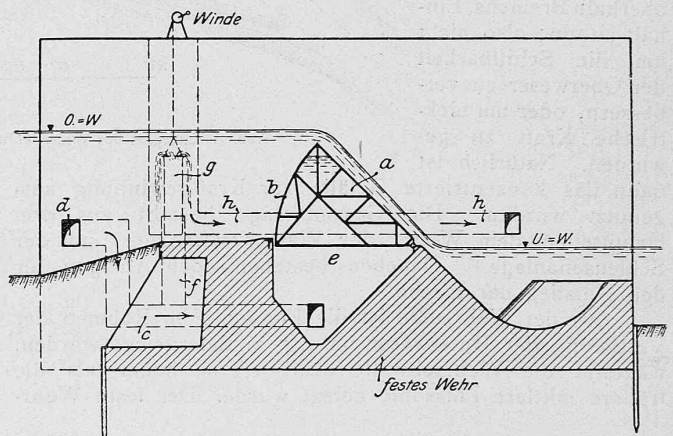


Abb. 3. Schematischer Querschnitt des Wehrs.

von 500×16 mm Querschnitt sitzt das Lager, das mit Weissmetall ausgelegt ist.

In der ersten Zeit des Betriebes trat der Fall ein, dass sich (wahrscheinlich infolge einer Klemmung an einer Seite) der Wehrkörper bei der Bewegung schräg stellte. Die eine Seite blieb in der Höhenlage bis zu 50 cm gegen die andere zurück; es war also eine ganz erhebliche Verdrehung eingetreten. Die Folge davon war, dass der Wehrkörper in der unteren Ecke der gekrümmten Brustfläche eingebault wurde. Dieser Fall zeigte, dass die Sicherheit gegen Verdrehung vergrößert werden musste und dass eine stärkere Fassung der Welle notwendig war. Grössere Sicherheit wurde dadurch erreicht, dass der eben erwähnte wagrechte Schrägverband, der zuerst nur in je zwei Endfeldern an jeder Seite hergestellt war, auf die ganze Länge ausgedehnt wurde. Die stärkere Fassung der Welle wurde durch Anordnung von Gelenken in der Mitte und durch Einführen der Welle in die Seitenmauern erreicht.

Nach Vornahme dieser Massregeln erwies sich der Körper als ausserordentlich steif, und eine Verdrehung ist nicht mehr eingetreten. Bei der Bewegung hebt und senkt sich die Wehrkronen durchaus wagrecht. Die Welle dichtet gleichzeitig das Wehrrinne gegen das Unterwasser und zwar vollkommen. Der Flächendruck der Welle auf das

Lager ist äusserst gering, und die Drehung der Welle im Lager erstreckt sich entsprechend der Höchst- und Tiefstlage des Körpers nur auf $\frac{1}{8}$ Umfang, also bei 100 mm Wellendurchmesser auf etwa 40 mm; d. h. die Welle dreht sich nur um etwa 40 mm, am Umfang gemessen.

werden. Die Pfeiler sind mit Eisenblechen verkleidet, sodass sich der Wehrkörper an einer glatten Fläche entlang bewegt.

Um etwaige Sandablagerungen aus der Wehrkammer entfernen zu können, ist die Zuführung des Oberwassers in die Kammer auf eine Reihe von Ausflussöffnungen verteilt, die sich düsenförmig verengen. Bei gleichzeitiger Verbindung der Kammer mit Ober- und Unterwasser fegt ein starker Spülstrom etwaige Ablagerungen von der Kammer- und der Wehrsohle durch die Seitenkanäle ins Unterwasser.

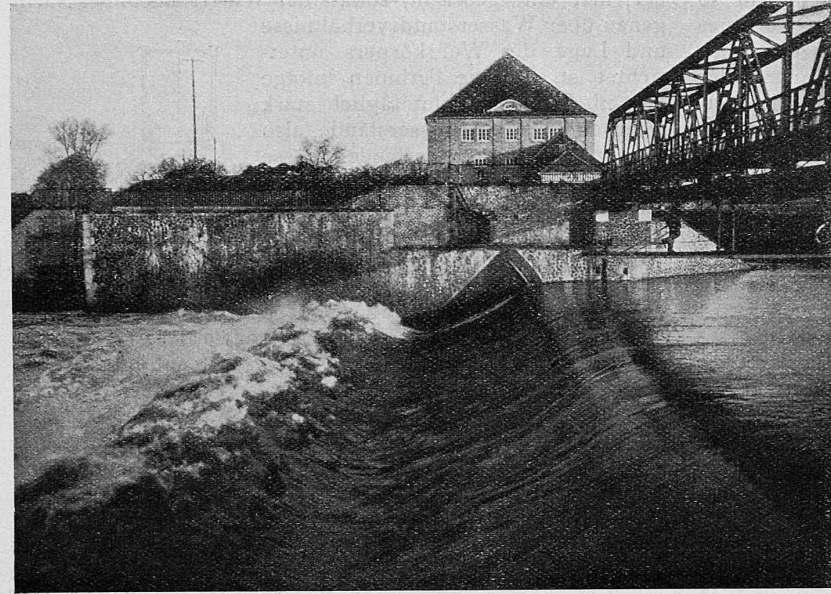


Abb. 9. Halbgesenktes Wehr bei grösserer Wasserführung (15. XII. 1913).

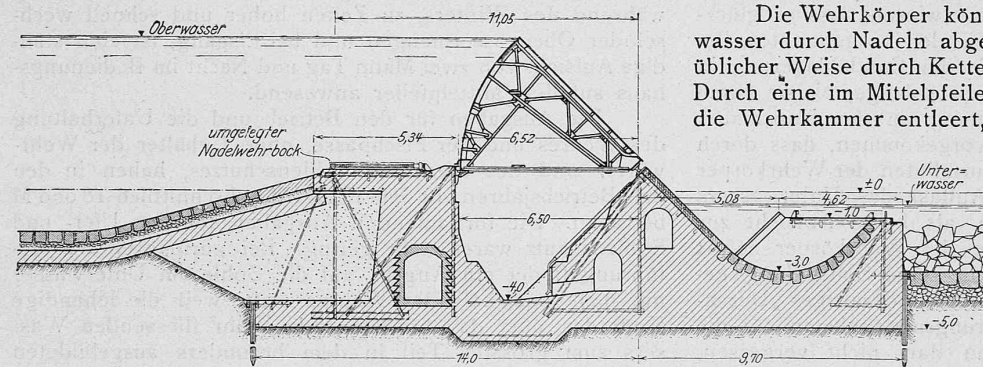


Abb. 4. Schnitt durch die linke Wehröffnung, 1:250. — Abb. 1, 3, 4, 5 und 10 (Seite 144) sind aus „Z. d. V. D. I.“.

Die Wehrkörper können gegen das Ober- oder Unterwasser durch Nadeln abgedämmt werden, deren Böcke in üblicher Weise durch Kettenzüge aufgestellt werden können. Durch eine im Mittelpfeiler aufgestellte Pumpe wird dann die Wehrkammer entleert, sodass alle Teile nachgesehen werden können.

Das Wehr, das nach Beseitigung der Kinderkrankheitserscheinungen seit 1912 ständig in Betrieb ist, hat sich, wie bemerkt, aufs glänzendste bewährt und darf wohl als die vollkommenste Art der versenkbaren Wehre angesehen werden. Die Ab-

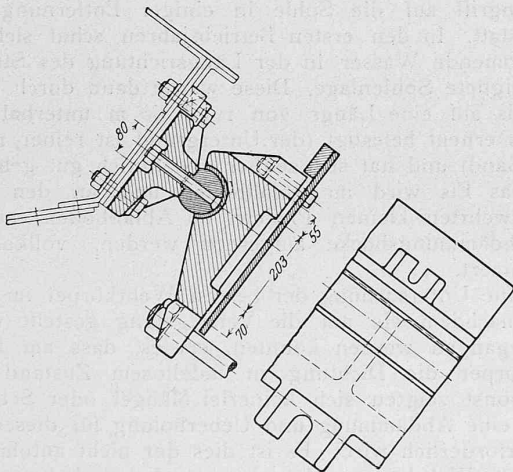


Abb. 5. Drucklager der Sektorschützen. — 1:6.

Der geringe Lagerdruck (rund 11 kg/cm²) und die geringe Drehung der Welle im Lager sind ebenfalls wesentliche Vorteile des Systems. Die Dichtung an der Brustseite und an den Seitenflächen geschieht durch Leder. In der höchsten Lage des Wehrkörpers kann er verriegelt

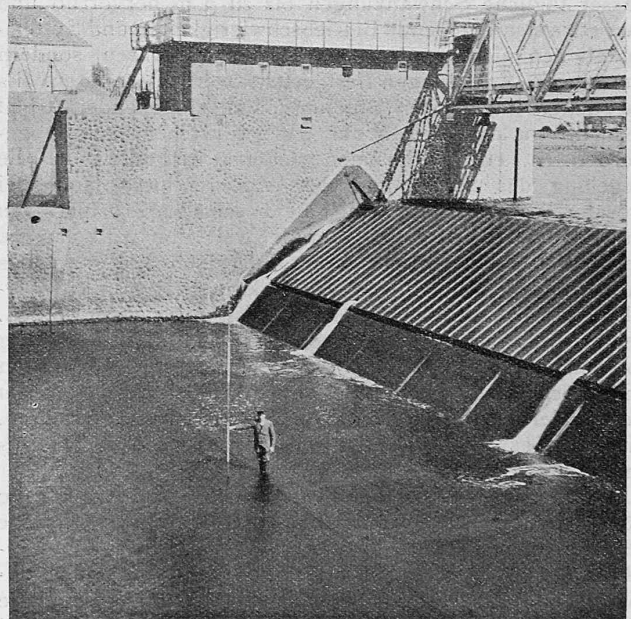


Abb. 6. Hochgestelltes Wehr bei Ebbe.

bildungen 6 bis 9 zeigen das Wehr in verschiedenen Stellungen bei verschiedenen Wasserständen.

Die Befürchtungen, die gegen das System geltend gemacht wurden, waren verschiedener Art. Einmal wurde es als sehr bedenklich angesehen, dass der Wehrkörper nicht wie eine Schütze oder Walze ganz aus dem Wasser entfernt werden konnte, sondern dass vielmehr ein so wichtiger Konstruktionsteil, wie die Welle, während eines grossen Teiles des Jahres unter Wasser, also unzugänglich ist. Weiter wurde befürchtet, dass sich in der Kammer der feine Sand, den die Weser führt, ablagern und ein Versenken der Wehrkörper in die tiefste Lage verhindern könnte, was verhängnisvoll werden müsste, wenn eine vollständige Freigabe des Durchflussprofils bei Hochwasser oder Eisgang notwendig werden sollte. Weiter wurde geltend gemacht, dass durch Eisbildung an dem Drehgelenk und an den Seitenflächen eine Bewegung des Wehres verhindert oder bei erzwungener Bewegung Zerstörungen angerichtet werden könnten. Ferner wurde befürchtet, dass bei lange andauernder strenger Kälte und wenn die Turbinen alles Wasser verbrauchen, sodass über die in Höchstlage befindlichen Sektoren kein Wasser fliesst, durch die Berührung der schrägen Abflussfläche des Wehrkörpers mit der kalten Luft sich im Innern des Wehres starke Eisansätze bilden könnten, die die Bewegungsfähigkeit des Wehrkörpers vermindern würden. Ein schwerwiegendes Bedenken war natürlich, dass das System bis dahin an einer einzigen Anlage bei Chicago ausgeführt war, und zwar unter wesentlich anderen örtlichen Verhältnissen (in einem Kanal ohne Sandführung) und in wesentlich kleineren Abmessungen (rd. 14 m Länge).

Es war tatsächlich ein Wagnis, das System hier anzuwenden, aber die Zeiten haben erwiesen, dass es glücklich bestanden wurde. Von allen den vorgenannten Befürchtungen ist eigentlich nur die der Sandablagerung in den Kammern eingetroffen, aber nur solange, bis sie durch eine gründlich ausgeprobte Dichtung an der Brustmauer verhindert wurde. Wohl ist es vorgekommen, dass durch unvermutete, hoch auflaufende Sturmfluten der Wehrkörper während der Nacht durch die Auflast des Unterwassers heruntergedrückt werden konnte, als keine Aufsicht zur Stelle war; aber erstens konnte der Wehrkörper sofort und in wenigen Minuten wieder in seine Sollstellung gehoben werden, und zweitens konnte ein derartiges „Durchbrennen“ durch geeignete Sicherungsmassnahmen für die Zukunft verhindert werden. Man darf nicht vergessen, dass man es mit einem ganz neuen, hier nicht erprobten System zu tun hatte, dass die Tide-Erscheinung im Unterwasser tägliche Schwankungen bis zu 3 m hervorruft und dass etwa sich ergebende Betriebschwierigkeiten und Systemeigenschaften nicht von vorneherein bekannt waren, sondern erst durch Erfahrungen festgestellt werden konnten. Es hat daher intensivsten Studiums und eingehender Arbeit bedurft, um aus dem Wehr das zu machen, was es geworden ist, ein vollkommen sicheres Instrument für die Regelung des Staus und des Wasserabflusses auch bei grösster Wasserführung, bei langen scharfen Frostperioden und schwerstem Eisgang. Gerade weil eine vollkommene Betriebsicherheit erreicht worden ist, sollen die anfangs aufgetretenen Mängel und Kinderkrankheiten nicht verschwiegen, sondern im Gegenteil offen zugegeben werden. Leider liest man in technischen Zeitschriften zu wenig von Mängeln an ausgeführten Bauten oder Konstruktionen und doch sind es gerade diese, an denen man am meisten lernen kann. Es ist viel lehrreicher zu erfahren, wie man es nicht machen soll, als zu wissen, wie es gemacht wurde.

Die grössten Vorzüge des Systems sind einmal die Möglichkeit, grosse Spannweiten auszuführen, weil infolge der durchgehenden Auflagerung das Gewicht des Verschlusskörpers pro lfd. m nicht von der Spannweite abhängig ist. Eine grosse Spannweite ist für eine glatte Abführung der Eismassen von Wichtigkeit. Ferner wird durch die Ersparung von Pfeilern und Antrieben die Be-

dienung ausserordentlich vereinfacht. Beim Bremer Wehr sind die Bewegungsvorrichtungen für beide Oeffnungen im Mittelpfeiler untergebracht. Pegel zeigen die Wasserstände im Ober- und Unterwasser und in den Wehrkammern an. Ferner sind Anzeigevorrichtungen über die Stellung der Wehrkronen und zwar von beiden Enden jedes Wehrkörpers her, hier untergebracht, sodass der Wärter auch bei Nacht genau über Wasserstandsverhältnisse und Lage des Wehrkörpers unterrichtet ist. Da die Turbinen infolge der mit Ebbe und Flut täglich stark wechselnden Unterwasserstände, also der Gefälle, ständig verschieden grosse Wassermengen verarbeiten, müssen die Wehre ständig wechselnde Wassermengen ablassen, also sozusagen ständig in Bewegung sein, um den Sollstau genau zu regeln. Mit der

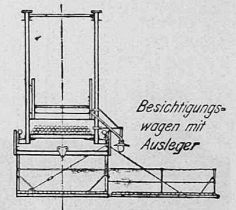


Abb. 10. — Masstab 1 : 250.

automatischen Regulierung des rechten Wehrkörpers kann der Stau auf ± 2 cm genau gehalten werden. Die Regulierung ist so empfindlich, dass die Wehre auf jede kleinste Aenderung in der Wasserführung sofort reagieren. So lässt ihre automatische Bewegung z. B. sofort erkennen, wenn bei schwerem Eisgang weit oben im Staugebiet Eisstopfungen vorkommen, die eine zeitweise Verminderung des Wasserabflusses hervorrufen. Die Regulierung ist ferner so zuverlässig, dass während des Sommers, wo die Weser eine stetige Wasserführung hat, eine ständige Bedienung und Aufsicht nicht erforderlich ist. Die Wehre sind sich selbst überlassen und ein aufsichtführender Beamter braucht nur höchstens einmal am Tage nachzusehen, ob alles in Ordnung ist, was nur einige Minuten beansprucht. Nur während des Winters, zu Zeiten hoher und schnell wechselnder Oberwassermengen und bei Eisgang, ist eine ständige Aufsicht von zwei Mann Tag und Nacht im Bedienungshaus auf dem Mittelpfeiler anwesend.

Die Ausgaben für den Betrieb und die Unterhaltung des Wehres und der Fischpässe, ohne Gebälter der Wehrwärter und des Ufer- und Sohlenschutzes, haben in den drei Betriebsjahren vor dem Kriege durchschnittlich 18 000 M betragen. Die fortlaufenden Ausgaben für den Ufer- und Sohlenschutz waren sehr gering. Bei geringerer Wasserführung findet ein Angriff auf die Sohle im Unterwasser nur dicht unterhalb des Wehres statt, weil die lebendige Kraft des über das hochstehende Wehr fliessenden Wassers zum grössten Teil in dem besonders ausgebildeten Abfallboden vernichtet wird. Bei hoher Oberwasserführung, bei der die Wehre in tieferen Lagen stehen, findet der Hauptangriff auf die Sohle in einiger Entfernung vom Wehr statt. In den ersten Betriebsjahren schuf sich das überströmende Wasser in der Längsrichtung des Stromes die geeignete Sohlenlage. Diese wurde dann durch Steinwurf bis auf eine Länge von rund 60 m unterhalb des Wehres erneut befestigt (der Untergrund ist reiner, mittelfeiner Sand) und hat sich seither erstaunlich gut gehalten.

Das Eis wird im Abfallboden und an den stark eisenbewehrten kleinen Pfeilern im Abfallboden, auf die die Abdämmungsböcke aufgesetzt werden, vollkommen zertrümmert.

Eine Untersuchung der beiden Wehrkörper im März 1922, nachdem sie auf die Verriegelung gestellt waren und begangen werden konnten, erwies, dass am linken Wehrkörper die Dichtung in tadellosem Zustand war. Auch sonst zeigten sich keinerlei Mängel oder Schäden, sodass eine Abdämmung und Ueberholung für dieses Jahr nicht erforderlich wird. Es ist dies der nicht automatisch regulierte Wehrkörper, der also nur bei verhältnismässig grösseren Aenderungen in der Wasserführung bewegt wird. Dieser Wehrkörper musste zuletzt im Jahre 1919 abgedämmt und überholt werden.

Der rechte Wehrkörper, der den Stau automatisch regelt und, wie oben bemerkt, wegen der täglichen Flut- und Ebbe-Erscheinung sozusagen ständig bewegt wird, zeigte zwar stärkere Abnutzung der Brustdichtung, doch nicht

so, dass eine Abdämmung und Ueberholung in diesem Jahre notwendig wäre. Er ist zuletzt im Jahre 1920 abgedämmt und überholt worden. Während des Krieges war aus verschiedenen Gründen eine Abdämmung der Wehre immer wieder zurückgestellt worden. Seit 1913 wurde der linke Wehrkörper zum ersten Mal 1919, also nach sechs Jahren, der rechte Wehrkörper 1918, also nach fünf Jahren abgedämmt und überholt. An nennenswerten Reparaturen waren nur Erneuerungen der Abdichtungen und Anstricharbeiten auszuführen. (Zur Revision dient ein auch in Abb. 9 erkennbarer Besichtigungswagen mit Ausleger, der auf Laufschiene am Untergurt der Fussgängerbrücke entlang rollt, Abbildung 10 nebenan).

Diese Erfahrungen lassen erkennen, dass die an das System geknüpften Befürchtungen sich nicht als stichhaltig erwiesen haben und dass die Vorteile und die Einfachheit des Betriebes derart gross sind, dass tatsächlich von einer glänzenden Bewährung gesprochen werden kann, die dem System eine weitere Anwendung sichern wird.

Erwähnt sei noch, dass z. Z. in Norwegen, im Glommen bei Raanaasfoss, eine Kraftanlage erbaut wird, bei der das

Wehr aus einem Walzenkörper von 45 m Spannweite und 6,5 m Höhe (bei einem Walzendurchmesser von 5 m) und 2 Sektoren von je 50 m Spannweite und 4 m Höhe besteht. Die Sektorwehre sind gewählt worden, um die gewaltige Flösserei im Glommen ohne Beeinträchtigung der Kraftausnutzung durchführen zu können. Das ungehinderte Passieren der Millionen von Baumstämmen über die Wehranlage weg kann nur durch ein versenkbares Wehr erreicht werden, das ermöglicht, den Stau auch während der Flösserei zu halten. Zur Stauregelung während des strengen Winters (es kommen länger dauernde Frostperioden bis zu 40° Kälte in Betracht), soll die Walze dienen, die sich unter nordischen Verhältnissen und namentlich bei scharfem Frost in langen Jahren aufs Beste bewährt hat, während für Sektorwehre Erfahrungen in nordischen Verhältnissen noch nicht vorlagen und erst bei dieser Anlage gewonnen werden sollen.

Die Bremer Anlage wurde wie erwähnt, in den Jahren 1909/10 erbaut. Die Kosten des Wehres (mit den umfangreichen Fischpassanlagen, dem Wehrdamm mit Brücke und der Fussgängerbrücke über die Wehre) haben rund 2 Millionen Mark betragen. Davon entfallen rund 500 000 Mark auf das bewegliche Wehr mit Nadelabdämmung und Fussgängerbrücke und ebenfalls 500 000 Mark auf Abdämmungen und Grundwasserspiegelsenkung. Der Grundbau hat rund 800 000 Mark gekostet. Für Unvorhergesehenes und Verschiedenes sind rund 200 000 Mark ausgegeben. Der Unterbau (mit Abdämmungen und Wasserhaltung) ist von der Firma Holzmann & Co. in Frankfurt a. M. ausgeführt, die beweglichen Wehrkörper mit Bewegungsvorrichtungen, Nadelwehroböcken, Fussgängerbrücke usw. wurden von der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, Werk Gustavsburg, geliefert und aufgestellt. Diese Firma liefert auch das Walzen- und die Sektorwehre für die norwegische Anlage in Raanaasfoss.

Die Hochspannungsleitung Bevers-Albulawerk der Rhätischen Werke für Elektrizität.

Von Ingenieur G. Lorenz, Direktor der Rhätischen Werke, Thusis.

(Schluss von Seite 131.)

4. Die Leiter und Isolatoren.

Als Leitermaterial konnte nur Kupfer oder Aluminium in Betracht fallen. Rein-Aluminium musste aus Festigkeitsrücksichten von vornherein ausgeschlossen werden. Ueber die Verwendung von Rein-Aluminiumseilen mit Stahlseelsele lagen seinerzeit nicht genügend zuverlässige An-

gaben vor, um alle dagegen bestehenden Bedenken zu zerstreuen. Es muss aber darauf hingewiesen werden, dass seit der damaligen Entscheidung dieser Angelegenheit Versuchsergebnisse bekannt geworden sind und Neu-Konstruktionen auf den Markt gebracht wurden, die gerade für solche Leitungen die Stahlaluminiumseile als durchaus wettbewerbsfähig erscheinen lassen, sodass in dieser Hinsicht neben elektrotechnischen Erwägungen schliesslich die Wirtschaftlichkeit allein ausschlaggebend sein wird. Unter

den damals obwaltenden Verhältnissen jedoch musste dem Kupfer der Vorzug gegeben werden. Man wählte ein Kupferseil von 80 mm² Querschnitt bei 40 kg/mm² garantierter Bruchfestigkeit des Seiles. Für besonders grosse Spannweiten und Steilstrecken wurde statt dessen ein Bronze-Seil von gleichem Querschnitt, aber mit 65 kg/mm² Bruchfestigkeit eingebaut. Der gewählte Querschnitt ermöglicht auch noch den späteren Uebergang auf die vorgesehene Höchstspannung, ohne dass Bedenken wegen der etwa zu erwartenden Corona-Erscheinungen gehegt werden müssen.

Als Seilverbindung kam die in Abb. 13 (S. 146) dargestellte Verbindungsmuffe zur Verwendung. Sie entspricht bei sachgemässer Spezial-Ausführung allen Anforderungen und weist mindestens die gleiche Bruchfestigkeit auf wie das Seil. Ein Herausreissen des Seiles aus der Muffe ohne Zerstörung dieser letzteren hat sich als vollständig unmöglich erwiesen. Die verwendeten Abspann- und Hängeklammern, Typ Motor, sind ebenfalls aus Abbildung 13 ersichtlich.

Die starken zu erwartenden Temperaturschwankungen und die Zusatzbelastungen durch Schnee und Reif führten zur Anwendung verhältnismässig geringer Montage-Spannungen gemäss nachfolgender Aufstellung: Kupferseil von 80 mm² für Spannweiten von 125 m an aufwärts 6 kg/mm²; Kupferseil von 80 mm² für kleinere Spannweiten, unter 125 m, 4 ÷ 5 kg/mm²; Bronze-Seil von 80 mm² 6 kg/mm²; Stahl-Seil von 40 mm² 6 kg/mm².

Die Isolatoren-Auswahl erstreckt sich über eines der zurzeit noch in starker Entwicklung begriffenen und heiss umstrittenen Gebiete der Elektrotechnik. Eine restlos befriedigende Abklärung dieser Frage war, wenigstens bezüglich der Hängeisolatoren, nicht möglich, und es musste deshalb der versuchsweisen Anwendung verschiedener Typen, trotz der damit verbundenen betriebstechnischen Nachteile, der Vorzug gegeben werden.



Abb. 11. Scheitelpunkt der Fernleitung auf Albulapasshöhe, gegen Westen gesehen.