Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 82 (1964)
Heft: 48

Artikel: Die Wehrschützen des Rheinkraftwerkes Säckingen
Autor: Amstutz, Ernst
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-67622

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: 26.07.2025

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

ORGAN DES SCHWEIZERISCHEN INGENIEUR- UND ARCHITEKTEN-VEREINS S.I.A. UND DER GESELLSCHAFT EHEMALIGER STUDIERENDER DER EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE G.E.P.

Die Wehrschützen des Rheinkraftwerkes Säckingen

DK 627.432.5

Von **Ernst Amstutz,** dipl. Ing., Vizedirektor in Firma Wartmann & Cie. AG., Brugg und Zürich

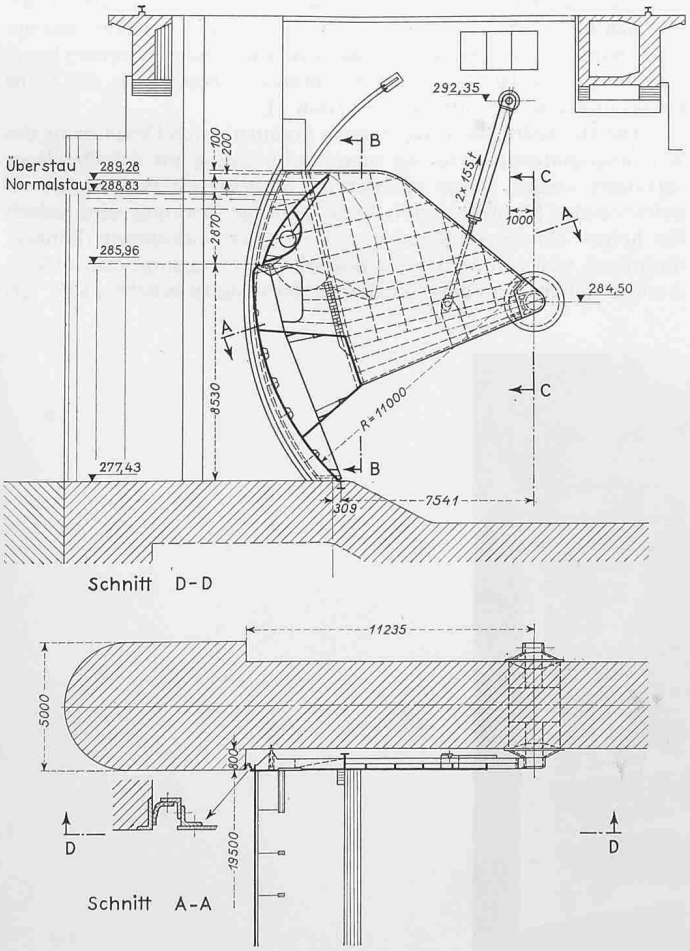
Die Wehrschützen des Rheinkraftwerkes Säckingen werden gegenwärtig montiert. Da sie in ihren Dimensionen und in ihrer Konzeption bemerkenswert sind, rechtfertigt sich heute schon eine Darstellung, womit aber einer Beschreibung der Gesamtanlage nicht vorgegriffen werden soll. Da es sich um ein Grenzkraftwerk handelt, setzt sich die ausführende Gesellschaft aus deutschen und schweizerischen Partnern (Badenwerk Karlsruhe, Nordostschweizerische Kraftwerke Baden und Aargauisches Elektrizitätswerk Aarau) zusammen. Die Bauleitung liegt in den Händen der Siemens-Schuckert-Werke in Erlangen, Prüfingenieur war die Firma Dr. Staudacher & Siegenthaler, dipl. Bauing. ETH, Zürich.

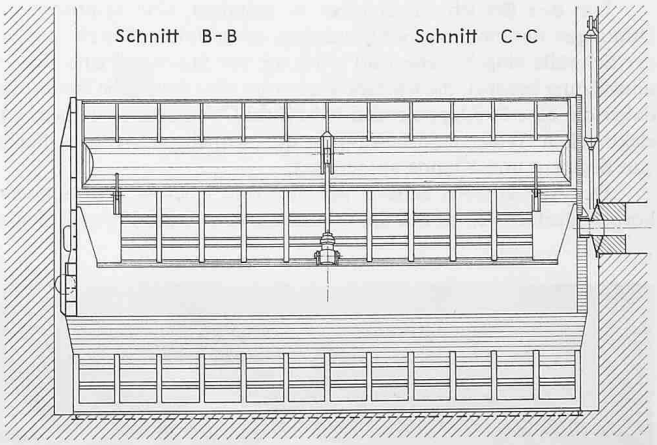
Der Auftrag für die Wehrschützen wurde auf Grund einer Submission unter deutschen und schweizerischen Stahlbauunternehmungen einem deutsch-schweizerischen Konsortium der Firmen Buss AG, Basel, Dinglerwerke AG, Zweibrücken, Wartmann & Cie. AG, Brugg/Zürich, und Eisenbau Wyhlen AG, Wyhlen, erteilt.

Neben dem offiziellen Projekt einer mechanisch betätigten Rollschütze mit Aufsatzklappe reichte dieses Konsortium eine eigene Variante als voll ölhydraulisch betätigte Segmentschütze mit Aufsatzklappe ein, die sich wegen geringeren Kosten des Antriebs als etwa 8 % billiger erwies und von der Bauherrschaft zur Ausführung gewählt wurde.

Ölhydraulische Antriebe wurden bis vor 15 Jahren fast ausschliesslich bei stark belasteten Grundablässen mit grossen Aufzugkräften angewandt. Seither sind die technischen und wirtschaftlichen Vorteile dieser Antriebe gegenüber mechanischen Windwerken auch für andere Schützentypen erkannt worden, so dass heute in der Schweiz sozusagen ausschliesslich ölhydraulische Antriebe verwendet werden[1]). Der ölhydraulische Antrieb hat neben seinen Vorteilen aber auch gewisse Besonderheiten. So erzeugen zwei am selben Aggregat angeschlossene Pressen zwar die selbe Kraft, legen aber von sich aus nicht zwangsläufig den selben Weg zurück. Eine zwangsläufige Synchronisierung der Bewegungen auf beiden Seiten der Schütze, wie sie bei mechanischen Hubwerken mit mechanischer oder elektrischer Verbindungswelle gegeben ist, bietet daher das ölhydraulische Hubwerk nicht. Bei Rollschützen muss diese zwangsläufige Parallelführung durch besondere Vorrichtungen sichergestellt werden. Vorteilhafter ist es, ein Schützensystem zu wählen, das in sich selber schon eine Parallelführung erzwingt. Segmentschützen mit torsionssteifem Hauptträger erfüllen diese Bedingung. Der torsionssteife Hauptträger zwingt die beiden Stützarme zur selben Drehbewegung und damit ergibt sich eine Parallelführung des Schützenkörpers. Die Segmentschütze mit ihren bekannten Vorzügen ist daher ganz besonders in Kombination mit ölhydraulischen Antrieben geeignet.

[1]) *Ernst Amstutz:* «Stauschützen mit ölhydraulischem Antrieb» in SBZ 1956, H. 24, S. 370.





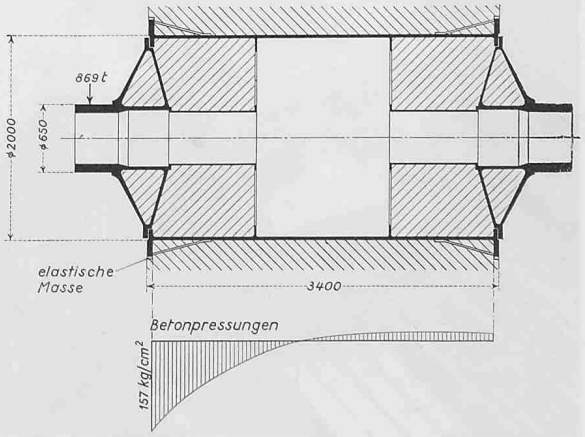


Bild 1. Schütze Säckingen, Uebersichtszeichnung 1:300

Bild 2 (rechts). Auflagetraverse, Schnitt 1:75 mit Verteilung der Betonpressungen

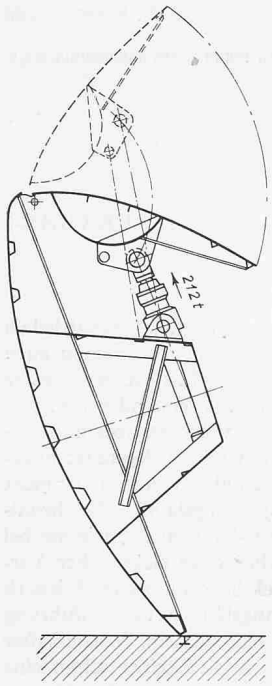


Bild 3. Ueberfallklappe in abgesenkter Stellung, Masstab 1:150

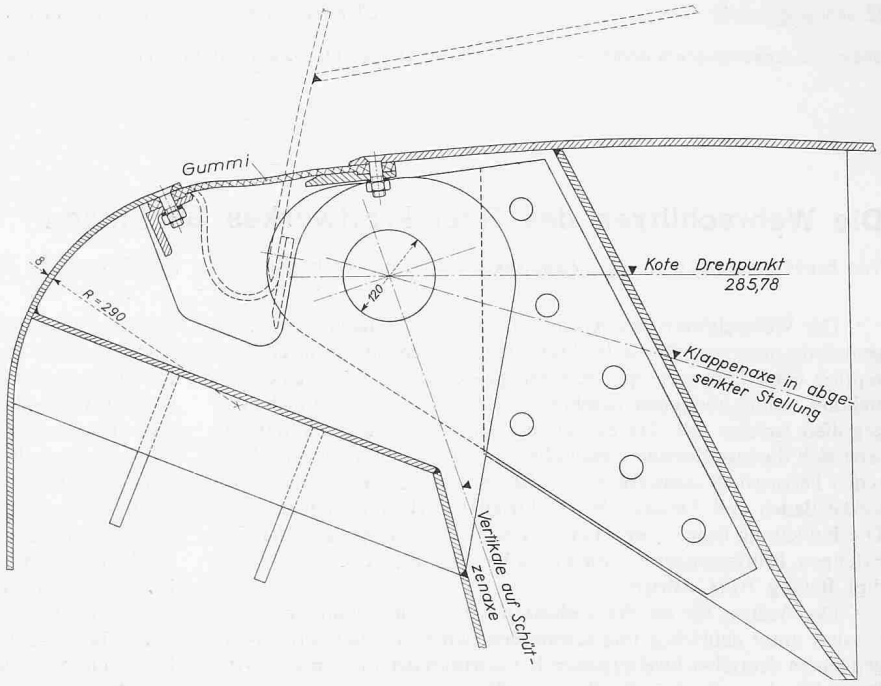


Bild 4. Dichtung zwischen Klappe und Segment, Schnitt 1:10

Die fünf Schützen haben eine Lichtweite von je 19,5 m und eine Höhe von rund 12 m. Die beweglichen Teile der Stahlkonstruktion weisen pro Öffnung ein Gewicht von 104 t auf, die Gesamttonnage einschliesslich Festteile beträgt 586 t.

Die Überfallklappen übernehmen die Feinregulierung des Stauspiegels und dienen auch zum Ablassen von Eis und Geschwemmsel. Der ölhydraulische Antrieb ermöglicht auf einfache und zuverlässige Art eine Schnellabsenkung der Klappen zwecks Schwallabfuhr und Überlastsicherung. Die Segmente übernehmen bei grösseren Überschusswassermengen die Grobregulierung und ermöglichen das Spülen des Rheinbettes von Geschiebe- und Schlammablagerungen.

Um den Betrieb wintersicher zu gestalten, sind sämtliche fünf Öffnungen mit einer Luftschleieranlage ausgestattet. Durch oberhalb der Schwelle eingeblasene Luft wird vor der Stauwand eine Wasserumwälzung bewirkt, die warmes Wasser an die Oberfläche fördert und daher die Überfallklappe eisfrei hält. Zwei Öffnungen sind zudem mit elektrischen Widerstandsheizungen der seitlichen Dichtungsflächen von Segment und Klappe ausgerüstet.

Der Aufbau einer Schütze geht aus Bild 1 hervor. Der Schützenkörper gliedert sich in die Stauwand mit den Aussteifungen, den als torsionssteifen Kastenträger ausgebildeten Hauptträger, die ebenfalls torsionssteife Überfallklappe, die Stützarme mit den Drehlagern, die Seitenschilder zur Leitung des Überfallstrahles, die beiden Hubpressen für das Segment und die eine Hubpresse in der Mitte der Klappe.

Jede Schütze erhält ein unabhängiges Antriebsaggregat mit getrennten Ölpumpen für Segment und Klappe, das in einer benachbarten Pfeilerkammer untergebracht ist. Die Betätigung erfolgt an Ort oder durch Fernsteuerung von der Schaltwarte aus. Ausser den üblichen Reservehandpumpen ist sicherheitshalber ein netzunabhängiger Notantrieb, der an alle fünf Aggregate angeschlossen werden kann, vorgesehen. Die Hubkräfte der Hauptpressen betragen je 155 t, die Hubkraft der Klappenpresse 212 t (Bild 3).

Die Hubkräfte der Hauptpressen konnten durch Desaxierung des Krümmungsmittelpunktes der Stauwand in bezug auf das Drehlager verringert werden, indem dadurch die resultierende Wasserkraft ein aufrichtendes Moment ergibt. Diese günstige Wirkung wird jedoch bei hohen Unterwasserständen, wie sie hier vorkommen können, illusorisch, weil von der Unterwasserseite ein entgegengesetztes Drehmoment auftritt. Um diese ungünstige Wirkung zu beheben, sind ver-

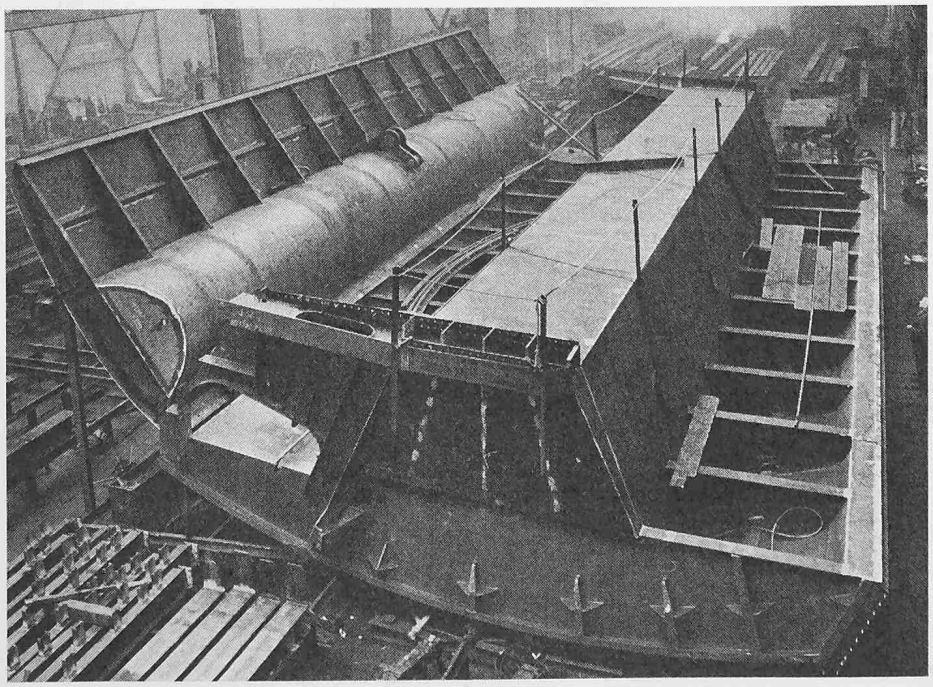
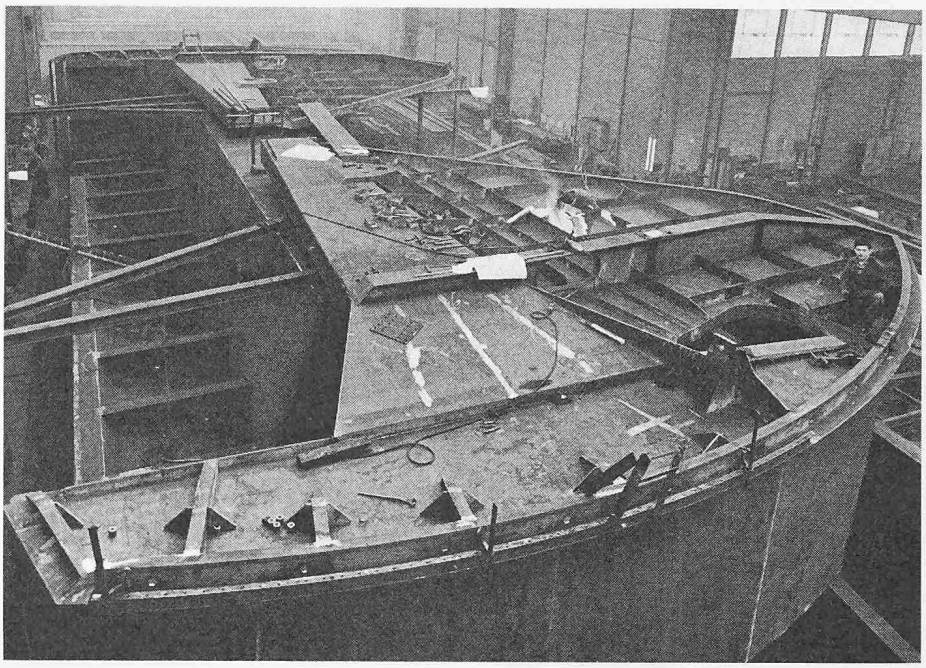


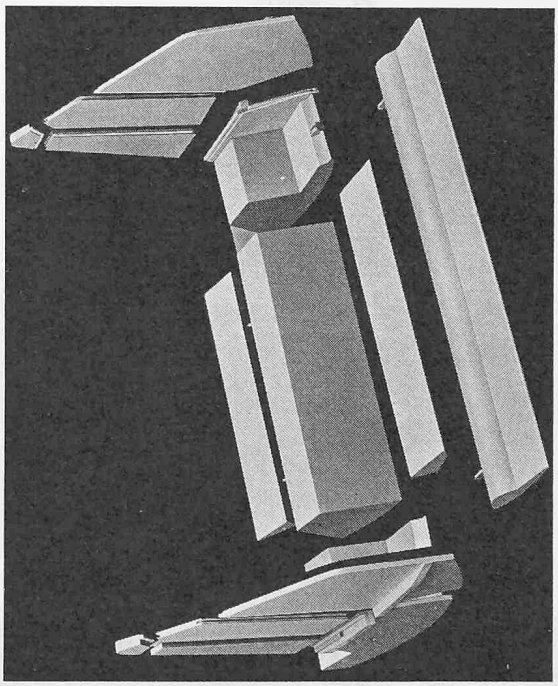
Bild 5. Werkmontage des Segmentkörpers und der Klappe

Bild 6 (rechts). Werkmontage der Stützarme und Seitenschilder

Bild 7 (Mitte). Zerlegung der Schütze für den Transport, Modellbild, Draufsicht

Bild 8 (unten). Transport eines Schützenteiles





schiedene Teile der Schütze wie Stützarme, sekundäre Längsträger und Schützenschneide als luftdicht verschweisste Hohlkörper ausgebildet, so dass sie im Unterwasser einen Auftrieb erfahren. Es ergab sich dadurch für die genannten Teile auch eine statisch günstige Form und die Möglichkeit, die Oberflächen glatt und ohne Wassersäcke zu gestalten, was für die Haltbarkeit des Rostschutzes wesentlich ist. Der Hohlkörper des Hauptträgers konnte leider nicht nach diesem Prinzip gestaltet werden, da sich die Schütze wegen zu grossem Auftrieb gar nicht hätte schliessen lassen. Es sind daher in diesem Kasten Flutlöcher angebracht, die ein Eindringen des Unterwassers ermöglichen.

Um die Hubkräfte weiter möglichst zu verringern, sind die Haupttragteile der Schütze aus hochwertigem Stahl MRR St 52–3 nach DIN 17100 hergestellt. Durch gute Formgebung der Überfallklappe ist es möglich, die Wasserauflasten des Überfallstrahles klein zu halten. Anhand eines hydraulischen Modells wurden die Wasserdrücke an der Klappe in verschiedenen Stellungen und bei verschiedenen Stauspiegeln gemessen. Durch Änderung in der Form des Klappenmodelles konnte erreicht werden, dass die Auflasten möglichst gering sind, dass aber nie Unterdrücke auftreten, die zu Schwingungen Anlass geben können.

Der Wasserdruck auf die Stauwand beträgt rd. 1700 t und wird mit je rd. 850 t auf jedes der beiden Drehlager abgegeben. Diese sind in üblicher Art mit Bronzebüchsen ausgestattet, die an eine Zentralschmierung angeschlossen sind. Der Drehzapfen ist an einem Stahlguss-Schild angegossen, wodurch ein komplexer Spannungszustand entsteht, der mittelst spannungsoptischen Modellversuchen erfasst wurde. Das Stahlguss-Schild überträgt seine Kraft mittelst hochfester Schrauben auf eine Auflagertraverse, die den ganzen Pfeiler durchdringt (Bild 2). Die Auflagertraverse wurde als Stahlrohr mit einem Durchmesser von 2 m ausgebildet. Statisch wirkt sie als Balken auf elastischer Bettung. Die grössten Betonpressungen treten am Rande des Pfeilers auf. Um hier ein Absprengen der äussersten, nicht mehr durch Armierungen gesicherten Betonschicht zu vermeiden, wurde zwischen Flansch und Beton eine elastische Masse eingelegt, so dass die eigentlichen Pressungen erst einige Zentimeter hinter der Betonflucht sich einstellen können. Die Berechnung der Betonpressungen ist mit Unsicherheiten behaftet, weshalb an einer Traverse Spannungsmesser angebracht wurden, die beim erstmaligen Aufstauen eine experimentelle Ermittlung der Betonpressungen erlauben werden. Die Auflagetrommel ist vom Pfeilerinnern aus zugänglich, da durch den hohlen Drehzapfen eine ganze Anzahl Leitungen für die elektrische Heizung der Seitenschilder, für die Ölversorgung der Klappenpresse, für die automatische Schmierung der verschiedenen Drehlager und für die Stellungsübertragung der Klappe und des Segmentes durchgeführt werden müssen.

Umfangreiche statische Untersuchungen erforderte auch die Art der Lagerung der Überfallklappe. Man hat bisher vorwiegend sogenannte Scharnierlager angewendet; das sind Zapfenlager mit möglichst

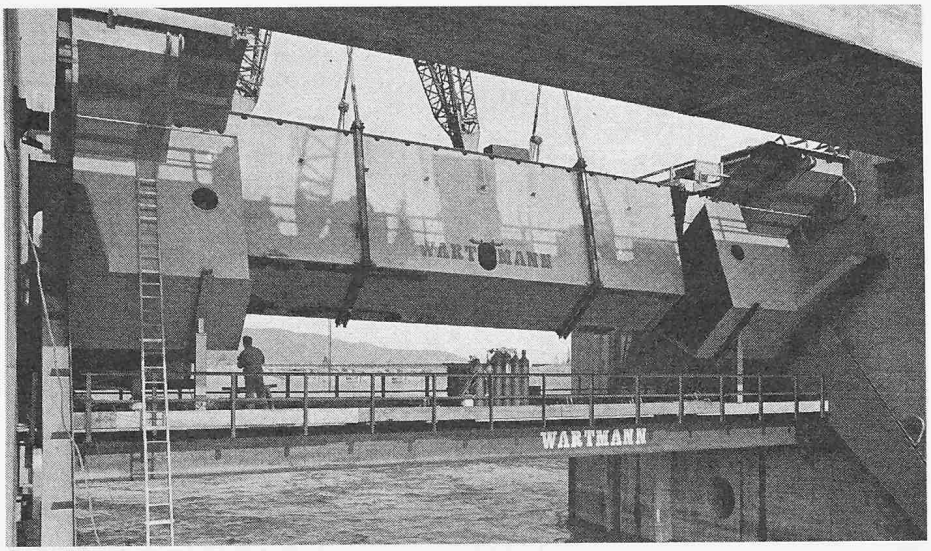
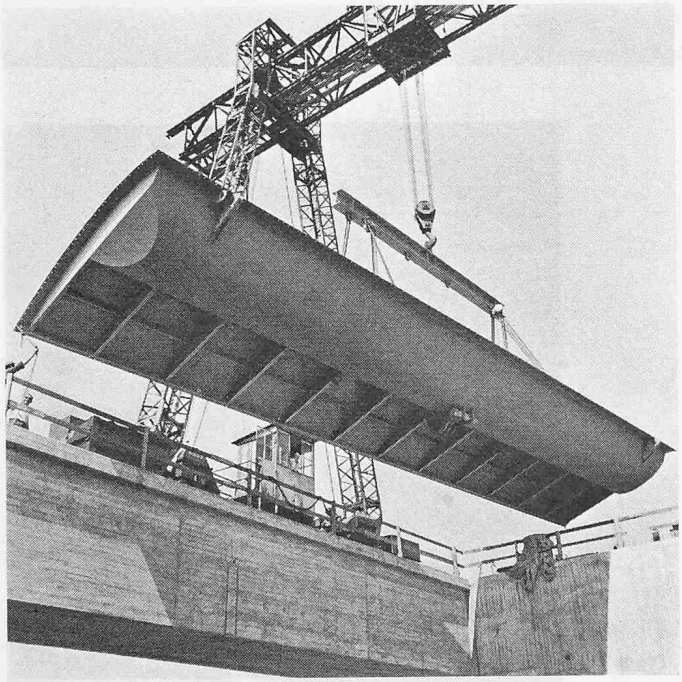
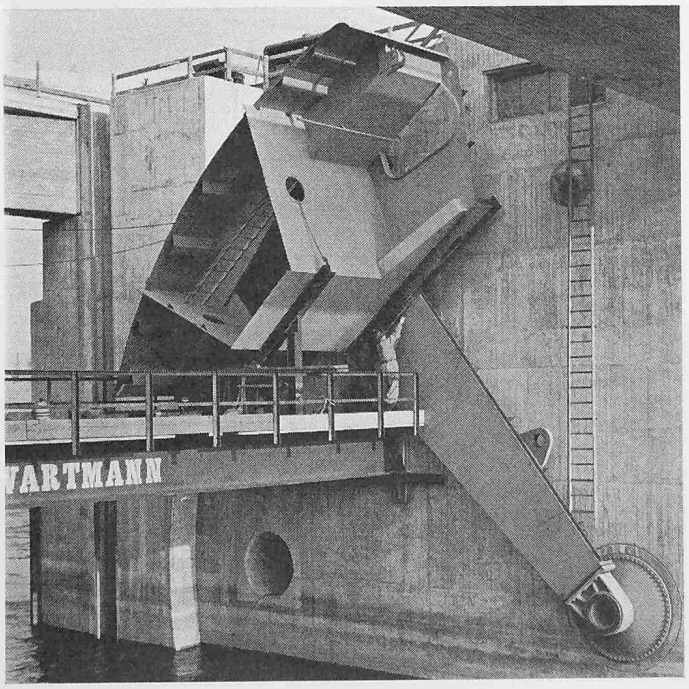


Bild 9 (unten). Montage eines Seitenteiles

Bild 10 (links). Montage des Mittelteils auf einer Montagebühne

Bild 11 (Mitte). Montage der Ueberfallklappe





geringem Durchmesser, die in grösserer Zahl über die Länge der Klappe verteilt wurden. Dieses System konnte angewendet werden, solange die Klappen an den Enden aufgehängt wurden und daher über die Öffnungsbreite keine konzentrierten Einzellasten einzuleiten waren. Mit dem ölhydraulischen Antrieb ergibt sich jedoch eine beträchtliche Einzelkraft in Klappenmitte, die das entsprechende Lager weit überbeanspruchen würde. Im Projektstadium glaubte man, nach einigen Vergleichsrechnungen am günstigsten vier Lager anzubringen.

Als man jedoch bei der Ausführungsberechnung nicht nur die Deformationen quer zum Überfallblech, sondern auch in Richtung dieses Bleches berücksichtigte, zeigte es sich, dass wegen der Durchbiegung des Segmenthauptträgers grosse Zwängungskräfte in die umgelegte Klappe einzuleiten waren, die bedeutend grössere Lager erforderlich gemacht hätten, als ursprünglich angenommen wurde. Durch Anwendung von nur zwei Drehlagern wurde hierauf die Klappe statisch bestimmt gelagert, so dass Zwängspannungen nicht mehr eintreten können. Die Lagerdimensionen sind infolge Wegfalles der Zwängungskräfte sogar kleiner geworden als bei Anordnung von vier Lagern. Durch Einbau von kugeligen Bronzebüchsen können sich die Lager zwängungsfrei den Durchbiegungen der Klappe und des Segmentes anpassen.

Die Unmöglichkeit, die sonst üblichen Scharnierlager anzuwenden, wirkte sich auch auf die Ausbildung der Dichtung zwischen Klappe und Segment aus. Bei den bisher üblichen Scharnierlagern konnte eine verhältnismässig kleine Gummibalgdichtung angeordnet werden, die sich beim Aufstellen der Klappe zusammenfaltete. Mit dem Einbau von grösseren Drehlagern ergaben sich aber auch grössere Bewegungswege für die Dichtung, weshalb nach einer neuen Lösung gesucht werden musste. Sie besteht in einer sackartigen Gummidichtung nach Bild 4. Das Gummiband wird durch den Wasserdruck auf Zug beansprucht und erhält daher eine Gewebeeinlage sowie besondere Verankerungswülste. Anfängliche Befürchtungen, dass sich in diesem Sack Steine, Holz oder Eisstücke verklemmen würden, konnten durch entsprechende Formgebung und Ausprobieren an einem Modell zerstreut werden.

Die Seitendichtungen sind als Schleifdichtungen aus Gummiwinkeln ausgebildet, die an rostfreien Gleitleisten anliegen und nachstellbar sind. Sie sind unempfindlich gegen Verkantungen der Schütze, da sie nicht an den Seitenflächen der Pfeiler, sondern parallel zur Stauwand anliegen und somit nur die relativ geringen Bewegungen aus den Verformungen der Stützarme infolge Belastung und Temperaturänderung aufnehmen müssen.

Bei der Ausarbeitung des Projektes waren folgende Konstruktionsgrundsätze wegweisend:

a) grosse Steifigkeit bei kleinem Gewicht
b) glatte Flächen und Vermeidung von Wassersäcken zur Erhöhung der Korrosionssicherheit
c) gute Strahlführung und günstige Formgebung der Überfallklappe zur Vermeidung von Vibrationen
d) einfache, ästhetisch ansprechende Bauformen.

Es ist einleuchtend, dass die statische und konstruktive Ausarbeitung eines solchen Objektes einen grossen Aufwand auf dem

technischen Büro verursacht. Im vorliegenden Fall entsprechen die Bürostunden mehr als der Hälfte der Werkstattstunden für die Herstellung einer Schütze.

Die grossen Dimensionen erlaubten es nicht, die Schützen in der Werkstatt vollständig zusammenzubauen. Mit Rücksicht auf die bereits einbetonierten Festteile war eine äusserst genaue Vermessung notwendig, deshalb musste der Zusammenbau schrittweise vorgenommen werden.

Zuerst wurde der auf der Stauwand liegende Segmentkörper, bestehend aus dem grossen Mittelstück, den beiden Seitenteilen und dem oberen und unteren Stauwandteil, zusammengebaut, wobei die Teile durch provisorische Laschen verbunden waren. Mit Hilfe von Messbolzen wurde nun die Winkelrechtigkeit der Stirnseiten zur Schützenschneide festgelegt. Ferner konnte in dieser Lage die Klappe eingebaut und justiert werden, Bild 5. Nachher wurde die Klappe demontiert und die Seitenteile um 90° geschwenkt, so dass nun die Stützarme und die Seitenschilder in horizontaler Lage angebaut werden konnten. Der Mittelteil des Segmentes diente hierbei als Abstützbühne, Bild 6. In dieser Lage sind die Drehlager genau eingepasst und vermessen worden. Nun konnten die Einzelteile wieder demontiert und in das Verzinkungswerk geschickt werden, wo nach Sandstrahlreinigung eine Spritzverzinkung und die Grundanstriche aufgebracht wurden.

Die Zerlegung der Schützen in transportfähige Stücke geht aus der Modellaufnahme Bild 7 hervor. Das grösste Stück von etwa 25 t Gewicht, 5 m Breite, 3,5 m Höhe und 14 m Länge stellte ein schwieriges Transportproblem, Bild 8.

Alle Festteile sind bereits seit längerei Zeit montiert und benötigten eine sehr genaue Vermessung, damit anschliessend die Schützen hineinpassen. Da der Rhein wegen der Bauarbeiten am Maschinenhaus bereits durch das Wehr geleitet werden muss, erfolgt die Montage der Schützen auf hochwasserfreien Arbeitsbühnen in höchster Schützenstellung, Bilder 9 bis 11. Dank der genauen Bearbeitung ergaben sich keine wesentlichen Schwierigkeiten beim Zusammenbau. Die Montagestösse sind vorwiegend geschweisst; wo zu grosse Schrumpfungen zu befürchten waren, wurden hochfeste Schrauben verwendet. An den eingebauten Schützen wird die Spritzverzinkung bei den Schweissstellen und an Orten von Beschädigungen ausgebessert und nachher ein zweimaliger Deckanstrich aufgebracht. Die fertige Schütze präsentiert sich in ansprechender, sachlich sauberer Form, Bild 12.

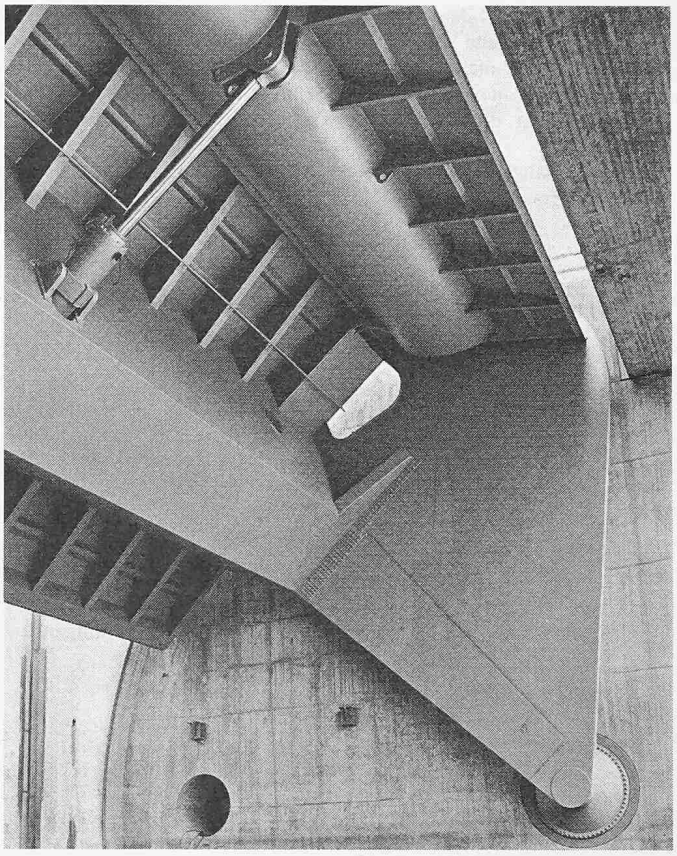


Bild 12. Fertige Schütze in angehobener Stellung

Die beschriebenen Wehrschützen sind ein schönes Beispiel für eine internationale, erspriessliche Zusammenarbeit zwischen Auftraggebern und Unternehmern.

Adresse des Verfassers: *E. Amstutz*, dipl. Ing., Wartmann & Cie. AG, 8005 Zürich, Limmatplatz 7.

Stahlbeton-Federgelenke an Stahlbeton-Brücken

Die aufschlussreiche Abhandlung meines Kurskollegen *P. Soutter* über die Stahlbeton-Federgelenke an den Viadukten in Ecublens (in der SBZ vom 1. Okt. 1964, H. 40, S. 693) ruft Erinnerungen an ähnliche Konstruktionen wach, bei deren Projektierung und Ausführung ich seinerzeit mitzuwirken hatte. Es dürfte heute angezeigt sein, auch auf die damals gewählten Lösungen hinzuweisen, welche dem konstruktiven Talent und der Beherrschung des Baustoffes eines *Robert Maillart* zu verdanken sind. Maillart hat für eine ganze Anzahl Dreigelenk-Bogenbrücken seiner eigenen Bauart in den dreissiger Jahren Federgelenke projektiert und ausgeführt. Allerdings standen damals weder Modellversuche im grossen Massstab noch die notwendigen Kredite der Auftraggeber zur Verfügung, um solche Versuche durchzuführen. Leitsatz in der damaligen Krisenzeit war: billig bauen!

Die wichtigsten Bogenbrücken Maillart'scher Bauart mit Federgelenken sind: Thurbrücke bei Müllheim, Rossgrabenbrücke[1]) bei Schwarzenburg, Salginabrücke[2]) bei Schiers, Aarebrücke[3]) in Innertkirchen, Simmebrücke in Garstatt sowie die späteren Ausführungen Zollbrücke über die Emme und Saanebrücke bei Laupen. Die ausgeführten Federgelenke in Bogenbrücken haben grundsätzlich die gleichen Funktionen, wie diejenigen der Pfeiler an den Viadukten bei Ecublens, nämlich gegenseitige Bewegung der Bauteile infolge Verkehrslasten und Temperatureinflüssen zu ermöglichen.

Die Berechnungen der Gelenkquerschnitte wurden, gemessen an heutigen Erkenntnissen und Erfahrungen, relativ einfach ausgeführt, da genaue Unterlagen damals fehlten und Versuchsergebnisse nicht bekannt waren. Grundlegend für die Berechnung war die Annahme, dass die maximale Horizontalkraft im Gelenk durch den Armierungsquerschnitt unter Einhaltung der Streckgrenze aufgenommen werde. Der eingeschnürte Betonquerschnitt durfte dabei nur mit den nach S.I.A.-Normen zulässigen Spannungen beansprucht werden. Mit den relativ kleinen Gewölbebreiten Maillart'scher Konstruktionen ergaben sich damit Einschnürbreiten bis zu rund 24 cm. Als Minimum der Gelenkhöhe betrachtete man den Wert von 10 cm, um eine genügende Betonüberdeckung der Stahleinlagen zu gewährleisten. Für die Aufnahme der Querkräfte im Scheitelgelenk des Bogens bei einseitiger Last kamen schräge Zulagen zur Anwendung, welche sich im Gelenkmittelpunkt kreuzten.

Selbstverständlich musste der Beton durch eine entsprechende Armierung in beiden Richtungen gegen die Spaltwirkung der grossen Gelenkkräfte gesichert werden. Dies geschah durch Anordnung zahlreicher vertikaler Bügel mit kleinem Schenkelabstand und durch ein dichtes Netz dünner Quereisen ∅ 10 bis 12 mm an diesen Bügeln. Die Netze folgten sich im Abstand von 10 cm bei der Gelenkfuge und bis zu 30 cm in den vom Gelenk entfernteren Querschnitten. Die durchgehenden Gelenkeisen erhielten, wegen der angeführten Berechnungsweise, Durchmesser von 20 bis 30 mm.

Die Armierungsprozente, auf den Gelenkquerschnitt bezogen, ergaben ähnliche Werte, wie sie im Aufsatz von P. Soutter erwähnt sind.

Besondere Sorgfalt erforderte die Ausbildung der Gelenkfugen, da jeder scharfkantige Einschnitt im Beton zu vermeiden war. Normalerweise bestand die untere Fugeneinlage aus 4 bis 5 cm Holz mit halbkreisförmig abgerundeter oberer Seite. Die obere Einschnürung des Betonquerschnittes erstellte man mit einer gleich geformten Korkplatte, um eine minimale Zusammenpressung bei Scheitelsenkungen zu ermöglichen. Die untere Holzeinlage wurde gewöhnlich beim Absenken des Lehrgerüstes entfernt. Vor dem Erstellen des Brücken-

[1]) SBZ Bd. 100, S. 361 (31. Dez. 1932)
[2]) SBZ Bd. 102, S. 328 (30. Dez. 1933)
[3]) SBZ Bd. 107, S. 159 (11. April 1936)