Zeitschrift: IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH Kongressbericht

Band: 2 (1936)

Artikel: Anwendung des Stahles im Wasserbau, bewegliche Anlagen

Autor: Burkowitz, K.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-2753

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: 03.02.2026

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

VIIb 3

Anwendung des Stahles im Wasserbau, bewegliche Anlagen.

Application de l'acier en construction hydraulique, installations mobiles.

Use of Steel in Hydraulic Structures, Movable Plants.

Ministerialrat K. Burkowitz VDI,
Reichs- und Preußisches Verkehrsministerium, Berlin.

Der Baustoff „Stahl".

Während ich mich im allgemeinen auf den Beitrag des Herrn Professors Dr. Ing. *Agatz* beziehen kann, möchte ich noch einiges zu dem Sonderabschnitt „bewegliche Anlagen" bemerken.

Die beweglichen Anlagen sind mehr als die „festen Anlagen" allen äußeren Angriffen ausgesetzt. Das oft mit großer Geschwindigkeit und Gewalt an ihnen vorbeiströmende Wasser, der Wechsel zwischen naß und trocken, zwischen Kälte und Hitze, die ungünstige Angriffsweise äußerer Kräfte beanspruchen den Baustoff in sehr vielen, vielleicht sogar in den meisten Fällen ungünstiger, als bei festen Anlagen. Die aus rein statischen Erwägungen durchgeführten Berechnungen reichen in vielen Fällen nicht aus, um den dynamischen Kräften Rechnung zu tragen, und man wird aus mancherlei unangenehmen Erfahrungen wohl erst noch lernen müssen, neue Berechnungsverfahren zu entwickeln.

Was die Festigkeitsverhältnisse anlangt, so stehen genügend viele und gute Stahlarten vom gewöhnlichen Baustahl St 37 angefangen über St 48, St Si bis St 52 für die verschiedenen Bedürfnisse zur Verfügung; aber nicht immer ist der festere Stahl für die hier vorliegenden Verhältnisse zugleich der bessere, wenn man Widerstandsfähigkeit gegen Abzehrungen (Korrosionen), Neigung zu Schwingungen, Bearbeitbarkeit usw. mit in Rechnung zieht. Der „Stahl" ist ein vorzüglicher Baustoff für den beweglichen Eisenwasserbau, aber seine hohe Spannkraft (Elastizität) und das damit zusammenhängende Formänderungsvermögen verlangen besondere Rücksicht auf seine Eigenart bei der Formgebung und Bearbeitung. *Niet*verbindungen der Stahlbauteile sind gerade bei beweglichen Wasserbauwerken eigentlich nur Notbehelf gewesen, bis man Besseres gelernt hatte; die Schweißtechnik ist auch hier auf dem Marsche und versteht es, den Baustoff jeweils nur dorthin zu bringen, wo er benötigt wird; sie vermeidet die Schwächung von Querschnitten durch Nietlöcher; sie vermeidet Anhäufung von Baustoffen an unzugänglichen Stellen; sie wird den Forderungen der Dichtigkeit viel besser gerecht. Es wäre nur zu wünschen, daß die Walztechnik auch bald

den Forderungen der Schweißtechnik folgen möge, damit nicht mit Stahlprofilen geschweißt werden muß, die eigentlich für die Niettechnik erdacht worden sind. Gute Anläufe dazu sind bereits erkennbar.

Von den vielen Feinden des Stahles seien außer dem Rost auch die „Seepocken" im Seebezirke erwähnt. Den Rostangriff bekämpft man mit Anstrichen (siehe Beitrag *Agatz!*), doch ist man heute noch nicht so weit, eindeutige und allgemein gültige Anweisungen für Unterwasseranstriche von Stahlbauteilen geben zu können; man verfährt wohl nach gewissen „Richtlinien", doch lassen diese der weiteren Forschung und Erfahrung noch einen weiten Spielraum. Am umfassendsten ist diese Angelegenheit von Herrn Regierungs- und Baurat *Wedler*[1] behandelt worden.

Die „Seepocken" durchdringen die Anstrichhaut und geben das darunter freiwerdende Eisen dem verheerenden Angriff des Seewassers preis. Mit Giftfarben ist man dieser Lebewesen nicht Herr geworden; neuerdings scheint man in einem zementmilchartigen Anstrich, der eine harte glasige Haut auf dem Eisen als Grundanstrich bildet (Dunker & Co., Hamburg), an den Schiebetoren der Schleuse Holtenau des Kaiser-Wilhelm-Kanals ein wirksames Mittel gegen die Seepocken gefunden zu haben. Über den Wert oder Unwert eines Mennigegrundanstrichs für Stahlbauten im Wasser gehen die Ansichten heute noch auseinander. Die auf bituminöser Grundlage beruhenden und heiß in ziemlich dicker Lage aufgetragenen Anstriche scheinen sich für Unterwasser-Stahlbauten am besten zu bewähren.

Art der beweglichen Anlagen.

Zu einem sehr großen Teile dienen die beweglichen Stahlbauten dazu, dem Wasser bestimmte Wege zu versperren oder freizugeben; sie sind „Verschlüsse" oder „Ventile", wie man sie in kleinerer, aber ähnlicher Form auch im Maschinenbau verwendet.

Drosselklappen sollen einen Wasserstrom abdrosseln und werden in Rohrleitungen als Notverschlüsse oft verwendet; sie sind aber nur für die Grenzstellung „auf" und „zu" verwendbar, da sie in allen Zwischenstellungen zu ungünstige Strömungsverhältnisse im Rohr zur Folge haben; sie verengen aber auch in ganz geöffneter Stellung den Querschnitt und sind dann der Strömung so stark ausgesetzt, daß sie meist eines besonderen Schutzes bedürfen.

Schieber nach Art der üblichen Absperrschieber werden bis zu sehr ansehnlichen Abmessungen ausgeführt und verwendet. Sie geben in geöffnetem Zustande den Rohrquerschnitt ganz frei, sind aber unter hohem und vollem Wasserdruck nur schwer zu bewegen. Bei Teilöffnung werden die Strömungsverhältnisse an den Schieberkanten recht ungünstig; es besteht Kavitationsgefahr.

Ventile in zylindrischer Form werden gern und oft verwendet. Entweder nahm man ihrer Einfachheit wegen lange, oben offene Zylinder, die senkrecht gehoben wurden und mit ihrer Unterkante dichteten (so besonders oft an Schleusen mit Sparbecken), oder neuerdings die vom Krupp-Grusonwerk entwickelte ge-

[1] *Wedler:* Unterwasseranstriche für Stahlbauteile im Wasserbau, besonders von Schleusen und Wehren. Bautechnik, Heft 17 (1934), S. 232.

schlossene Form, bei der der verschiebbare zylindrische Teil in eine oben geschlossene, glockenartige Haube, die an einem Tragekreuz im Ventilschacht aufgehängt ist, hineingezogen wird (Fig. 1). Man vermeidet durch die geschlossene Bauart das Mitreißen von Luft, die im weiteren Verlaufe des Wasserweges Ungelegenheiten bereiten kann (Schleuse Fürstenberg a. O.).

Eine eigenartige und in ihren Abmessungen ungewöhnliche Zylinderventilbauart (Stahlguß) ist die der Grundablässe im Staudamm bei Ottmachau (Fig. 2 nach ZdVdI. Nr. 31 [1933], Seite 858), die nach Plänen des Regierungs- und Baurats *Chop*-Breslau von den Vereinigten Oberschlesischen Hüttenwerken, Donnersmarckhütte in Hindenburg/O.S. ausgeführt worden sind. Diese Ventile (zusammen sechs Stück!) sollen bei 12,5 m Gefälle zusammen 500 m^3/s Wasser

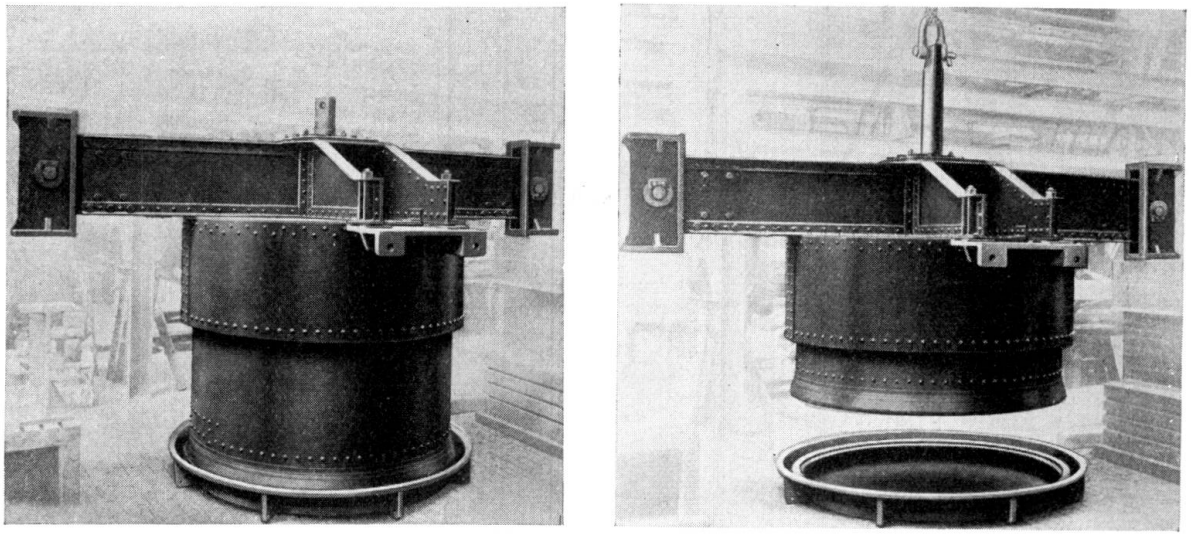
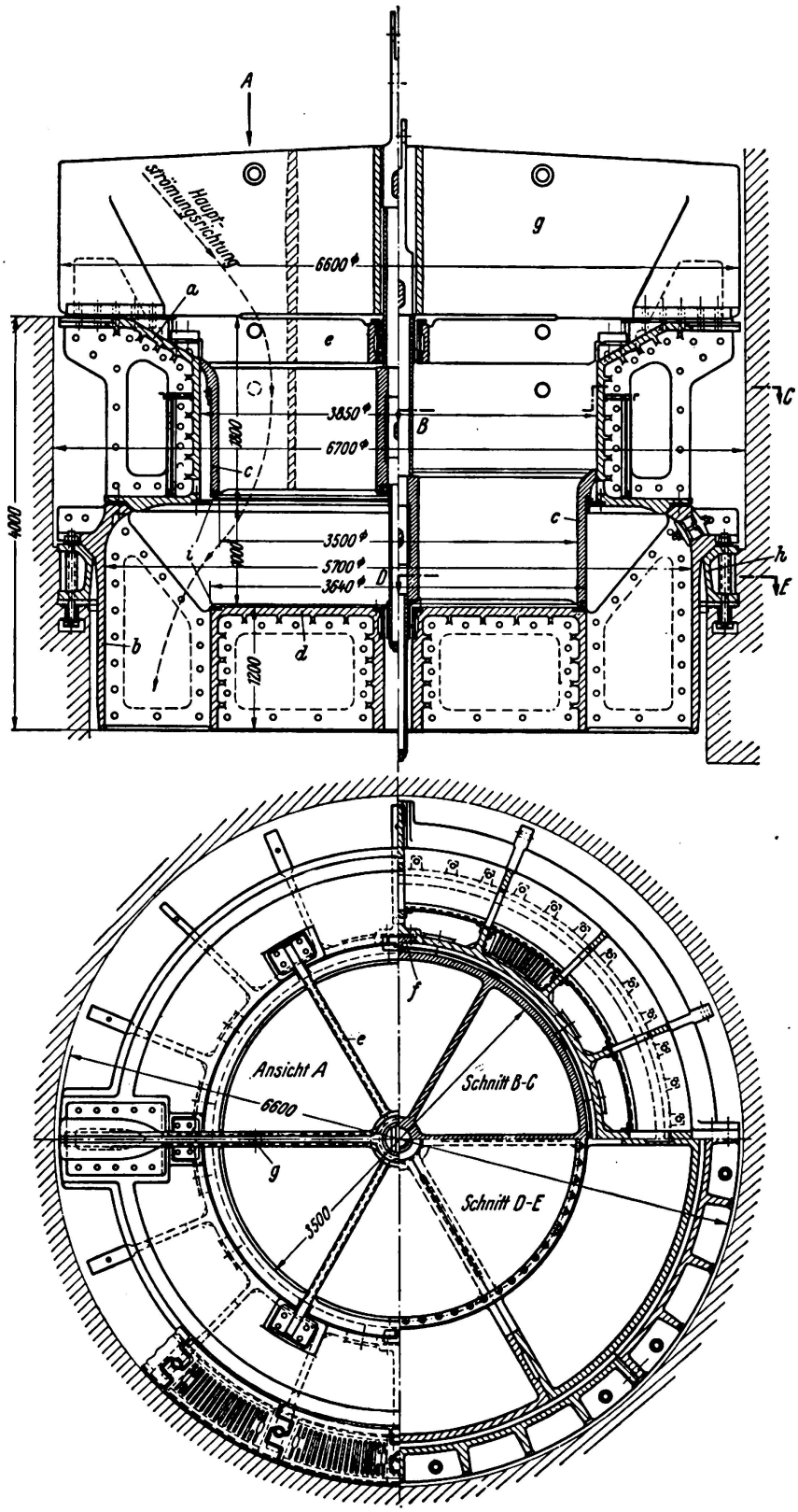


Fig. 1.

Zylinderventil in geschlossener Bauart der Friedr. Krupp Grusonwerk A.-G., Magdeburg-Buckau, (ges. gesch.).

abführen können. Durch die besondere Umlenkung des Wassers soll eine weitgehende Energievernichtung des strömenden Wassers im Ventil erreicht werden, ohne daß Kavitationen zu befürchten sind. Eingehende Modellversuche sind dem Bau vorausgegangen und durch den bisherigen Betrieb bestätigt worden. Diese Ventile werden auch in Zwischenstellung zwischen „auf" und „zu" zur Feinregelung mit Erfolg benutzt. Fig. 3 gibt einen Begriff von der Größe dieser „Ventile"; sie haben beim Guß und bei der Bearbeitung an das Lieferwerk besonders hohe Ansprüche gestellt.

Larner-Johnson-Ventile sind am Platze, wenn man die Ventile nicht stehend, sondern liegend anordnen muß; sie sind „Ringschieber" mit waagerechter Achse und können nach beiden Richtungen sperrend gebaut werden. Dabei kann der Wasserdruck weitgehend zur Entlastung des beweglichen Ventilteils herangezogen werden, sodaß die Kräfte zum Öffnen und Schließen des Ventils nur klein zu sein brauchen; man kann es sogar erreichen, daß das Ventil sich gegen den Wasserdruck selbst schließt. Beiderseits kehrende Ringschieberventile der Maschinenfabrik Gebr. Ardelt-Eberswalde sind als Ausgleichsventile zwischen den



a Einlauftrichter des Gehäuse-Oberteils

b Auslauf im Gehäuse-Unterteil

c Ringschieber

d Prallboden

e Führungsstern

f Schlittenführung für den Schieber

g Wasserteiler

h Sitzring für das Ringschieberventil

i Metall-Dichtungsringe mit Gummi-Einlage

Fig. 2.

Grundablaß-Zylinderventile (Chop) am Staubecken Ottmachau-Oberschlesien.
(Im Aufriß links Ventil offen, rechts geschlossen gezeichnet.)
Hersteller: Vereinigte Oberschlesische Hüttenwerke, Werk Donnersmarckhütte in Hindenburg O.-S.

beiden Schachtschleusen der Zwillingsschleuse Fürstenberg a. O. eingebaut worden. Das Krupp-Grusonwerk in Magdeburg baut Grundablaßventile nach *Larner-Johnson,* bei denen der Gefälledruck selbst zum Öffnen und Schließen des Ventils herangezogen wird (Fig. 4 nach ZdVdI. Nr. 22 [1934]). Nur das kleine Nadelventil i braucht durch einen schwachen Antrieb betätigt zu werden, um den in den Kammern a, b, d herrschenden Wasserdruck zum Öffnen oder Schließen dienstbar zu machen. Solche Ventile sind z. B. an der Sösetalsperre und an der Odertalsperre im Harz eingebaut worden, hier für eine Höchstwassermenge von 30 m^3/s bei einer Stauhöhe von 55 m mit einem Lichtdurchmesser von 1,27 m.

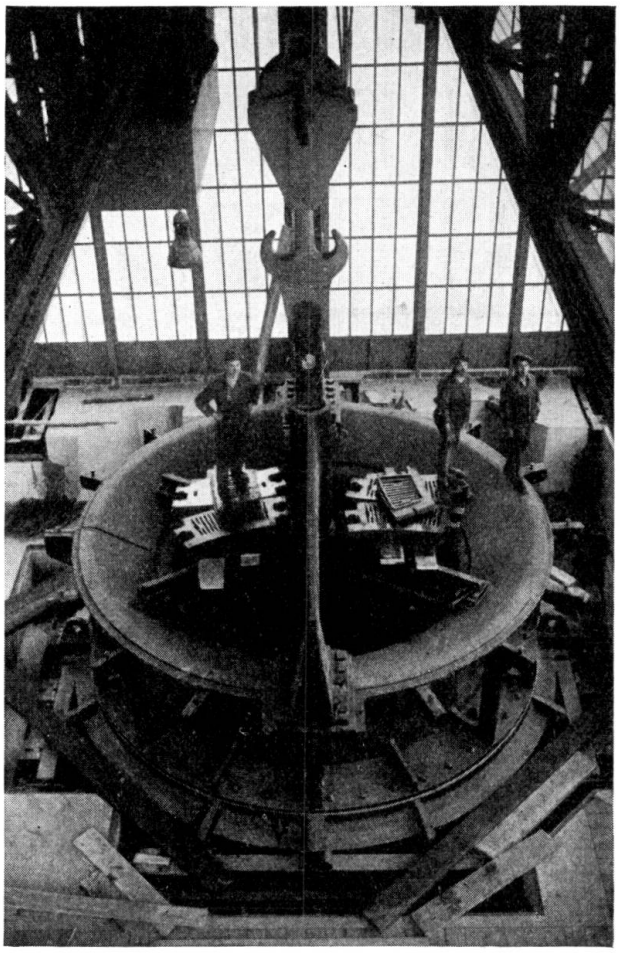


Fig. 3.

Ein Zylinderventil nach Fig. 2 beim Einbau in den Ventilschacht.

Die *Walzenschieber* können ähnlich wie die *Larner-Johnson*-Ventile in waagerechte Leitungen eingebaut werden; ihre Wirkungsweise ist in Fig. 5 dem Wesen nach dargestellt. Im geöffneten Zustand gibt der Schieber den Rohrquerschnitt völlig frei und fügt sich dabei der Rohrwandkrümmung völlig ein; geschlossen bildet er gewissermaßen ein Stemmtor gegen den Wasserdurchlauf, kann aber gegen beide Stromrichtungen sperren. Die Endstellungen sind einwandfrei; in den Zwischenstellungen aber bilden sich Hohlräume, die zu harten Wasserschlägen führen können (Schleuse Fürstenberg a. d. O.); länger dauernde Zwischenstellungen sind daher nicht anzuraten.

Gleitschützen zählen zu den ältesten Verschlußeinrichtungen an Schleusen, Deichen, Wehren usw. Sie sind ungemein einfach und billig, auch genügend

dicht, geben aber bei zu großen Abmessungen und Wasserdrücken zu große Bewegungswiederstände.

Rollschützen treten dann an ihre Stelle; Führung und Dichtung müssen getrennt werden; jene wird von Tragrädern auf Fahrschienen übernommen, diese von besonderen Einrichtungen. Meist dichtet die Schütztafel unten — und

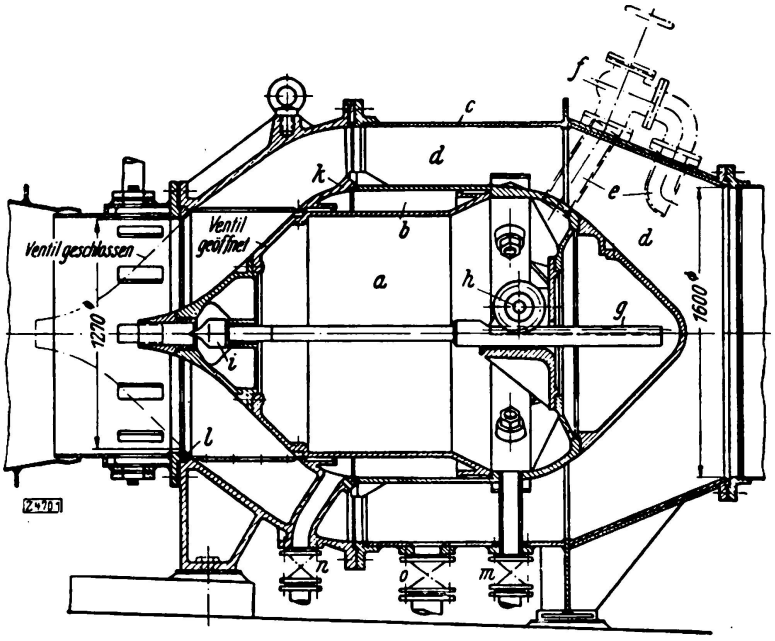
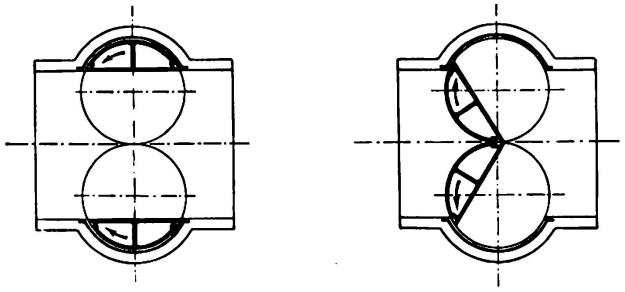


Fig. 4.
Grundablaßventil nach Larner-Johnson in der Bauart des Krupp-Grusonwerks-Magdeburg.

wenn nötig auch oben — durch Aufsetzen auf eine Dichtungsleiste ab, die aus Holz oder bearbeitetem Stahl oder Metall bestehen kann; zur oberen Abdichtung nimmt man meist ein etwas elastisches Mittel (z. B. Gummi oder Federleisten) zu Hilfe, weil harte Flächen in zwei Ebenen zugleich auf die Dauer nicht dicht zu



Schieber geöffnet Schieber geschlossen

Fig. 5.
Walzenschieber, allgemeiner Umriß

bekommen sind. Seitlich dichtet man meist mit Federleisten, wobei der Wasserdruck zu helfen hat. Den Seitendichtungen gibt man gern keilförmigen Anlauf, damit die Dichtungen gut in ihre Endstellungen einfahren können. Ein Festklemmen der Keildichtungen muß durch eine gewisse elastische Nachgiebigkeit

der Dichtungsleisten vermieden werden. Rollkeilschützen werden heute bis zu sehr ansehnlichen Abmessungen gebaut; sie haben den großen Vorzug der guten Zugänglichkeit, nötigenfalls nach völligem Herausheben. Eine große Keilschütze der Firma Krupp-Grusonwerk ist in Fig. 6 dargestellt. (Schleuse Fürstenberg a. d. O., Unterhaupt 7,2 m² Durchlaßöffnung, Gefällhöhe 15,8 m.)

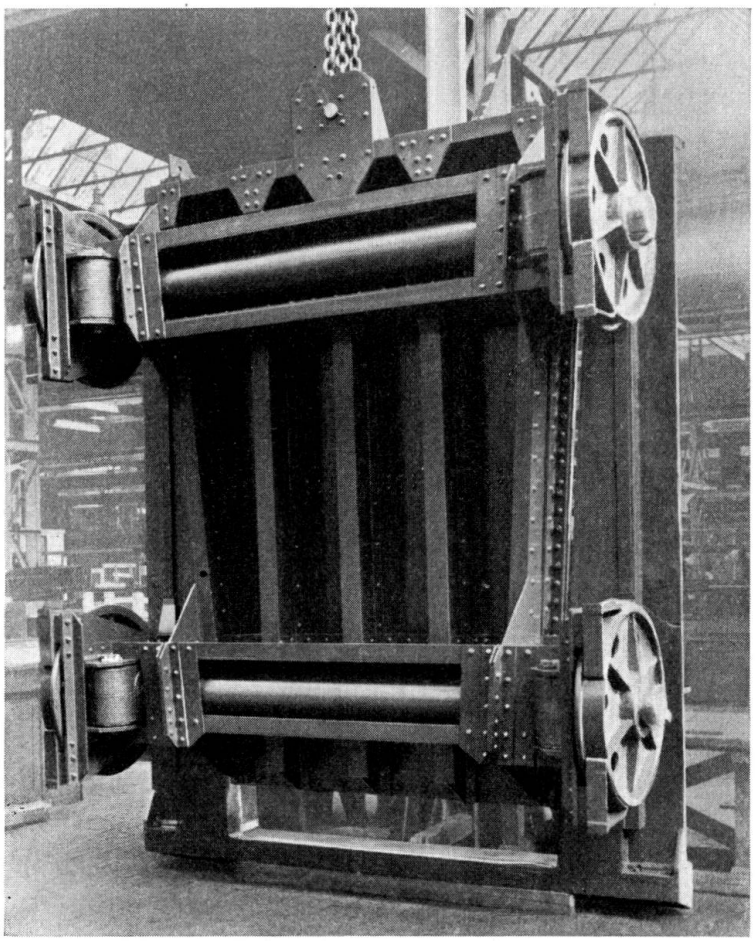


Fig. 6.
Zwillingsschachtschleuse Fürstenberg a. O., Unterhaupt, Rollkeilschütz des Krupp-Grusonwerks.

Die *Schleusen* bieten wohl am häufigsten und sinnfälligsten den Anlaß zur Verwendung von „Verschlüssen" der verschiedensten Art. Ursprünglich dienten wohl fast immer *Stemmtore* zum Abschluß der Schleusenkammern; sie sind an Einfachheit und Betriebssicherheit kaum zu übertreffen und daher auch heute noch bis zu sehr großen Abmessungen gebräuchlich; bei den Binnenschiffahrts-Schleusen beherrschen sie das Feld; aber sie sind nur dann sicher, wenn Bewegungen der Häupter ausgeschlossen sind, und sie werden unbequem, wenn die Stemmdrücke zu groß werden oder wenn das Höhen-Breitenverhältnis der Torflügel zu ungünstig wird. Im Bergsenkungsgebiet wird man von Stemmtoren im allgemeinen absehen müssen (siehe Hubtore!). Eine gewisse Unbequemlichkeit der Stemmtore liegt darin, daß die Torflügel je einen Antrieb für sich erfordern, und daß daher beiderseits maschinelle Einrichtungen nötig werden.

Klapptore vermeiden diesen Nachteil; denn sie können einseitig angetrieben werden, wenn sie nur genügend drehfest sind und nicht gegen zu hohen Wasserüberdruck bewegt zu werden brauchen; ihr Gewicht kann durch Wasserauftrieb weitgehend ausgeglichen werden. Im Oberhaupt von Schleusen mit hochliegendem Drempel können Klapptore daher sehr wohl am Platze sein (siehe Fig. 7: Klapptor der Schleuse Fürstenberg, Oberhaupt; im Hintergrunde ein Zylinderventil; beides vom Krupp-Grusonwerk Magdeburg). In der Abbildung ist zugleich bemerkenswert, daß die sonst schwer zugänglichen unteren Lager des Klapptores gegen eine federnde Druckstange abgestützt sind, sodaß das Lager beim Zwischenklemmen von Fremdkörpern ausweichen kann; jene Lager hängen zu-

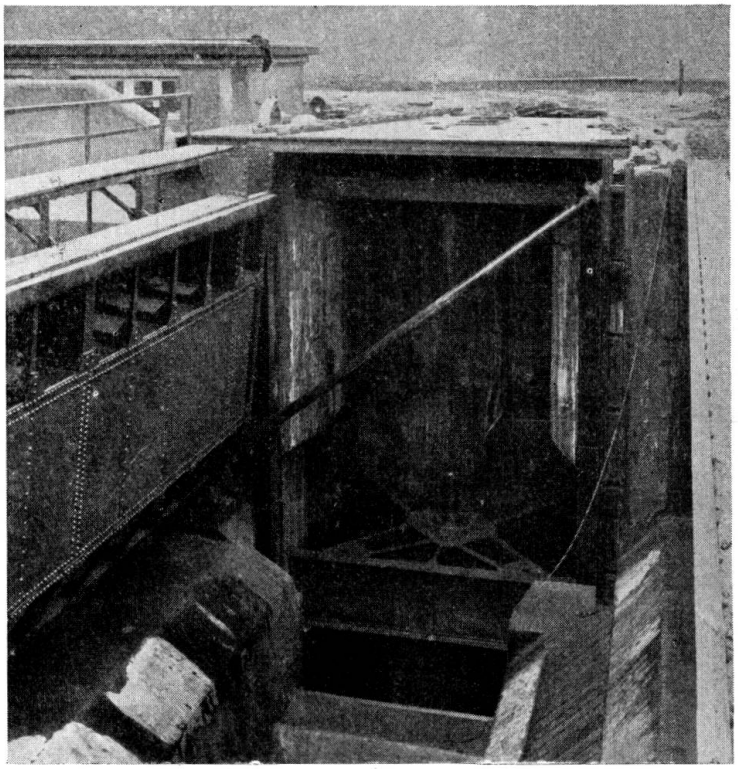


Fig. 7.
Zwillingsschachtschleuse Fürstenberg a. O., Oberhaupt, Klapptor und Zylinder-Glockenventil des Krupp-Grusonwerks.

gleich noch an senkrechten Hängebändern, sodaß es möglich ist, das Tor vollkommen aufschwimmen zu lassen und die Lager oben an der Wasseroberfläche nachzusehen.

Im Bergsenkungsgebiet Deutschlands wird heute *Hubtoren* der Vorzug vor anderen Bauarten gegeben, weil Hubtore auch starken Verschiebungen der Häupter noch zu folgen vermögen; so sind die Schleusen am Kanal Wesel—Datteln mit Hubtoren ausgerüstet worden. Hubtore sind auch am Platze für die Haltungs- und Trogabschlüsse an Schiffshebewerken (Henrichenburg, Niederfinow), an Unterhäuptern von Schachtschleusen und überall dort, wo genügend Hubhöhe für die Tore leicht geschaffen werden kann und Hubgerüste nicht stören. Die Hubtore haben den großen Vorzug der guten Zugänglichkeit zu allen Unterwasserteilen, aber auch den Nachteil großer Kosten; sie sind von

allen Schleusenverschlüssen wohl die teuersten. Eins der neuesten Hubtore für Schleusen ist in Fig. 8 dargestellt; die Anlage wurde wie andere Anlagen vorher von der M.A.N. (Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, Werk Gustavsburg bei Mainz) für die Schleuse Herbrum im Dortmund-Ems-Kanal im Jahre 1934 geliefert.

Die Hubtore sind gewissermaßen weiter nichts, als eine große Rollschütze. Der Gedanke lag daher nahe, das Tor selbst als Schütze zu benutzen; zum mindesten von dem Augenblick an, wo bereits eine gewisse Entlastung des Tores von seiner Wasserauflast eingetreten ist. Es entstand die Frage: „*Umläufe oder nicht?*" Man war mit zunehmenden Kammerlängen und Gefällshöhen zwangsläufig zu der Erkenntnis gekommen, daß es mit den ursprünglichen Schützen in den

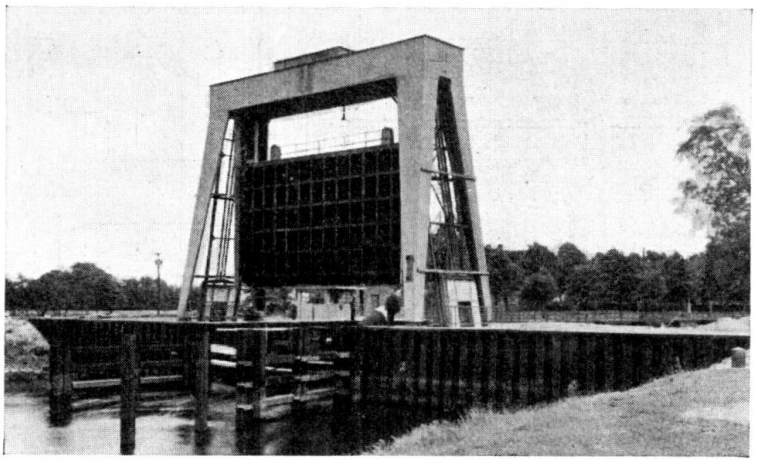


Fig. 8.
Schleuse Herbrum im Dortmund-Ems-Kanal, Hubtor mit Gelenkzahnstangenantrieb, ausgeführt von der M.A.N.

Schleusentoren nicht weitergehen konnte, weil die zu schleusenden Fahrzeuge zu stark beunruhigt wurden, wenn man ihnen vom Tore her die zur wirtschaftlichen Schleusung erforderlichen Wassermengen entgegenwarf. Man schuf die Umläufe und sah sie für lange und tiefe Schleusen, besonders für Schleppzugschleusen, als unentbehrlich an, obwohl die Umläufe mit ihren Verschlüssen und Durchbrechungen der Kammerwände alles andere, als einfach und erwünscht waren. Besonders im Bergsenkungsgebiet waren die Schwächungen der Häupter und Kammerwände sehr unwillkommen. Eingehende Modellversuche ergaben, daß man bei richtiger Wasserführung und richtiger Wasserbremsung sehr wohl *ohne Umläufe* auskommen kann.[2] [3]

Zwar kann man die schweren Hubtore gegen die Wasserauflast nicht lüften und Stemmtore noch weniger; man baut aber in die Tore Schützen ein (gewissermaßen zurückkehrend zu der ursprünglichen Bauart der friderizianischen Zeit!) und füllt oder entleert durch die Tore hindurch; man sorgt aber dafür, daß der

[2] Regierungsbaurat Dr. Ing. *Burkhardt* über Modellversuche mit Schleusen ohne Umläufe in „Die Bautechnik" (1927), Heft 3.

[3] Derselbe ebenda (1928), Heft 31, über Beobachtungen und Erfahrungen an der umlauflosen Doppelschleuse Ladenburg des Neckarkanals.

hervorschießende Wasserstrom nicht gegen die Schiffe geleitet wird, sondern seine Gewalt in mehrfachen Umlenkungen soweit verliert, daß er den Fahrzeugen nicht mehr gefährlich werden kann. Man strebt hinter dem Tor ein Spiegelgefälle an, dessen höchster Punkt dicht hinter dem Tore liegt, sodaß die in der Kammer liegenden Schiffe nur eine mäßige, aber immer in gleicher Richtung laufende Strömung zu spüren bekommen. Als Schützen in den Toren sind Segmentschützen besonders geeignet, da sie leicht zu bewegen sind und günstige Abströmung ergeben. Für die Schleuse „Hirschhorn" ist ein solch

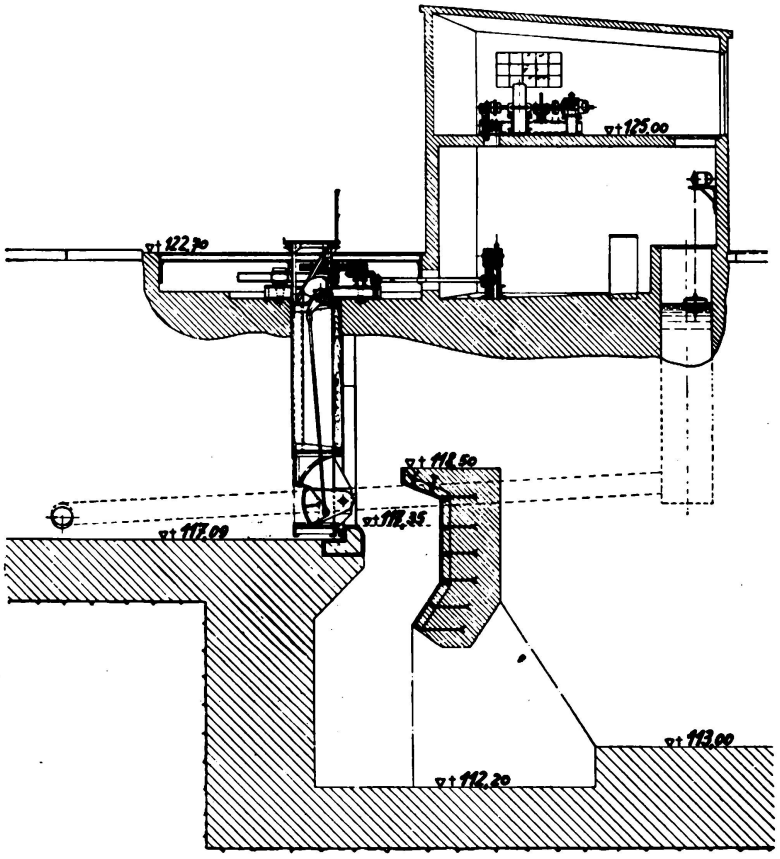


Fig. 9.

Schleuse Hirschhorn im Neckarkanal, Oberhaupt, Stemmtor mit Segmentschützen, keine Umläufe, Vernichtung der Wasserenergie durch Bremskammer.

umlaufloser Abschluß durch ein Stemmtor mit Segmentschütz in Fig. 9 dargestellt (Krupp-Grusonwerk Magdeburg). Der „Bremsbalken" ist stark eisenbewehrt und zeigt auch hier eine sehr vorteilhafte Verwendung des Stahles im Wasserbau. Es hat den Anschein, als ob die umlauflosen Schleusen in der Zukunft die Regel bilden werden, da die bisherigen Betriebserfahrungen günstig lauten.

Für sehr große Abmessungen an Seeschleusen, besonders für solche im Ebbe- und Flutgebiet, wo das Tor nach beiden Richtungen dichten können muß, sind Stemmtore oft nicht mehr angebracht. Dort werden dann *Schiebetore* verwendet, die auch gegen Wellenschlag sehr unempfindlich sind. Bei großen neuen Schiebetoren läuft das Vorderende auf einem Unterwagen, von dem es abhebbar ist, das

Hinterende auf einem Oberwagen (Fig. 10: Schiebetor in Bremerhaven, ausgeführt von Klönne, Wagen und Antrieb von der M.A.N., Kammer 372 m lang, 50 m breit). Den Schiebetoren zuzurechnen sind die *Schwimmtore,* die besonders zum Abschluß von Trockendocks verwendet werden. Sie müssen durch Schwimmkästen so ausgeglichen werden, daß sie in die Tornische eingeflößt und in ihr auf den Drempel abgesenkt werden können. Sie bilden schon den Übergang vom Wasserbau zum Schiffbau.

Das Füllen einer Schleusenkammer ohne Umläufe will man neuerdings auch wehrähnlich durch Überfall über ein senkbares Tor versuchen (Obertor der Schleuse Sersno-Oberschlesien, in Ausführung begriffen durch die Oberschlesischen Hüttenwerke, Werk Donnersmarckhütte in Hindenburg/O.S.). Hierzu eignet

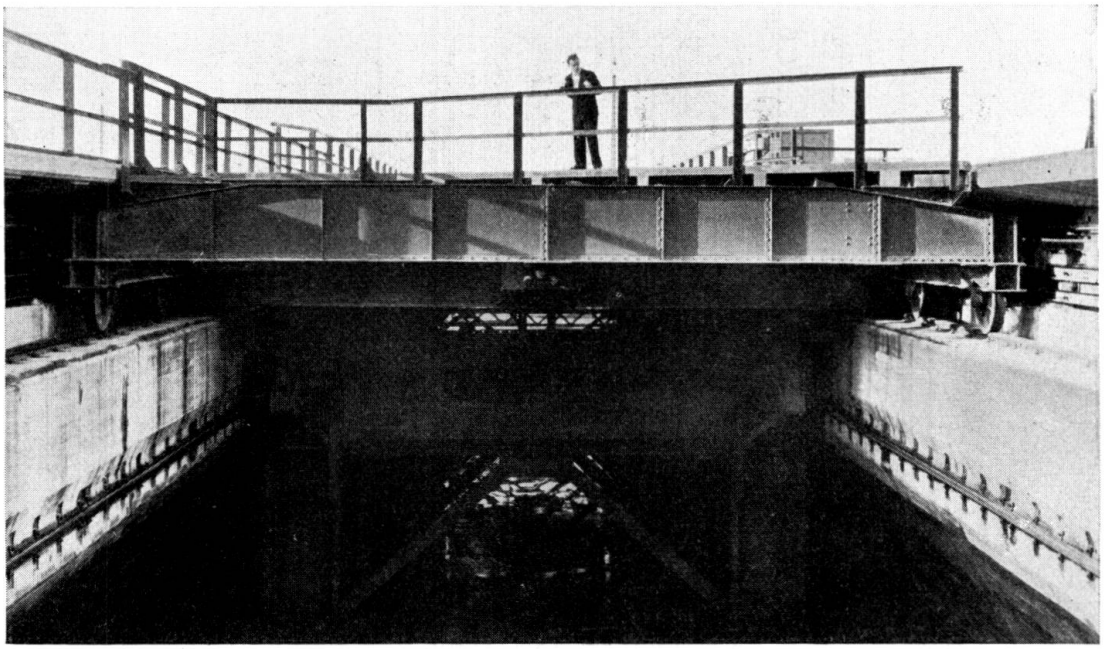


Fig. 10.

Bremerhaven, großes Schiebetor, Oberwagen, ausgeführt von der M.A.N.

sich das gegen das Oberwasser kehrende *Segmenttor* am besten, da es schon durch den Wasserdruck vom Drempel abgedrückt wird. Um unnötiges Gleiten unter Last zu vermeiden, wird man dort die Hub- und Senkbewegung von der Anpreßbewegung zum Dichten trennen und immer nur im Ruhezustande des Tores für das Anpressen sorgen. Die Überfallverhältnisse sind durch Vorversuche befriedigend geklärt worden; über die Bewährung im übrigen müssen Erfahrungen abgewartet werden.

Was die Schleusentore im kleineren Maßstabe sind, sind die *Sicherheitstore* im großen. Sie sollen hochliegende Kanalstrecken gegen Leerlauf bei Dammbruch oder dergl. schützen und gehören auch in die Nähe der oberen Haltungsabschlüsse von Schiffshebewerken. Meist verwendet man Hubtore großer Breite, da sie den ganzen Kanalquerschnitt sperren und freigeben müssen; sie müssen jederzeit — oft durch Fernauslösung von einem Beobachtungspunkte aus — in ziemlich kurzer Zeit abgesenkt werden können, während für das Wiederanheben mehr

Zeit gelassen werden kann. Eins der neuesten Sicherheits-Hubtore ist das von der M.A.N. für Duisburg-Meiderich gelieferte für 11,5 m Hub bei 100 t Hubkraft, Fig. 11.

Die *Wehre* sollen, soweit sie beweglich sind, den Wasserspiegel nicht nur anstauen, sondern auch in gewünschter Weise regeln. Das alte und auch heute noch verwendete Nadelwehr erfüllt diese Forderung nur unvollkommen und mit einer nicht unbedeutenden Gefahr für die Bedienung. Die Nadellehnen und Wehrböcke sind immerhin schon beachtlich als Verwendungsart des Stahles im Wasserbau der früheren Zeit. Die neueren Wehre sind — vom Mauerwerk oder

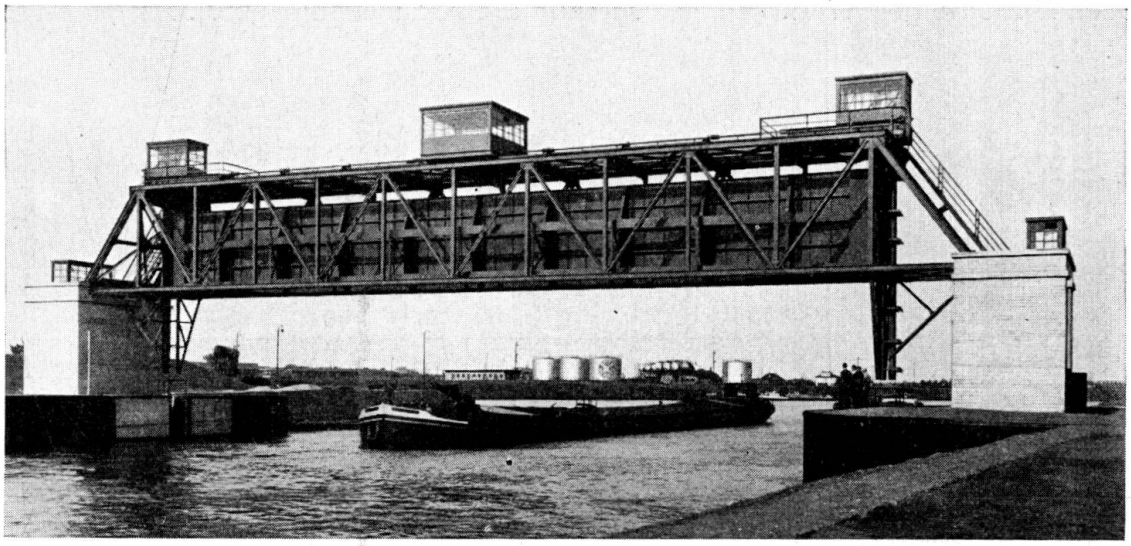


Fig. 11.

Duisburg-Meiderich, Sicherheits-Hubtor, 1935 erbaut von der M.A.N.

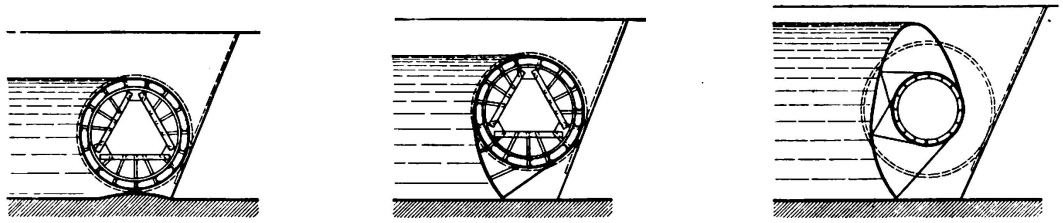
Beton des Wehrkörpers abgesehen — fast reine Stahlbauwerke im Wasserbau geworden.

Schon die *Schützenwehre,* die anfangs sich noch vielfach des Holzes, wenn auch auf Eisengerippe, bedienten, wurden mehr und mehr zu reinen Stahlbauwerken. Damit wuchsen auch die erreichbaren Spannweiten, heute bis zu 40 m und für Stauhöhen bis zu 12,5 m. Während man aber früher bei den kleineren Wehren und Stauhöhen meist durch Lüften der Schützunterkante regelte, fand man es bald für vorteilhafter, die Feinregelung durch Absenken der Oberkante vorzunehmen, d. h. die Schütze mindestens zweiteilig zu machen und einen niedrigeren Oberteil hinter (im Sinne der Wasserbewegung) einer nach oben versteiften Blechwand des Unterteils abzusenken. Die M.A.N. hat hierfür besonders beliebte Ausführungen mit gemeinsamer Laufbahn für Ober- und Unterschütz entwickelt. In Bedarfsfällen kann die Oberschütze so hoch gemacht werden, daß auch größere Mengen von Überschußwasser *über* das Wehr hinweg, statt drunter durch, abgeführt werden können. Durch Aufsetzen einer umlegbaren Klappe statt eines Oberteils auf die Unterschütze entstanden *Klappenschützen,* bei denen durch gemeinsamen Antrieb meist zuerst die Klappe gelegt und dann die ganze Schütze gehoben wurde.

Ähnlich den Klapptoren für Schleusenverschlüsse sind auch *Klappenwehre* gebaut worden, die mit dem Wasserdruck gesenkt und gegen ihn aufgerichtet werden. Um mit einseitigem Kraftangriff auskommen zu können, mußte die Klappe eine drehungsfeste Achse haben und selbst drehungsfest gemacht werden. Das führte neuerdings zur *Fischbauchform* der Klappe; so die von der M.A.N. gelieferten Entlastungswehre am Ausgleichbecken der Bleilochsperre.

Im Wesen des Klappenwehres liegt es, daß die Klappe mit der Wehrschwelle gelenkig fest verbunden sein muß und nur durch Überlauf wirken kann. Sollen Sinkstoffe, die sich vor der Klappe angesammelt haben, abgelassen werden, dann muß die Klappe ganz gelegt werden. Das reine Klappenwehr wird daher nur in bestimmten geeigneten Fällen am Platze sein.

Sehr vielseitiger verwendbar und weit verbreitet ist das *Walzenwehr*. Es ist sehr widerstandsfähig und unempfindlich, kann große Spannweiten überbrücken und kommt seiner Steifigkeit wegen mit einseitigem Antrieb aus, während Schützenwehre immer zweiseitig gefaßt und gehoben werden müssen. Eis und



Walze mit reiner Zylinderform für eine im Verhältnis zur Lichtweite geringe Stauhöhe. | Walze mit Schnabelansatz für eine im Verhältnis zur Lichtweite größere Stauhöhe. | Walze mit aufgelöstem Schild für eine im Verhältnis zur Lichtweite sehr große Stauhöhe.

Fig. 12. Drei grundsätzliche Formen von Walzen der M.A.N. für Walzenwehre.

Geschiebe können ihm nichts antun; die Überlaufverhältnisse sind schon ohne Hilfsmittel gut. Besonders die M.A.N. hat diese Wehrbauart in mehr als dreißigjähriger Arbeit entwickelt. Bei passenden Verhältnissen wird der Durchmesser der Walze gleich der Stauhöhe gewählt und das Wasser über die Walze ablaufen gelassen. Bei geringen Spannweiten, aber größeren Stauhöhen würde der Walzendurchmesser zu groß werden; man setzt dann ein besonderes Schild vor die angemessen gewählte Walze oder verlängert die Walze nach unten hin durch einen *Schnabel* (Fig. 12 aus einem Werbeheft der M.A.N.). Der Schnabel oder das Schild setzen sich zur Dichtung unten so auf, daß sie beim Abrollen der Walze ohne Reibung frei von allen etwaigen Ablagerungen vor ihr kommen. Die Walzen werden auf stark aufwärts geneigter Bahn meist mit Gelenkketten hochgezogen, wobei Zahnstangen an den Führungsschienen dafür sorgen, daß die Walze auf beiden Enden gleichmäßig aufläuft. Besonders bemerkenswert ist, daß die Walze unter allen Wehrarten wohl am unempfindlichsten gegen Vereisung ist. Man hat in Deutschland Walzenwehre bisher nicht zu heizen brauchen, um sie gegen Anfrieren zu schützen; nur in nordischen Ländern ist das nötig geworden.

Auch Walzenwehre kann man ähnlich wie Schützenwehre mit Aufsetzklappen (Fischbauchform) versehen, wenn besondere Umstände, z. B. Eisabfuhr über die Walze hinweg, das nötig machen. Solche Klappen werden meist durch das Hauptwindwerk für die Walze zugleich bedient. Größere Wehranlagen werden

jetzt meist so aufgeteilt, daß zwischen zwei Öffnungen mit Normalwalzen *eine* Öffnung mit einer Klappenwalze (statt dessen bisweilen auch eine *Versenk*walze) kommt.

Der Stahl im Wasserbau bei *beweglichen* Anlagen findet sich auch in zahlreichen Baugeräten, wie Baggern, Spülern, Schleppern, Prähmen usw. Es fiele aber aus dem Rahmen dieses Aufsatzes, darüber weiteres zu berichten. Ebenso sei davon abgesehen, auf *Rohrleitungen* für Spülbetriebe, Heberentlaster, Kraftwerke einzugehen, weil diese nicht mehr zu *beweglichen* Wasserbauwerken zu rechnen sind.

Dagegen sei noch kurz auf *Triebwerke* für bewegliche Wasserbauwerke eingegangen. Jedes bewegliche Bauwerk bedarf eines Triebwerks, das ihm die gewollte Bewegung über alle äußeren Widerstände hinweg aufzwingt. Meist genügt Menschenkraft nicht mehr, um die erforderlichen Hebe- oder Verschiebearbeiten zu verrichten. In den weitaus meisten Fällen wird der elektrische Strom einspringen können und müssen, da er jetzt wohl nahezu überall zu haben ist. Ob als Gleichstrom oder als Wechselstrom spielt für die hier vorliegenden Zwecke kaum eine entscheidende Rolle; nur dort, wo große und schwere Massen zuverlässig beherrscht werden müssen, wird die Leonard-Schaltung mit Gleichstrom vorzuziehen sein. Unsere großen Elektrofirmen haben auch zuverlässige Verfahren entwickelt, mit denen es gelingt, den Gleichlauf von Antrieben an verschiedenen Stellen *elektrisch* zu erzwingen, wenn es Schwierigkeiten bieten sollte, eine mechanische Welle für denselben Zweck durchzulegen.

Die Triebwerke bestehen fast durchweg aus „Stahl", sofern man Stahlguß und hier im weiteren Sinne auch Gußeisen dazu rechnen will. Alle Haupttragteile, wie Walzstahl, Seile, Ketten usw. sind „Stahl" und deshalb auch hier als Stahl im Wasserbau zu nennen. Die von der M.A.N. herausgebrachten „Gelenkzahnstangen" stellen ein besonders bemerkenswertes Triebwerkteil der Neuzeit dar, denn sie verbinden die Vorteile der *Gallschen* Ketten mit denen der starren Zahnstangen; sie können Zugkräfte ebensogut aufnehmen wie Druckkräfte und haben dazu noch die Vorteile der reibungslosen Umlenkung am Triebritzel. Auch für größte und stark belastete Triebe, wie bei den Schiebetoren in Bremerhaven, sind sie mit Erfolg verwendbar.

Besondere Erscheinungen.

Die hohe Festigkeit des Stahles, verbunden mit seiner großen Spannkraft (Elastizität), machen die Stahlbauwerke zu schwingungsfähigen Gebilden, die wie jedes solches eine bestimmte Eigenschwingungszahl haben. Werden solche Gebilde durch regelmäßig und in bestimmter Folge einfallende Anstöße zu *Schwingungen* angeregt, dann geraten sie in solche; die Schwingungen können gefährlich werden, wenn die anregenden Anstöße im Gleichlauf mit den Eigenschwingungen einfallen (Gleichklang, Resonanz); dann können sie sich zu Werten aufschaukeln, die bei längerer Dauer zu den gefürchteten „Dauerbrüchen" führen; ist der schwingende Körper gar aus ungleichartigen Teilen zusammengesetzt, die je für sich nach anderem Zeitmaß schwingen möchten, dann können in die verbindenden Glieder (Schrauben, Niete, Laschen usw.) Kräfte kommen, die den aus ruhender Last ermittelten vielfach überlegen sind. Besonders gefähr-

det sind Bindeglieder, die bei Schwingungs-Formänderungen verhältnismäßig große Dehnungsarbeiten aufnehmen sollen, ohne es zu können. Es sind Fälle bekannt geworden, in denen lange und dünne Schrauben gehalten haben, wo kurze und dicke nach kurzer Zeit gebrochen sind.

Zu solchen Schwingungen neigen z. B. Schützen von großer Spannweite an Wehren. Sie stehen durch den Wasserdruck unter Spannung und werden von dem fließenden Wasser zu Schwingungen angeregt, ähnlich fast, wie eine Geigensaite von dem quer darüber hinwegstreichenden Geigenbogen. So sind an den Allerwehren bei Oldau und Marklendorf solche bedrohlichen Schwingungen beobachtet worden: bei überströmtem Wehr gerieten die Stauklappen, bei unterströmtem Wehr der ganze Wehrkörper in heftige Schwingungen; und immer bei bestimmten Überfallhöhen oder Spaltöffnungen wurden die Schwingungen am stärksten. Die genannten Wehre mit Schützen von 15 m Breite und 3,70 m Höhe schwangen zwischen 10 und 25 cm Spaltöffnung, am stärksten bei 15 cm (oberhalb von 25 cm wurde alles wieder ruhig!); Niete wurden abgeschert; in den Hauptträgern entstanden Risse! Feinmessungen zeigten, daß die Stauwand sich anders bewegte als die unterwasserseitige Fachwerktragkonstruktion, wobei große Scherkräfte frei werden mußten. Man hat die Schwingungen und die damit verbundenen Gefahren schrittweise dadurch beseitigen können, daß man durch besondere Gestaltung des unteren Dichtungsbalkens (Profiländerung von Meter zu Meter!) die bis dahin einheitlichen und geschlossenen Wasserfäden des durch den Spalt schießenden Wassers verwirrte und ihnen dadurch die Möglichkeit nahm, eine eindeutige Schwingung des Wehrkörpers einzuleiten. Modellversuche zur weiteren Klärung der Frage von Schwingungen an Wehren sind eingeleitet worden. Hier erschließt sich ein neues, aber ungemein wichtiges und Aufschluß heischendes Gebiet der Forschung.

Auch Ventile, Rohrleitungen u. dgl. mehr können unter ungünstigen Umständen durch das strömende Wasser zu Schwingungen angeregt werden, die dem Baustoff verhängnisvoll werden können. Es wäre sehr zu empfehlen, daß auf diesem Gebiete die Erfahrungen aller Länder ausgetauscht würden.

Manche Teile beweglicher Bauwerke sind in hohem Maße frostempfindlich: Schützenwehre können festfrieren, Hubtore unbeweglich werden noch ehe die Schiffahrt in Winterrast zu gehen brauchte. Man kann dann zu einer zwar wirksamen, aber in Anschaffung und Betrieb nicht ganz billigen Heizung der empfindlichen Teile mit elektrischem Strome greifen (1 kWh gibt als theoretischen Gleichwert nur 860 WE her!), wie beim Weserwehr in Dörverden oder beim Schiffshebewerk in Niederfinow.

Sonstige kurze Hinweise.

Zu den „beweglichen" Bauwerken im Wasserbau gehören auch die Schiffshebewerke, von denen Deutschland die in Henrichenburg und Niederfinow bereits im Betriebe hat; sie sind wohl die größten Stahlbauwerke im Wasserbau Deutschlands, sollen hier aber nicht behandelt werden, weil das Schiffshebewerk Niederfinow Inhalt eines besonderen Vortrages ist.

Bemerkenswert ist die Betriebshalle über dem Grundablaßbauwerk und Kraftwerk im Staudamm Ottmachau; dort hat man einen Stahlskelettbau errichtet

und ihn allseitig in großen Flächen verglast (Eisenkonstruktion: Vereinigte Oberschlesische Hüttenwerke A.G.) (Fig. 13).

Daß auch *Pumpwerke* und *Kraftwerke* vom Stahl weitgehend Gebrauch machen, sei nur kurz erwähnt; sie können aber nicht zu den „beweglichen" Bauwerken des Wasserbaus gerechnet werden.

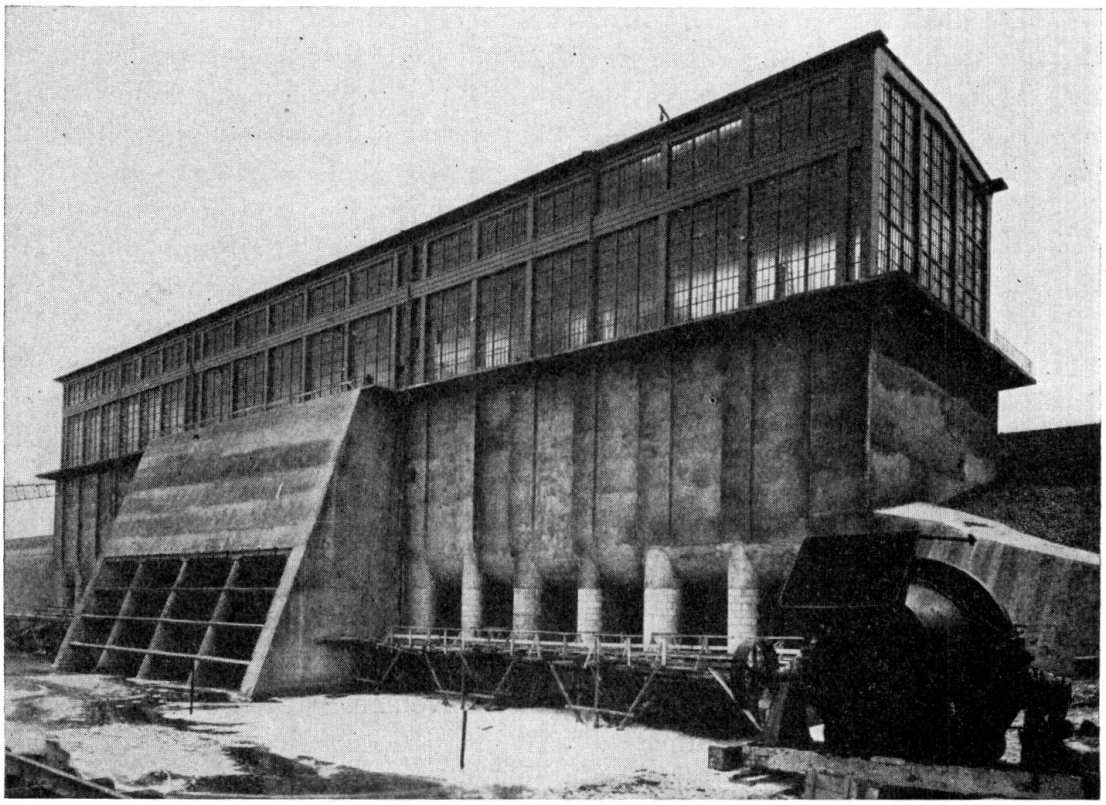


Fig. 13.

Die große Halle (Stahlbau) über dem Grundablaß- und Wasserkraftwerk im Staudamm bei Ottmachau.

Zusammenfassung.

Es ist versucht worden, in möglichst gedrängter Übersicht die Verwendung des „Stahls" in beweglichen Wasserbauwerken darzulegen und an neueren Ausführungsbeispielen aus Deutschland zu erläutern.