

Anwendung des Stahles im Wasserbau: Allgemeines und Einzelheiten

Autor(en): **Dantscher, K.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **2 (1936)**

PDF erstellt am: **06.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-2874>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

VII b 2

Anwendung des Stahles im Wasserbau, Allgemeines und Einzelheiten.

Application de l'acier dans la construction hydraulique, généralités et détails.

The Use of Steel in Hydraulic Engineering, General Remarks and Details.

Prof. Dr. K. Dantscher,

Oberbaudirektor der Rhein-Main-Donau A.G., München.

In den beiden deutschen Berichten der Herren *Agatz* und *Burkowitz* ist die Verwendung des Stahls im Wasserbau dargestellt mit der Gruppierung in feste und bewegliche Konstruktionen. Dabei ist der Werkstoff „Stahl“ mit seinen Eigenschaften gerade hinsichtlich der Bedürfnisse des Wasserbaues, ferner dessen Erhaltung in den wasserbaulichen Konstruktionen eingehend behandelt. Die Diskussionsbeiträge sollen die Berichte dahin ergänzen, daß sie die Entwicklung der Eisenkonstruktionen im Wasserbau darstellen und Beispiele des deutschen Eisenwasserbaues hiefür bringen.

Die Werkstoffe, mit denen man im Wasserbau noch vor 100 Jahren arbeitete, waren Steine jeder Art, der Beton, die Faschinen, die dichtenden Erdarten und das Holz. Das letztere wurde vornehmlich zu den beim Wasserbau auftretenden beweglichen Teilen wie Schleusentore, Wehrverschlüsse, bei den Gründungen für Pfahl- und Schwellroste verwendet. Das Eisen fehlte im Wasserbau fast vollständig, nur im Zusammenhang mit den Holzkonstruktionen als Nägel, Schrauben und Bänder findet man es. Später treten dann größere Guß- und Schmiede-Eisenteile auf als stützende und tragende Konstruktionsteile. Im wesentlichen bleibt das so bis gegen das Ende des Jahrhunderts. Nun erst, nachdem Stahl (Fluß Eisen) in größeren Mengen hergestellt wird und Walzerzeugnisse verschiedenster Form und Größe herauskommen, ändert sich das Bild; das Eisen dringt überraschend schnell als Baustoff im Wasserbau ein, ersetzt dort das Holz nahezu vollständig, bis zu einem gewissen Teil auch die Steinkonstruktion und bringt vielfach auch neue Arbeitsmethoden und Konstruktionsformen. Diese Entwicklung soll kurz geschildert werden, wobei ich von folgender Gruppierung der Wasserbauten ausgehe:

1. Wasserbauten, die der Schifffahrt dienen,
2. Wehrbauten,
3. Bauten, die der Wasserkraftausnutzung dienen,
4. Gründungen.

I. Wasserbauten, die der Schifffahrt dienen.

Hier ist in erster Linie darauf hinzuweisen, daß im Bereich der Schifffahrt das Fahrzeug selbst im Übergang vom Holz zum Eisen seit 50 Jahren begriffen ist. In der Seeschifffahrt ist der Übergang nahezu vollständig, in der Binnenschifffahrt bei uns größtenteils vollzogen. Für den Bau der Schiffe hat der Werkstoff „Eisen“ größere Stabilität und Festigkeit, vor allem aber ein Anwachsen der Dimensionen gebracht, die man sich mit dem bisherigen Baustoff „Holz“ gar nicht denken konnte. Diese Entwicklung wirkte sich auf alle Bauten, die zur Schifffahrt gehören, im gleichen Sinne aus. Ich nehme ein Grundelement des Verkehrs-Wasserbaues heraus, die *Kammerschleuse*. Ihre Tore sind vor ca. 50 Jahren fast alle noch aus Holz, wenn auch vielleicht bei einem oder dem anderen die Rahmenteile in Eisen waren. Lichte Weiten von 6—8 m waren das Normale, Fälle von diesen Ausmaßen waren schon groß. Das 600 t-Schiff forderte bereits 10 m l. W. in den Schleusen, das 1500 t-Schiff 12 m; bei den Seeschleusen gingen die Anforderungen allmählich auf 40—50 m. Tore dieser Größe konnten in Holz nicht mehr hergestellt werden. Einzig und allein die Stahlkonstruktion war in der Lage, diese konstruktiven Probleme zu lösen. So finden wir zunächst in der Binnenschifffahrt den Übergang vom *Holz-Stemmtor* zum *Eisenstemmtor*. Das Stemmtor ist der Verschuß der alten Kammerschleuse und seine Konstruktion war durch jahrhundertelange, handwerksmäßige Erfahrung und mit einem feinen Gefühl für die auftretenden Kräfte so gut durchgebildet, daß auch die Eisenkonstruktion bis heute nichts anderes nachmachen kann, als das alte Holztor mit „Wende- und Schlag-Säule, Riegeln, Druckstrebe und Zugband“. Die Eisenkonstruktion brachte in das Bauhandwerk hervorragend durchgebildete Methoden der Statik, und eine zeitlang hat man auch beim Stemmtor versucht, die statische Unbestimmtheit zu beheben, durch Krümmung der Tore die Biegemomente auszuschließen und dergl.; man ist heute wieder zur typischen Stemmtorform zurückgekehrt. Die Dimensionen sind aber wesentlich größer geworden. Das Stemmtor für 12 m l. W. ist der Normaltyp. Die Stemmtore für die Schleusen am Kachlet an der Donau sind mit 24 m l. W. gebaut, was den Dimensionen der Schleuse des ersten Nordostseekanals entspricht. Selbst bei diesen großen Dimensionen läßt sich gerade bei Stemmtoren so notwendige Steifigkeit durch eine kräftige, gut vernietete, event. doppelte Torhaut beibringen.

Die Entwicklung ist aber mit Einführung des Eisens noch nach anderer Richtung gegangen, es sind auch neue Torformen entwickelt worden. Wenn auch früher dann und wann ein Klapptor oder ein Schiebetor für kleine Verhältnisse und unbedeutende Schleusen zu finden ist, so kann man doch sagen, daß diese Formen der Tore erst mit Hilfe des Stahles gebaut werden konnten.

Ganz neu sind in Eisen die Formen der *Hubtore* und *Segmenttore*. Der zweite Diskussionsredner, Herr Dr. *Becher*, bringt in seinem Beitrag Beispiele hiefür. Man erkennt aus den *Schiebetoren*, daß die neuen großen Schleusen, die den Eingang zu den Binnenseehäfen vermitteln, gar nicht möglich sind ohne Eisenkonstruktionen. Für die Entwicklung der großen Häfen wie Bremerhaven, Antwerpen, Amsterdam, für eine Wasserstraße wie den deutschen Nordostseekanal, ist es entscheidend, so große Schleusen bauen zu können. Es soll hier nicht näher darauf eingegangen werden, daß mit der Größe der Tore auch

alle Antriebsvorrichtungen gewachsen sind. Diese waren immer in Eisen. Auf eines aber, was mit der Eisenkonstruktion zusammenhängt, muß noch hingewiesen werden: sie hat auch wieder andere Formen in der Füllung der Schleusen gebracht; in der kleinen, primitiven Schleuse geschah die Füllung durch eine kleine Öffnung im hölzernen Stemmtor, später kamen dann die Umläufe in den Seitenmauern. Das wesentlich steifere eiserne Tor gestattet aber sehr große Öffnungen im Tor selbst zu machen, und so finden wir z. B. bei der Neckarkanalisation heute wieder die Füllung durch Öffnungen in den eisernen Toren; diese Öffnungen werden ihrerseits durch Segmente verschlossen. Die beiden Torarten, *Hubtor* und *Segmenttor*, die nur in Eisen auszuführen sind, gestatten das Füllen und Entleeren ohne Umläufe, denn sie können auch gegen den Überdruck des Wassers bewegt werden. Für die Überwindung großer Höhen ist die in Deutschland beliebte *Schachtschleuse* in großen Ausmaßen nicht denkbar ohne eiserne Torverschlüsse. Bei den Hebewerken ist in kleinerem Ausmaß die schiefe Ebene eine der Konstruktionen, bei der Eisen nicht wesentlich benötigt ist. Die Hebewerke sonstiger Art werden zu Eisenkonstruktionen von ganz bedeutender Größe. Gerade auf diesem Gebiet ist der deutsche Eisenbau mit ersten Leistungen vorangegangen mit den beiden Hebewerken in Henrichenburg und Niederfienow.

Bisher habe ich geschildert, wie die alte Holzkonstruktion durch Eisen ersetzt wurde. Es muß noch erwähnt werden, daß auf dem Gebiete des Wasserverkehrs das Eisen auch anfängt den Beton zu verdrängen, und zwar bei den Kammerschleusen, bei den Hafenufern und Kanalwandungen. Die schon im Bericht von Professor Dr. *Agatz* ausführlich erörterten Stahlbohlen haben sich für diese Zwecke als außerordentlich verwendbar erwiesen. Wir haben schon mehrere Kammerschleusen, die ganz in Stahlbohlen hergestellt sind. Das größte Beispiel hierfür sind die Schleusen bei Griesheim und Eddersheim am Main mit 350 m Länge und 14 m Breite. Die Kammermauern sind dabei vollständig durch eiserne Spundwände ersetzt. Wenn sich bei einem Untergrund eine richtige Rammung durchführen läßt, so liegen die Vorteile dieser Bauweise auf der Hand. Für die Ufereinfassungen bei den Häfen haben wir schon eine große Anzahl von Beispielen und auch schon den Beweis dafür, daß sich die nach rückwärts verankerte Wand in *Stahlbohlen* hierfür auch bewährt. Ein bemerkenswertes Beispiel für die Verwendbarkeit der *Stahlbohle* ist auch die Verbreiterung des Dortmund-Emskanals für einen größeren Schiffstyp. Die Verbreiterung wird auf große Längen dadurch erhalten, daß in die Böschung Wände aus Stahlbohlen gerammt und dann das Material zwischen ihnen herausgenommen wird; in einfacher Weise und ohne Unterbrechung des Betriebes läßt sich auf diese Art das Kanalprofil vergrößern. Die Dichtigkeit solcher Kanalwände ist bei guter Rammarbeit sehr groß.

II. Wehrbauten.

Die Wehre, die im Wasserbau für die verschiedenen Zwecke notwendig sind, waren ehemals meistens feste Wehre; in vielen Fällen war selbst der Wehrkörper aus Holz hergestellt; die Einschnitte für Kies- und Eisabführung waren dann immer mit kleinen Schützen aus Holz versehen. Die Flußkanalisation, die vor 100 Jahren etwa begann, erforderte quer durch den ganzen Fluß bewegliche

Wehre und für diese Bedürfnisse sind damals die *Nadel-*, *Klappen-* und *Trommelwehre* erfunden worden. Die Nadeln und die Stauklappen sind dabei aus Holz und von kleinem Ausmaß, nur die stützenden Teile sind aus Eisen, meistens Gußstücke oder geschmiedet. Die Bedienungsbrücke solcher Wehre mit den *Poirée'schen* Böcken ist ein deutliches Beispiel dafür, wie gering die Konstruktionsmöglichkeiten in Eisen damals waren. Als man mit dem Schmieden weiter kam, wurde die Sache etwas besser, z. B. beim Nadelwehr. Wenn das Klappenwehr von *Chanoine* damals sich nicht durchsetzen konnte, so war das zum guten Teil darin begründet, daß die Konstruktionsmöglichkeiten in Eisen fehlen; sein Wiederaufleben durch *Pasqueau* in den 80er Jahren war bedingt durch die Möglichkeit der besseren Ausführung in Eisen und durch die Formung der Stütze in Stahlguß; sein jetziges Neuaufleben mit der verbesserten Hebevorrichtung ist einzig und allein durch die Konstruktion in Eisen gegeben.

Der weitaus meist verbreitete Wehrverschluß war früher beim Wasserbau das *Schützenwehr*; er kam fast immer nur in Verbindung mit dem festen Wehr vor. Man findet beispielsweise bei den Wehren der Wasserkraftausnützung an gefällereichen Flüssen fast ausnahmslos das feste Wehr, weil man für bewegliche Wehre Verschlüsse nur von begrenztem Ausmaße bauen konnte. Allmählich lockerte sich diese Bauweise, die beweglichen Teile wurden immer größer und schließlich verschwindet in der neueren Entwicklung das feste Wehr auch bei der Wasserkraftausnützung und man geht auch hier zu dem beweglichen Wehr über, nachdem es möglich war, in Eisen große und zuverlässige Verschlüsse zu bauen. Für die Regulierung der Vorflut, für Geschiebe- und Eisabführung bedeutet das einen großen Fortschritt.

Bei der normalen Schützenkonstruktion ist in Holz nicht weiterzukommen als höchstens auf 8 m lichte Weite. Das Bedürfnis war aber immer für größere Weiten vorhanden. Ein solcher Fall lag z. B. vor am Main bei Schweinfurt, wo man wegen der schwierigen Eisabgänge eine Wehröffnung von 30 m l. W. bauen wollte. Bei der Suche nach einem Verschluß hiefür wurde von dem bayerischen Oberbaurat *Eickemeyer* der Eisenzylinder wegen seines großen Widerstandsmomentes als Verschluß vorgeschlagen und *Carstanjen*, der Direktor der Brückenbauanstalt Gustavburg bei Mainz, formte daraus das *Walzenwehr*, einen Wehrkörper, der nur in Eisen denkbar ist. Das Walzenwehr gestattet lichte Weiten im beweglichen Wehr, die mit Schützen niemals möglich sind, es ist einfach und robust und damit gerade für den Wasserbau das gegebene. Bei den Kanalisierungswehren findet das Walzenwehr sehr bald Eingang und hier hat es seine großen Ausführungen erhalten. Nun fordert der Betrieb einer Kanalisierung daß Eis, Geschwemmsel und faules Wasser aus der Haltung abgelassen werden können, ohne daß man den Stau legt. In dieser Hinsicht waren die alten Kanalisierungswehre überlegen. Durch Ausbildung der Versenkwalze und der Walze mit Aufsatzklappe konnte das Walzenwehr auch diesen Anforderungen angepaßt werden. Bei den Schützenwehren kam man früher — wie schon erwähnt — nicht über 6—8 m hinaus, und wenn die Vorflut des Flusses es erforderte, so konnte eine große Durchflußbreite zunächst nur mit beweglichen, losen Ständern erzielt werden. Diese plumpe Konstruktion hat aber bald das Feld räumen müssen. Mit Hilfe des Werkstoffes „Eisen“ wurde die Schütze selbst zu größerer Lichtweite entwickelt; es entsteht die große Eisenschütze mit einer Stauwand

in Eisenblech, die den Wasserdruck auf horizontal liegendes Fachwerk überträgt. Mit dieser Konstruktion war bezüglich der Weiten schon wesentlich weiter gekommen, aber es wurden nunmehr die Aufzugskräfte sehr groß. Die *Stoney-Schütze* löste das Problem, indem sie für die Auf- und Abwärtsbewegung neben der gleitenden die rollende Reibung einführte. Diese Rollwagen machten auch eine neue Art der Dichtung notwendig; bei der *Stoney-Schütze* wird sie mit dem Dichtungsstab, bei der Eisenschütze der MAN mit dem federnden Dichtungsblech durchgeführt.

In Deutschland ist besonders bei den süddeutschen Wasserkraftanlagen das Schützenwehr weiter entwickelt worden; die Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg (MAN) hat die *Doppelschütze* und *Hakenschütze* ausgebildet, die ein Absenken der oberen Schütze gestatten, die Dortmunder Union die *Dreigurt-schütze* und die *Schützen mit Klappen*. Lichte Weiten mit 40 m und darüber sind schon erreicht, und wenn nicht das Problem der mit großer Weite auftretenden Schwingungen gekommen wäre, so hätten wir heute schon Schützen mit mehr als 50 m lichte Weite.

Diejenigen Wehrverschlüsse, die durch den Wasserdruck betätigt werden, die sog. „selbsttätigen Wehre“, haben von der Einführung des Eisens als Werkstoff besondere Vorteile gezogen. Es ist die alte Bärenfalle des Amerikaners *White* nach hundert Jahren als das *Dachwehr* wieder aufgetaucht, von den vielen Arten von Klappen sind verschiedene sinnreiche Konstruktionen in Eisen zu selbsttätiger Regulierung des Wasserspiegels bei Wasserschlässern und an den Überläufen von Talsperren eingebaut, und die Klappe in der Fischbauchform erobert sich heute die größten Weiten. Das Sektorwehr ist bei uns in Deutschland an der Weser von der MAN zu einem Verschuß von 54 m lichter Weite und 4,5 m Stauhöhe ausgebildet worden, der größte einheitliche Stauverschuß, der überhaupt existiert. Das *Trommelwehr* von *Desfontaines*, ursprünglich nur in schmalen Klappen gebaut, konnte mit der Entwicklung der Eisenkonstruktion bis zur Breite von 12 m ausgebaut werden und bildete für die Floßgassen der Mainkanalisierung einen äußerst brauchbaren Verschuß. Schließlich muß noch das *Segmentwehr* erwähnt werden, ein Verschuß, der nur in Eisen möglich ist, und der bei uns in Deutschland bis zu 30 m lichter Weite ausgeführt wurde.

Somit hat auch auf dem Gebiete des Wehrbaues das Eisen das Holz vollständig ersetzt, es hat ermöglicht, daß wir zu viel größeren Lichtweiten und auch Stauhöhen gekommen sind als bisher, und daß völlig neue Verschlüsse entwickelt wurden.

III. Wasserkraftanlagen.

Soweit das Eisen umwälzend auf die Wehre bei den Wasserkraftanlagen eingewirkt hat, ist es bereits geschildert. Hier soll noch einiges über die Umänderung der Wasserkraftanlagen selbst besprochen werden. Es ist noch nicht so lange her, da war das Wasserrad, das Schnur- und Kropfgerinne und der ganze Unterbau beim Triebwerk aus Holz. Die Turbinen, nur in Eisen herzustellen, haben hier vor ca. 80 Jahren Wandel geschaffen. Seitdem ist das Krafthaus in Beton, seit dieser Zeit können wir auch hohe Gefälle ausnützen, bei denen das Oberwasser in Röhren gefaßt und den Turbinen zugeführt wird. Diese Rohre, zusammengefaßt auf der Rohrbahn, sind ein wesentlicher Teil

einer Hochdruckanlage geworden und hier hat sich das Eisen ein Gebiet erobert, aus dem es wohl kaum mehr zu verdrängen ist. Gewiß sind die Druckrohre auch schon in Holz und in Eisenbeton gemacht worden, aber nur für beschränkte Höhen und Wassermengen. Bei jeder größeren Wasserkraftanlage wird heute die Rohrbahn in Eisen hergestellt. Die Konstruktionsbedingungen der Druckrohre von Wasserkraftanlagen sind durchaus nicht einfach; die Regulierung der Turbinen bringt dauernd Druckschwankungen im Rohr, ein rascher Abschluß kann eine ganz gewaltige Drucksteigerung und damit Beanspruchung der Rohrwandung bringen; es kommen die Temperaturkräfte hinzu, die bei großen Rohren sehr stark werden und die Kräfte, die sich aus der Auflagerung ergeben. Das Gußeisenrohr, das noch bei kleineren Anlagen da und dort zu finden ist, wird bei größeren heute restlos durch Stahl ersetzt. Die deutsche Eisentechnik hat in dem nahtlos gewalzten Rohr (*Mannesmannrohr*) ein Bauelement geschaffen, das für die Kraftanlagen mit ganz hohen Drucken kaum durch etwas anderes zu ersetzen ist. Müssen größere Wassermengen verarbeitet werden, so braucht man große Rohrdurchmesser, die nurmehr aus Walzenblechen hergestellt werden können. Für die Längs- und Querverbindungen ist wohl heute noch die Nietung das Maßgebende, es findet aber auch die Schweißung zunehmende Verwendung. Die Druckrohre bei Kraftanlagen wie das Walchenseewerk, das Schluchseewerk, ferner die der Pumpwerke, wo die Rohre ebenfalls als Steigleitung dienen müssen, sind nur in Stahl denkbar. Bei diesen Rohrleitungen spielen die verschiedenen Arten der Verschlüsse, wie Drosselklappen, Hochdruckschieber usw. eine große Rolle. (Siehe Bericht *Burkowitz*.)

Der Wasserkraftbetrieb hat noch etwas Neues gebracht. Man muß bei diesen Werken immer darauf sehen, möglichst den Stau zu halten, weil sonst der Energieverlust zu groß wird. Um die Wehrverschlüsse instandhalten und reparieren zu können, sind gerade bei den Wehren der Wasserkraftanlagen die provisorischen Verschlüsse entwickelt worden, die ganz beachtenswerte Konstruktionen darstellen. Der alte hölzerne Dammbalken geht bei großen Weiten nicht mehr. Man hat ihn durch einen eisernen ersetzt; seine Lagerung, sein Transport, das Einsetzen und Ausbringen, die Führung, bedingen ganz wesentlich die Gesamtanlage eines neuzeitlichen Wehres. Aber auch der eiserne Dammbalken geht nicht für beliebige Weiten, er wird zu schwer in der Handhabung. Für die großen Wehre bei den Flußkanalisierungen sind deshalb für provisorische Verschlüsse Konstruktionen gefunden worden, die an Ort und Stelle unter Wasser zusammengebaut werden können, beispielsweise der Verschluß des Ingenieurs *Schön*, der von der Firma *Noell-Würzburg* ausgeführt wird. Die Abschlußwand, die sich auf eiserne Böcke stützt, besteht entweder in Tafeln oder in Larssendiehlen, die gleich den Nadeln des Nadelwehres gesetzt werden.

Erwähnt seien noch die schwimmenden provisorischen Verschlüsse, eiserne Hohlkörper, die für die Absperrung eingeschwemmt und versenkt werden. Am Kachletwehr sind solche für 24 m lichte Weite vorhanden.

IV. Gründungen.

Über die Verwendung des Stahles bei Gründungen hat Herr *Agatz* ganz ausführlich berichtet. Die Verwendung geht hier nach zweierlei Richtung, einmal wird der Stahl in Form von Eisenspundwänden zur Bildung der Baugruben ver-

wendet, dann auch im Fundament als bleibender Konstruktionsteil gegen Unterspülung und zur Druckübertragung.

Bei den Gründungen war das Eisen bisher verwendet worden, wenn man mit der Taucherglocke und dem Caisson gründete. Dann und wann kamen in besonderen Fällen Eisenrohre als Pfähle zur Verwendung. Seitdem der Bremer Stadtbaumeister *Larssen* zusammen mit der Dortmunder Union das erste eiserne Spundwandprofil herausgebracht hat, hat sich das Bild bei den Gründungen der Wasserbauten ganz wesentlich geändert. Die Gründung in offener Baugrube war immer die von den Ingenieuren angestrebte Lösung gewesen. Mit Holzspundwänden, Fangdämmen umschloß man die Baugrube und legte sie trocken; bei Tiefen über 5—6 m führte das meist schon zu den größten Schwierigkeiten. In der eisernen Spundwand hat die Bautechnik ein Mittel, mit der Rammung tiefer in den Boden zu kommen und eine *dichte* Wand zu erzeugen. Dazu erwies sich diese Wand wesentlich steifer als Holzspundwände. Wenn man vor ca. 30 Jahren bei Gründungstiefen von 6—7 m schon daran denken mußte, evtl. zur Luftdruckgründung überzugehen, kann man heute Tiefen von 12—14 m in offener Baugrube mit Eisenspundwand leicht erreichen, Tiefen über 20 m sind schon erreicht worden. Die Baugrube von großem Ausmaß und größeren Tiefen, wie z. B. für einen Pfeiler in einem großen Strom, umfährt bei dieser Gründungstechnik nicht mehr wie bisher den Grundriß des Bauobjektes sondern rund wie ein Brunnen wegen der Versteifung und führt schachtmäßig bis zur notwendigen Tiefe. Durch die Ausbildung der Schlösser und Eckbohlen ist eine gute Dichtigkeit gewährleistet.

Bei Wehren und Talsperren handelt es sich immer darum, daß Wassersickerungen unter dem Bauwerk hintangehalten werden, die den Untergrund im Laufe der Zeit verschlechtern könnten. Der wasserundurchlässige Untergrund mußte bisher entweder mit dem Fundament selbst oder mit Herdmauern erreicht werden; bei vielen Wehren ist man hierzu mit hohen Kosten und großem Zeitaufwand zur pneumatischen Fundierung übergegangen. Gerade hier hat die eiserne Spundwand große Hilfe gebracht, man kann mit ihr in den meisten Fällen den undurchlässigen Untergrund auch in beträchtlichen Tiefen noch erreichen. Eine solche eiserne Spundwand ist bei guter Rammung dichter als die pneumatisch abgesenkte Betonwand. Die Einführung der Stahlbohle bei den Gründungen hat es also mit sich gebracht, daß wir heute bei den Wehrfundamenten die gefährlichen Wasseradern viel leichter hintanhaltend können und daß dadurch alle Wehre besser fundiert werden als früher.

Über die Verwendung von gewalzten Konstruktionen als stützende und tragende Pfähle hat Herr *Agatz* berichtet. Wir stehen hier am Anfang einer Entwicklung; vorerst herrscht hier noch das Holz vor; auch der Eisenbetonpfahl hat es noch nicht zu verdrängen vermocht; wie weit das dem Stahlpfahl gelingt, bleibt abzuwarten.

Für die hohen Stauwerke ist bei uns im letzten Jahrzehnt gerne der aus Erde geschüttete Staudamm gewählt worden. Die Dichtung wird hierbei durch eine Eisenbetonwand im Kerne des Dammes erreicht. Für die Ausführung dieser Dichtungswand wird neuerdings auch die Stahlbohle verwendet. Der Kern entsteht damit zwischen Stahlwänden. Die Beanspruchungen, die der Kern während des Aufschüttens und Setzens des Dammes erleidet, können sehr groß werden

und nur ein Material mit den elastischen Eigenschaften des Stahles kann sie ertragen, ohne Risse zu bekommen.

V. Die Haltbarkeit der Eisenkonstruktionen im Wasserbau.

Beim Übergang zum Werkstoff „Eisen“ im Wasserbau entsteht die große Frage, welche Lebensdauer solchen Konstruktionen zuzumessen ist. Hiezu hat sich der Bericht *Agatz* ausgesprochen; wir können heute noch nichts Endgültiges sagen, die Erfahrungen sind noch zu kurz. Es ist kaum anzunehmen, daß Konstruktionen in Eisen im Wasser dieselbe Lebensdauer haben werden, wie die Aquädukte der Römer und die Holzpfähle, wenn sie dauernd unter Wasser sind; man wird ihnen aber eine Dauer zusprechen können etwa wie Betonbauwerken und sicher gleich der Eisenbetonbauten im Wasserbau. Über die Mittel, die notwendig sind, um Stahl im Wasserbau haltbar zu machen, ist in den deutschen Berichten sehr viel gebracht. Die Frage des Anstrichs ist bei den deutschen Eisenwasserbauten weitgehend auch untersucht worden. Wir sind hier noch nicht zu einem endgültigen Ergebnis gekommen.