

12442127
2347134

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND

DER

SCHIFFAHRTS-KONGRESSE

XI. Kongress - St.-Petersburg - 1908

I. Abteilung : Binnenschifffahrt

1. Frage

ANLAGE VON WEHREN IN FLÜSSEN

mit stark wechselnden Wasserständen und gegebenenfalls mit starker Eisführung, bei Berücksichtigung der Interessen der Schifffahrt und der Industrie.

BERICHT

VON

W. L. SIBERT

Major, Corps of Engineers, United States Army
Member Isthmian Canal Commission

NAVIGARE



NECESSE

BRÜSSEL

BUCHDRUCKEREI DER ÖFFENTLICHEN ARBEITEN (GES. M. B. H.)

169, rue de Flandre, 169



II-355025

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000320601

Einrichtungen an Wehren, die grossen Schwankungen in der Durchflussmenge ausgesetzt und in Flüsse eingebaut sind, die gelegentlich so grosse Eismassen führen, dass hierdurch Schifffahrt und Industrie beeinträchtigt werden.

Die gestellte Frage scheint die in Amerika üblichen beweglichen Wehre auszuschliessen, denn hier ist es in Flüssen, die gelegentlich grosse Eismassen führen, für nötig erachtet worden, die beweglichen Wehre beim Beginn des Winters umzulegen und sie während der Eisperiode niedergelegt zu lassen; es sind also zu den in Rede stehenden Zeiten hier überhaupt keine Wehre vorhanden.

Die oben erwähnten Bedingungen bestehen am oberen Ohio, der durch bewegliche Wehre des Chanoine-Typus reguliert worden ist. Diese Wehre sind während des Winters umgelegt. In diesem Teile des Ohio ist das Gefälle stark und die Hochwasserwelle kommt schnell. Um nun dem Aufseher mehr Zeit zu geben und ein Mittel zu besitzen, um das Eis durchzulassen, sind in diese Wehre sog. Bärenfallenwehre (Bear trap) angebracht worden.

Diese Bärenfallen lassen sich in Längen bis zu 100 Fuss recht gut bedienen und dies sogar unter den schwierigsten Eisverhältnissen. Sie sind aus Stahl hergestellt, und die untere oder sog. Auftriebtafel ist auf beiden Seiten armiert; es sind Vorrichtungen vorhanden, um das Wasser mittels Luft aus derselben zu entfernen. Das Gewicht und der Auftrieb sind so ausgeglichen, dass die untere Tafel die obere ohne Druckhöhenverlust 14 bis 15" über Wasser hebt.

Die Möglichkeit, ein durchaus bewegliches Wehr nach dem Bärenfallensystem derart zu erbauen, dass es sogar noch bei sehr schwierigen Eisverhältnissen benutzt werden kann, ist vorhanden; doch liegt hier die Gefahr vor, dass die Kürze der Spannweite zwischen den Stützpfählern eine starke Eisstauung auf der Stauseite hervorzurufen vermag. Falls es in der Praxis angängig

sein sollte, Wehre von kurzer Länge nach dem Bärenfallentyp, jedoch von verschiedener Länge zwischen den Pfeilern, zu entwerfen und zu benutzen, indem man dabei mehr oder weniger den Gedanken der weiter unten beschriebenen beweglichen Krone zugrunde legen würde, so wäre der Typ eines beweglichen Wehres geschaffen, der die dem Bärenfallensystem eigene Idee ausnutzte. Wehre, die aus Schützen bestehen, die an ihren stromaufwärts gelegenen Kanten am Boden befestigt sind und durch hydraulische Kraft emporgehoben werden, sind zwar geplant, aber nicht gebaut worden.

Wehre mit beweglichen Kronen.

Der jährliche Verkehr, der sich auf dem Unterlauf des Monongehela-Flusses abspielt, beläuft sich auf ungefähr 11 000 000 Tonnen. Die Eisschicht erreicht in diesem Strome zuweilen eine Dicke von über 14 Zoll; doch hält der ununterbrochene Schiffsverkehr das Eis offen; nichtsdestoweniger wird die Schifffahrt durch Eismassen, die hinter den Schleusentoren treiben, selbst gefährdet. Eine grössere als die ursprünglich geplante Fahrtiefe war erforderlich und um die Stautiefe bei niederem Wasserstand zu erhöhen, ohne jedoch gleichzeitig eine Veränderung der Stauhöhe für die Hochflutwelle herbeizuführen, wurde, allerdings mit gewissen Modificationen, eine bewegliche Krone nach dem System des Chittentrommelwehres angenommen. Man gab sich der Hoffnung hin, dass, unter Mitbenutzung der schon vorhin angeführten Momente, durch das plötzliche Umlegen der Krone bei einer Reihe von Wehren ein Strom geschaffen würde, der hinreichend stark wäre, die Eisschollen aus dem Stauwasser fortzuschwemmen. Das zuerst entworfene Chittentrommelwehr dachte man mit Pfeilern zu bauen, die nur 75 Fuss von einander entfernt wären; mit Trommeln von gleicher Länge. Diese geringe Spannweite der Pfeiler hätte 1) die Schifffahrt über die Wehre bei den höchsten Wasserständen behindern oder 2) sogar eine Eisstauung an dem Wehre selbst verursachen können. Um diese Eventualitäten zu vermeiden, wurden die Pfeiler mit einer jeweiligen Entfernung von etwa 400 Fuss von einander errichtet; die Trommeln aber, die man nun benutzte, wurden in einer Länge von 40 Fuss aus Stahl angefertigt; sie waren geschlossene Kasten, die an der unteren Kante einige kleine Oeffnungen zum Austritt des Wassers hatten.

Es sind Vorrichtungen vorhanden, die es ermöglichen, das Wasser vermittle Luft herauszupressen.

Der Längkana war mit der Trommelnische in kurzen Abständen durch runde Löcher verbunden (siehe Fig. 7).

Dieser Kanal und die Oeffnung zwischen den Pfeilern waren sehr breit angelegt worden 1) um genügend Wasser für den Sickerverlust auf dieser 400 langen Strecke zu bekommen und 2) um die Trommeln aufwärts zu treiben. Der Raum zwischen den Trommeln wurde auf ein Minimum reduziert und schloss sich, wenn die Trommeln völlig aufgerichtet waren. Als bewegliche Krone war diese sinnreiche Vorrichtung sicher ein Erfolg, obwohl ihre Wirkung, das zerbrochene Eis aus dem Stauwasser zu entfernen, nicht vor der Errichtung und Erprobung einer Reihe solcher Wehre zu beurteilen sein wird. Die Trommeln können länger gebaut werden; und stellt man für jede noch einen besonderen Zugang her, so hat der Schleusenwärter über die ganze Anlage die vollständige Controlle. Die Höhe der Trommeln könnte innerhalb gewisser Grenzen vergrößert werden, bis man den gewünschten Erfolg bei umgelegter Krone erzielt. Doch müssen diese beweglichen Kronen umgelegt bleiben, wenn grosse, mächtige Eismassen im Anzug sind. Deshalb kommen bei der Erörterung der hier in Rede stehenden Frage, im Hinblick auf amerikanische Verhältnisse, nur die festen Wehre in Betracht; fast alle anderen Formen sind ausgeschlossen.

Feste Wehre.

Bei einer allgemeinen Betrachtung der Frage fällt die Tatsache auf, dass das Eis der am wenigsten bekannte und verstandene Factor des Problems ist. Man denke sich in einem Strom eine Eisstauung, die ihn meilenweit von Ufer zu Ufer anfüllt, man lasse es lange genug darin bei einer Temperatur von Null Grad verharren, so dass es zu Blöcken von ungeahnter Grösse zusammenfrieren kann, so vermöchte man doch nur mit aller Vorsicht vorauszusagen, was geschehen könnte, wenn ein solches Eismeer über eine Mühle, ein Wehr, oder irgend eine andere menschliche Anlage den Fluss weiter abwärts hinüberdonnern würde. Glücklicherweise verwirklichen sich die schlimmsten Befürchtungen des Ingenieurs selten in einem solchen Falle, weiss doch alsdann die Natur mit ihrer unendlichen Fülle von Hilfsmitteln sich stets am besten selbst zu helfen; indes stellt in sehr kalten Ländern die Natur dem Menschen

oder sogar sich selbst zu harte Aufgaben, wenn sie versucht, dem Menschen den Weg zu ebenen. Nun versteht man, dass die Wolgaschiffer es oft für unausführbar halten, Hafenanlagen zu erbauen, die ihre Dampfer- und Barkenflotillen gegen den plötzlichen gewaltsamen Einbruch des Eises sichern; sogar Boote, welche auf der Leeseite hochgelegener Inseln ankerten, wo sie mehrere Jahre lang sicheren Ankergrund gefunden hatten, wurden von den Packeismassen zertrümmert, die massenweise über diese Inseln hinüberschieben. Der Amerikaner denkt vielleicht an einen Schutzdamm gegen das Eis, der sich landabwärts ins Wasser hinaus erstreckt. Wenn ihm aber der Russe sagt, dass das Ufer gelegentlich auf eine viertel Meile weggewaschen wird, und die Fahrrinne nach dem anderen Ufer des Flusses wandern wird, wo sie vielleicht einige Meilen breit ist, so wird sich der Amerikaner daran erinnern, dass er in Russland leben muss, um die Strömungsverhältnisse russischer Flüsse zu verstehen, und dass er nicht Pläne für Regionen, die weit von seiner Heimat entfernt sind, ersinnen darf.

In Amerika besitzen wir keine grossen Flüsse, die ein so hartes Winterklima haben, wie es über dem nahezu grössten Teile des Wolgathales lagert. Die mittlere Wintertemperatur des Donauthales hat ihr Gegenstück in America gerade in der Region, wo Canäle, Flussregulierungen und die Ausnutzung der Wasserkraft ihre grösste Entwicklung erfahren haben. Die mittlere Januar-temperatur dieses amerikanischen Gebietes schwankt zwischen — 1 und — 4° C. Die Schwankungen der mittleren Januartemperatur in America sind jedoch grösser wie diejenigen der meisten europäischen Gebiete, die dasselbe Januarmittel haben. Daher kommen in Amerika viel häufiger Eisgänge vor als in Europa.

Im folgenden soll in summarischer Zusammenfassung ein Ueberblick über das Eisproblem bei einigen schiffbaren und wasserreichen Strömen der Vereinigten Staaten gegeben werden.

Der Merrimac.

Der Merrimac entwässert ungefähr 4000 Quadratmeilen. Infolge der geologischen und topographischen Bildung seiner Wasserscheide und seiner gemässigten Sommertemperatur ist seine Wassermasse gleichmässiger als diejenige der meisten Ströme von gleich grossem Entwässerungsgebiete, gleicher Regenmenge, etc.,

in den Gegenden im Westen der Alleghenies. Seine häufigen Stromschnellen, die an einigen Stellen 6-8 Fuss Gefälle per Meile auf lange Strecken hin aufweisen, lieferten wunderbare Anlagen für die Verwertung der Wasserkraft. Die Baumwollen- und andere Mühlen zu Lawrence, Lowell, etc., gehören zu den bekanntesten im Lande; noch vor kurzem soll hier die Dampfkraft in grossem Masse als Ersatz für die Kraft angewendet worden sein, die jetzt der Fluss liefert.

Das Granitwehr quer über den Fluss bei Lawrence (Fig. 4) ist 900 Fuss lang, und hat ein Gefälle von 25 Fuss, das auf 10 Fuss herabsinkt während der sehr kurzen Hochwasserperiode, wo die Tiefe an der Krone 10 Fuss beträgt. Ein anderes Steinwehr bei Lowell, 10 Meilen oberhalb Lawrence, hat ein Gefälle von 14 Fuss; aber da es mit einer Stromschnelle von 30 Fuss Gefälle verbunden ist, so steht für die Wasserkraft ein Gefälle von 44 Fuss zur Verfügung. Die Winter in New-Hampshire sind lang und streng, doch schreibt auf eine Anfrage Herr Hiram F. Mills, Oberingenieur der Essex-Compagnie zu Lawrence, dass das Eis auf dem Merrimac wenig Störung verursache. Nur einmal wurde durch das Wehr bei Lawrence das Treibeis zum Stehen gebracht, da aber der Fluss sogleich wieder zu steigen anfang, so schoss das Eis bald über das Wehr hinüber, ohne irgendwie das Mauerwerk zu beschädigen; ferner berichtet Herr Mills, dass man sich nicht zu entsinnen vermöchte, dass vor der Errichtung der Wehre je zerstörende Wirkungen durch gestaute Eismassen wären beobachtet worden.

Zwei Momente müssen jedoch bezüglich der hier erläuterten Tatsachen im Auge behalten werden, nämlich, dass sich erstens keine beträchtlichen Eisstauungen bei einem Strome mit so grossem Gefälle wie der Merrimac bilden und zweitens dass Anlagen, die eine Reihe von Staustufen schaffen, die Eismenge verringern.

Der Connecticut.

Der Connecticut, oberhalb Holyoke in Massachusetts, entwässert ungefähr 9000 Quadratmeilen. Die klimatischen und hydrographischen Verhältnisse ähneln sehr denen des Merrimac. Figur 2 stellt den Schnitt des ursprünglichen Holzwehres dar, das i. J. 1849 quer durch den Strom bei Holyoke gebaut wurde. Es hatte eine Länge von 1020 Fuss, und sein höchster, nahezu senkrechter

Absturz betrug 30 Fuss. Dieselbe Figur zeigt einen Schnitt durch den stark geneigten ungeheuer grossen hölzernen Schutzdamm der mit einem Kostenaufwand von 300.000 \$ im Jahre 1870 dem Wehre vorgebaut wurde zu einer Zeit also, wo das Holz in Neu-England sehr viel billiger war als jetzt.

Die Eisschollen und Holzblöcke, die in den Jahren 1849-70 über das alte Wehr flossen, prallten auf eine weite Strecke hin mit Macht gegen die Stirnwand des Wehres und die Felsen im Flussbett, so dass das Gestein unter dem Wehre selbst an manchen Stellen bis zu einer Tiefe von 25 Fuss ausgekolkt wurde; dieselbe Minierarbeit setzte unter dem alten Wehre ein, dessen Fortbestand ernstlich gefährdet wurde. Durch den im Jahre 1870 mit grosser Neigung erbauten Schutzdamm hoffte man diese Schwierigkeit zu beseitigen. Da dies nicht der Fall war, erwies sich die Errichtung eines steinernen Wehres als notwendig, aus dessen Schnitt auf Figur 3 zu sehen ist, dass die stromaufwärts errichtete Wand fast senkrecht abfällt. Das neue Wehr ist etwa 200 Fuss unter dem alten angelegt worden.

Wasserbaumeister A. F. Sickman, Oberingenieur der Holyoke-Wasserkraft-Gesellschaft, schreibt, dass « seit der Errichtung des neuen Wehres i. J. 1900 es ohne irgendwelchen Schaden dem Anprall schwerer Eismassen und grosser Holzstücke, die die Frühjahrswasser zu Tal schwemmen, widerstanden hat. In den letzten 25-30 Jahren ist innerhalb dieser Region des Flussgebietes kein Schaden durch Eisgang zu verzeichnen, es sei denn, dass gelegentlich das Eis gerade über dem Stauwasser an dem Wehre selbst aufbricht, wo es dann entweder auf die Ufer oder das Vorland des Flusses getrieben wird ».

Der Connecticut ist sicherlich der bedeutendste Strom in Neu-England. Quer durch sein Bett ist ein Wehr gebaut mit einem Gefälle von 30 Fuss und zwar in einer Gegend, wo das Eis oft dicker als drei Fuss wird. Die hier im Laufe von 60 Jahren gewonnene Erfahrung lehrt, dass Wehre an und für sich die Eisstauung in ihrer directen Nähe nicht zu begünstigen scheinen.

Das ursprüngliche Holyoke-Wehr, dessen Schnitt Figur 2 wiedergibt, zeigt typisch, mit welcher Auskolkung man unter einem solchen Wehr zu rechnen hat, dessen stromabwärts liegende Wand senkrecht ist. Dieser Schnitt stellt die billigste Herstellungsweise solcher Anlagen dar; alle nach diesem Schema gebauten Wehre begünstigen aber den senkrechten Wasserabsturz am meisten und gefährden dadurch den Bestand des Wehres. Die Länge und Form

des i. J. 1870 errichteten Schutzdammes war augenscheinlich nicht hinreichend, um den nahezu senkrechten Absturz der Wassermassen mehr unterhalb des Wehres in eine Entfernung zu lenken, die genügend Schutz bot für den Bestand des Wehres. Deshalb wurde der Querschnitt Fig. 3 gewählt. Wenn der Ingenieur feste Wehre in schiffbare Ströme baut, so muss er sie oft so entwerfen, dass der senkrechte Absturz der Wassermassen mit solcher Wucht vor sich geht, dass unterhalb des Wehres dadurch gleichsam ein Stillstand eintritt, was das Einlaufen der Boote in die Schleusen ungemein erleichtert; natürlich muss bei dieser Art Anlagen die Sohle des Flusses unterhalb des Wehres vor Auskolkung geschützt werden. Wo man Wehre auf kiesigem Untergrunde erbaut, müssen sie durch Roste wie sie in Figur 4 resp. 7 gezeichnet sind, geschützt werden. Passiert bei hohem Wasserstand das Wasser das Wehr, so stürzt es zuerst gegen den Rost der es so ablenkt, dass ein senkrechter Strudel entsteht, dessen Zentrum weit genug unterhalb des Wehres liegt, was diesem die nötige Sicherheit gewährt. In den in Figur 4 handelt es sich um eine Stauhöhe, die am Wehre bei niederem Wasserstande 14 Fuss beträgt. Die senkrecht abstürzende Wassermasse wühlte in einer Entfernung von 70-80 Fuss einen Graben aus, dessen Mittellinie dem Wehre parallel lief; er war 25-30 Fuss tief und ging von Ufer zu Ufer quer durch das Flussbett hindurch. Die Breite des Rostes muss der Höhe des Wehres angepasst sein, damit sie den ersten Anprall des Wassers abfangen kann.

Der Rost wird sowohl wagrecht als auch aufwärts geneigt angelegt.

Die Stelle, welche am schwierigsten zu schützen ist, ist bei a und b, wo die Enden dieses Grabens das Vorland oder andere Anlagen treffen.

Der Muskingum.

Das Becken dieses Stromes umfasst im Staate Ohio ein Gebiet von ungefähr 8,000 Quadratmeilen. Im Jahre 1840 wurde der Strom von dem Staate bis Zanesville, 75 Meilen oberhalb seiner Mündung reguliert; innerhalb dieser Strecke wurden 10 hölzerne Wehre errichtet, deren Stautiefe zwischen 9 und 17,7 Fuss schwankt, das Mittel ist etwa 11 Fuss. Diese Dämme variieren auch in der Länge, zwischen dem Vorland und den Schleusenmauern, zwischen 472

und 848 Fuss, die mittlere Länge ist ungefähr 511 Fuss. Die Sohlenbreite der Wehre schwankt zwischen 36 und 50 Fuss.

Im Jahre 1887 gab der Staat die Wehre und Schleusen an die Vereinigten Staaten ab, welche die meisten Wehre neu erbaut und die Schleusen verbessert haben. Die ersten Wehre hatten zwei Stufen auf ihrer flussabwärts gelegenen Seite, doch sind diese, wie schon erwähnt worden, in schiefe Ebenen umgewandelt worden.

In der langen Geschichte des Wehrbaues wurden nur einige von ihnen ernstlich vom Eis beschädigt und zwar i. J. 1852, wo bei einem Wehre die Krone in einer Länge von 50 Fuss zerstört wurde. Wenn sich dickes Eis in den Stauwassern und ebenso auch in einigen seiner Zuflüsse bildet, so flutet es gewöhnlich über die Wehre, wodurch es in solch kleine Stücke zerbricht, dass es nahezu gefahrlos für die Schiffe ist.

Herr F. P. Roberts, Ingenieurassistent der Vereinigten Staaten, sagt in einem Berichte über eine Inspektion des unteren Theiles des Flusses vom Jahre 1878 folgendes :

« Während der 40-jährigen Periode der Schleusenschiffahrt auf dem Muskingum ist nicht ein einziger durch Eis hervorgerufener Schiffsunfall zu verzeichnen; diese Tatsache kann als Argument für die Durchführung von Flussregierungen ins Feld geführt werden. »

Es wird allerdings auch von gelegentlichen Eisstauungen an engen Stellen des Flusses berichtet. In einem solchem Falle scheint diese Stauung ein Ueberfliessen des Flusses und eine Ueberschwemmung der anliegenden Landstrecken verursacht zu haben und auch eine Brücke über den Fluss teilweise zerstört zu haben. Wahrscheinlich würde ein derartiges Packeis ein Schiff beschädigt oder gar zerstört haben, wenn es von demselben eingeschlossen worden wäre, ehe das Eis durch den Absturz über das Wehr zerstückelt war.

Nach den Berichten bricht das Eis des Muskingum in der Mitte zuerst auf wodurch auf beiden Seiten des offenen Kanales eine Auf-türmung von Eis entsteht, wie dies auch am oberen Allegheny beobachtet wird.

Was hier am meisten interessiert, ist die Tatsache, dass am Muskingum das Treibeis, das auch grosse Massen von Packeis in sich schliesst, über die Wehre stürzt ohne diese zu beschädigen.

Der Monongahela.

Er entspringt in den Gebirgen West-Virginiens und entwässert ungefähr ein Gebiet von 7 000 Quadratmeilen. An seinem vierten Wehre sind Hochfluten beobachtet worden, die eine Tiefe des Fahrwasserkanals von 42 Fuss erzeugen, was einem Wasserstand von 36 Fuss über Niederwasser entspricht; die grösste Hochflutwelle wurde auf dem Ohio im März 1807 bei Pittsburg mit einer Höhe von 36 1/2 Fuss über Niederwasser verzeichnet. Der Monongahela liefert das seltene Beispiel, dass der Nebenfluss ein weit weniger geneigtes Strombett hat als der Hauptstrom, in den er sich ergiesst; sein höchster Flutenstand ist bei Brownsville, 57 Meilen oberhalb Pittsburg.

Die Winter in seinem Quellgebiet sind im allgemeinen viel milder als die in dem Entwässerungsgebiet des Allegheny, mit dem er zusammen den Ohio bildet, dennoch bildet sich öfter auf seinen Zuflüssen Eis von 15—18 Zoll Stärke, wodurch Eisstauungen auf dem Cheat und dem Youghiogheny hervorgerufen werden. Das Stromgefälle des letzteren schwankt auf eine Entfernung von 50 Meilen oberhalb seiner Mündung zwischen 2 und 5 Fuss per Meile; und längs dieser Strecke sind die Eisstauungen sehr häufig, ja sie verursachen sogar manchmal Zerstörungen an Eisenbahnen und anderen Anlagen.

Auf dem Monongahela vermag man bis zum Wehr N^o 5 durch den ununterbrochenen Dampfer- und Flossbetrieb fast ständig eine Fahrrinne offen zu halten, trotz einer Temperatur, die zuweilen unter den Nullpunkt des Fahrenheit-Thermometers (—18°C) sinkt. Der Monongahela ist seit 1841 bis Brownsville, 50 Meilen oberhalb Pittsburg, mit Stauanlagen versehen, seit 1883 bis südlich des Cheatflusses auf eine Strecke von 90 Meilen, und seit 1903 bis nach Fairmont, auf etwa 130 Meilen; insgesamt wurden 15 Wehre errichtet, über deren Konstruktion Figur 8 genauen Aufschluss giebt.

Im Jahre 1897 wurden von den Vereinigten Staaten die Stauanlagen bis zum achten Wehre, bis wohin die Flussregulierung von einer Privatgesellschaft unternommen worden war, für 3 700 000 \$ angekauft. Die Anlage bestand aus Wehren aus Holzconstruction, mit gemauerten Schleusen; obgleich am Unterlaufe des Flusses Wehre mit Doppelschleusen vorhanden waren, so erwiesen sich diese für einen jährlichen Umsatz von über 11 000 000 Tonnen doch zu klein. Neue Betonschleusen und Wehre werden errichtet mit

doppelten Schleusen an jeder Seite, die 360 Fuss lang und 56 Fuss breit sind. Die Wassertiefe über dem Drempeel ist 8 Fuss, doch wird sie zur Zeit des Tiefwasserstandes durch 40 Fuss lange Trommelwehre um 3 Fuss erhöht. Mittels comprimierter Luft wird das Wasser aus den Trommeln entfernt, wodurch sie in die Höhe gehen und durch hydrostatischen Druck gehoben bleiben, der durch den Abfluss in der Schleusenanlage erzeugt wird (siehe Figur 7).

Die alten hölzernen Wehre haben an der Basis eine Breite von 60 Fuss (Fig. 6), und da keines von ihnen tiefer fundiert worden ist, so haben sie alle bei starkem Treibeisgang schwere Beschädigungen erlitten. Das Treibeis schnitt ihre Kronen ab und nachdem einmal ein Loch vorhanden war, wurde in fünf Fällen das Holzwehr bis zur Basis ausgewaschen; im Jahre 1882 wurde zum letzten Male eine Unterwaschung festgestellt, die 120 Fuss breit und 40 Fuss tief unter dem Unterwasser war und volle 30 Fuss noch unter die am tiefsten eingerammten Balken des Wehres hinabreichte. Der Schaden wurde dadurch beseitigt, dass man zunächst das Loch bis auf 25 Fuss mit schweren Blöcken aus Hochofenschlacke anfüllte und dann eine in das Loch passende Holzkonstruktion heranflösste und diese so schnell als möglich einführte und anfüllte. Auf diese Weise gelang es schon in 5 Fällen Lücken erfolgreich auszufüllen, ohne die Anwendung von V Dämmen oberhalb der Bruchstelle. Es ist bekannt dass das Treibeis des Youghiogheny sich vor dem Wehr N^o 2 anstaute und nicht über dasselbe floss bei einem Wasserstand von 10 Fuss unter der Krone. Die oben erwähnten schweren Beschädigungen ereigneten sich, wenn Eisgang und Hochwasser zusammen kamen und die Wassertiefe unter der Krone weniger als 10 Fuss war.

Die auf dem Monogahela gemachte Erfahrung beweist, dass die früher eingetretenen Unfälle durch den Kamm des Holzwehres hervorgerufen worden sind; selbst in dem Falle, dass man die Kämme der Wehre durch eiserne Platten schützt bleibt doch noch immer die Frage ungelöst, ob dadurch vielleicht nicht ein Druck erzeugt zu werden vermag, der durch eine andere Anlage des Kammes fast gänzlich vermieden werden könnte.

Der Allegheny.

Er ist 325 Meilen lang und entwässert ein Areal von nahezu 12 000 Quadratmeilen.

Infolge der natürlichen Verhältnisse oberhalb des obersten der

3 festen Wehre, die von den Vereinigten Staaten zur Hebung der Schiffahrt auf dem Allegheny angelegt worden sind, ist gerade dieser Strom an der bezeichneten Stelle weit mehr zerstörenden Wirkungen von Eisstauungen ausgesetzt als irgend ein anderer in dem Becken des Ohio. Eine Eigentümlichkeit beim Allegheny rührt daher, dass der Kiskiminitas, sein Hauptnebenfluss, viel weiter nach Süden reicht als die anderen Nebenflüsse aus dem Gebirge, wodurch seine Eismassen viel früher in Bewegung geraten wie diejenigen des Hauptstromes selbst. Dieser Umstand wirkt äusserst günstig auf die Eisverhältnisse beider Ströme ein, indem unterhalb des Zusammenflusses das Bett des Hauptstromes vor dem Eintreffen der Eismassen aus seinen oberen Gebieten eisfrei wird; bildet sich dagegen noch Eis auf dem oberen Allegheny zur Zeit des Einsetzens der Frühlingshochflut des Kiskiminitas, so entstehen durch die Stauwasser des letzteren auf jenem 28—30 Fuss hohe Eisstauungen, die sich 25 Meilen weit, und oft noch mehr, ausdehnen; und sogar diese gewaltigen Eismassen passieren Pittsburg, Pa., ohne ernste Gefährdung der Schiffahrt sowohl als auch der Stauanlagen im Allegheny selbst. Wird jedoch das Eis gelegentlich durch ein geringes Steigen des Stromes losgerissen, so wird dadurch sehr grosser Schaden verursacht, da das schwimmende Eis sich aufstaut und alles auf seinem Wege befindliche wegrasiert. Anscheinend genügen jedoch ein paar Tage warmen Sonnenscheins, um die Structur der schweren Eismassen derart zu verändern, dass sie leicht wieder in einzelne kleine Stücke und Stückchen zerbrechen; da man sich jedoch nicht immer auf diesewohlthätige Mithülfe der Natur verlassen kann, so wünscht sich der Wasserbauingenieur, dass irgend welche Anlagen oberhalb seiner Bauten den ersten Anprall der Eismassen aushalten.

Im oberen Teile des Allegheny entstehen Eisstauungen meist an starken Krümmungen, an den stromaufwärts gelegenen Endpunkten von Inseln, etc.; und in den letzten 50 Jahren wurde oft genug beobachtet, dass viele der kleinen zahlreichen Inseln und Sandbänke fortgeschwemmt wurden und neue entstanden; zuweilen werden sogar Untiefen in Plätze mit tiefem Wasser verwandelt und umgekehrt; mit Ausnahme der Flussstrecken, wo das Bett aus festem Gestein besteht, kann man die Entstehung sämtlicher Inseln, Sandbänke, etc. den Wirkungen des Eises zuschreiben, infolge dessen sie auch den Wechselfällen, denen dieses ausgesetzt ist, selbst unterworfen sind.

Als Endresultat der in dem Allegheny angelegten festen Wehre

kann man eine bedeutende Verbesserung der Stromverhältnisse während der Eisperiode auf dem Unterlaufe des Stromes feststellen, wo er durch bewegliche Wehre corrigiert wurde, und beim Ohio gerade unterhalb der Einmündung des Allegheny. Vor der Anlage der festen Wehre führte der Allegheny aus seinem Oberlaufe grosse Eisschollen nach seiner unteren Region mit sich, wodurch das Zufrieren des Flusses an den Stellen der jetzigen festen Wehre begünstigt wurde, während nach der Erbauung der festen Wehre selten Treibeis oder gar Stau eis die Wehre überflutet. Geschieht dies doch, dann zerbricht es: wahrscheinlich wird gegen früher nun weit weniger Stau eis entstehen und dadurch sich auch die Gefahr für die Schifffahrt verringern. Feste Wehre können daher innerhalb des durch sie korrigierten Bereiches des Stromes die Dauer der Schifffahrt einschränken, doch wird dieser Nachteil reichlich dadurch aufgehoben, dass sie unterhalb besagter Zone die Eisverhältnisse von Strömen mit südlichem Laufe entschieden verbessern.

Der Schnitt des Wehres durch den Allegheny, den Figur 1 darstellt, hat auf der stromaufwärts gehenden Seite eine senkrechte Wand und wird später erläutert werden.

Der Schuylkill und der Susquehanna.

Der Schuylkill ist ein Nebenfluss des Delaware und erstreckt sich bis in das Anthracitkohlengebiet von Pennsylvanien; er wird deshalb hier angeführt, weil er schon vor mehr als 70 Jahren eine grössere Strecke oberhalb Philadelphia kanalisiert worden ist. Die zuerst hier angelegten Wehre worden mit Scheitelkämmen versehen und nach dem s. g. Blockhaustypus aufgeführt, doch wurden diese des öfteren durch Eis schwer beschädigt, ja sogar zerstört. Nach längeren Beobachtungen entdeckte man endlich — wie, kann hier augenblicklich nicht näher erläutert werden — dass ein Wehr mit derselben Basis und einer senkrechten Wand nach der stromaufwärts gehenden Seite, indes halb so hoch wie breit (an seiner Basis) viel besser den verheerenden Wirkungen des Eises als die alte Art zu widerstehen vermöchte; weshalb denn auch diese Art zur Norm bei der Regulierung des Schuylkill wurden.

Wegmann (1) verweist auf die Annahme des Schuylkill Typus

(1) *Design and construction of dams*, by EDWARD WEGMANN, C. E. M. A. S. C. E., 1899.

bei der letzten Neuanlage des Wehres durch den Susquehanna bei Columbia, Pa.

Columbia ist unterhalb eines Entwässerungsareals von beinahe 30,000 Quadratmeilen gelegen : denn viele Meilen ober- und unterhalb dieser Stadt ist der Susquehanna, ein sehr breiter, aber seichter Strom, dessen Wassermassen über ein felsiges Bett dahin stürzen, aus dem bei tiefem Wasserstande viele einzelne Blöcke hervorragen. Sein Gefälle ist zu gross, um für die Interessen der Schifffahrt nutzbar gemacht zu werden und, mit Ausnahme einiger weniger Plätze, zu unbedeutend, um zur Ausnutzung seiner Wasserkraft einzuladen.

Columbia ist einer dieser Plätze, wo noch vor der Mitte des verflossenen Jahrhunderts auf dem felsigen Bett des Flusses ein 6,847 Fuss langes Wehr erbaut wurde, dessen Höhe zwischen 5 1/2 und 12 Fuss schwankt; zuerst wurde es aus Holz erbaut und mit einem Scheitel versehen, und später, wie Figur 5 zeigt, mit einem flachen Kamm. Im Jahre 1857 wurde das alte Wehr auf einer Strecke von 4,219 Fuss vom Eis hinweggerissen; 1873 wurden 946 Fuss in derselben Weise zerstört; 1875 wurden 1,085 Fuss vom Eis vernichtet, und in demselben Jahre wurde seine stromabwärts gerichtete Seite auf einer Strecke von 2,649 Fuss schwer beschädigt. Wegmann bemerkt daher, dass infolge dieser Erfahrungen 1873 das Wehr nach dem Schuykilltypus mit einer breiten Krone erbaut wurde, wodurch man sehr befriedigende Resultate erzielte.

Den St-Lorenzstrom in Canada ausgenommen, führt der Susquehanna in seiner Eisperiode mehr Eis alljährlich nach dem Atlantischen Ozean als irgend ein anderer Fluss auf der Ostseite Amerikas. Infolge seiner grossen Breite bei Columbia kann sich sein Bett nicht von Ufer zu Ufer mit Eis anfüllen, doch vermögen sich auch hier stellenweise enorme Eismassen anzuhäufen, die gegen Bauten in dem Strome einen ganz gewaltigen Druck ausüben können.

Wehre, mit annähernd gleichem Querschnitt, sind auch auf dem Allegheny angewandt worden (Fig. 1) und Herr J. W. Arras, Ingenieurassistent der Vereinigten Staaten, der beim Bau der Wehre beschäftigt war, schreibt :

« Im Jahre 1900 wurde der Querschnitt des Wehres N° 3 des Allegheny bei Springdale mit abgerundeter Krone verlassen und eine horizontale Bekrönung von 10 Fuss Breite gewählt mit senkrechter Vorderwand flussaufwärts (Fig. 1). Das Wehr wurde 1904 fertig gestellt und ist zur vollen Zufriedenheit ausgefallen und es

ist vollständig ausser Zweifel, dass diese Konstruktion richtig eronnen ist, um dem Anstürmen des Hochwassers und mächtiger Eisstopfungen ohne Schaden zu begegnen. Im Winter 1904-1905, der nach aller Erinnerung einer der strengsten war, passierten mehrere gewaltige Massen Stau eis das Wehr bei Springdale, ohne irgendwie die Anlage zu beschädigen. Anstatt die geneigte Vorderfläche hinanzugleiten und sich daselbst anzuhäufen, wie es der Schreiber öfters bei geneigten Wehren beobachtet hat, zeigen die Eismassen beim Passieren dieser Wehre die Neigung, sich auf der Krone des Wehres zu spalten; eine Neigung des Eises, sich auf dem Wehr aufzulagern oder gegen dasselbe sich anzuhäufen, ist seither bei Springdale nicht beobachtet worden. »

Am Schluss seiner Ausführungen gesteht der Verfasser offen zu, dass er sowohl von theoretischem wie praktischem Standpunkte aus noch manches über Wehre und deren Bau unerörtert gelassen hat; er wollte nur deren Wert vom Gesichtspunkte praktischer Ingenieure aus erörtern, sowie die zweckmässigste Form deren Anlage zum Ueberfluten der Eismassen. Die Gründe, weswegen die Ingenieure abgerundete Wehre mit senkrechter Wand stromaufwärts begünstigen, bauen sich auf folgender Erwägung auf.

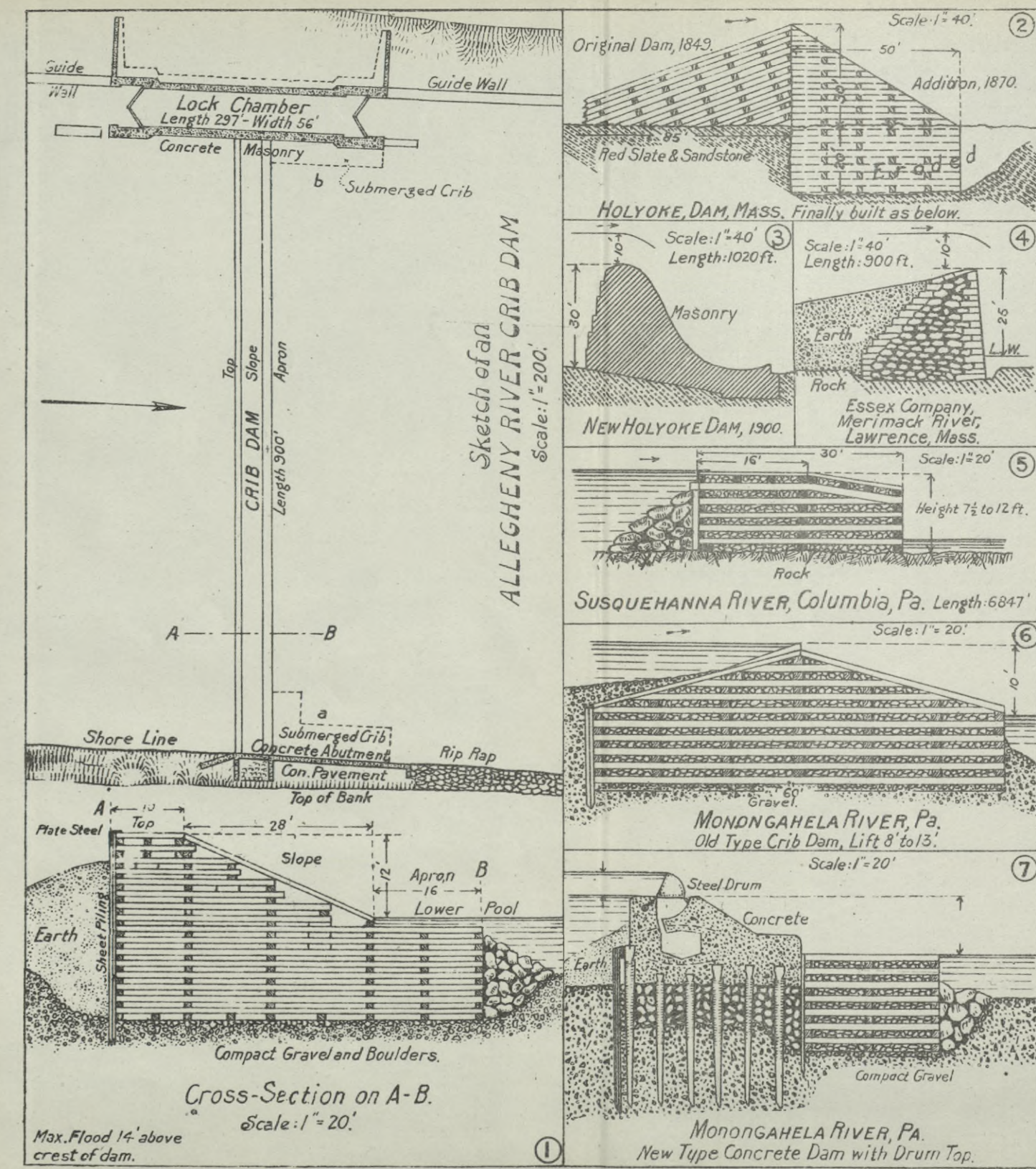
1) Wenn grosse Eisschollen durch Anprall an eine senkrechte Wand aufgehalten werden, so sinken sie längs ihrer stromaufwärts gerichteten Kante unter und stauen sich senkrecht mit ihrer breiten Seite gegen das Wehr; ragen Teile solcher Eismassen über die obere Krone des Wehres hervor, so werden sie von den neu ankommenden Eismassen abgebrochen, sinken dann vermutlich wieder in der zuerst angegebenen Weise unter und lagern sich dann senkrecht vor dem Wehre. Dieser Process wird sich wohl unendliche Male wiederholen, wobei fast gar kein oder nur wenig Druck gegen das Wehr ausgeübt wird, und die untergetauchten Eisstücke lagern sich blos in der Ausdehnung des Wasserspiegels stromaufwärts, denn selbst bei Vorhandensein auch nur der kleinsten Strömung kann sich das Eis auf seiner Flachseite nicht auflagern.

2) Im Falle dass das Wehr eine stromaufwärts gerichtete Böschung hat, werden tief genug schwimmende Eisschollen daran hinaufgleiten und mit einem grossen Teile ihres Gewichtes aus dem Wasser hervorragend; andere Eisschollen treffen auf die schon stillstehenden und formen dann ein Gebilde, das dem ersten Holyoke Wehr ähnelt, worauf hingewiesen wird, um sich davon eine Vorstellung machen zu können. Wenn ein solches Anhäufen

von Eismassen auf den Kamm des Wehres allerdings längere Zeit dauern sollte, so dürfte vermutlich ein gefährlicher Druck gegen das Wehr oder eine starke Pression gegen dessen Fundamente ausgeübt werden.

Nach den in Amerika gemachten Erfahrungen scheint man wegen des Eisgangs auf den Strömen Wehre mit senkrechter Vorderfläche und möglichst flachem Kamm bei feststehenden Wehren vorzuziehen. Die untere Böschung des Wehres sollte derart gestaltet sein, dass das überstürzende Wasser, das grosse Eisschollen mit sich führt, das Wehr selbst nicht zu unterkolken vermag.

W. L. SIBERT.



Dams No.	Pools Length Miles	Dams Lift Ft.	Dams Length Ft.	References
1	9.5	4.40	962	D
2	12.7	7.70	808	A.C.
3	17.2	8.00	683	A.C.
4	18.7	11.50	703	D
5	9.7	10.90	573	D
6	14.1	13.30	628	D
7	4.8	9.20	525	D
8	5.8	10.60	600	D
9	9.3	12.35	410	E
10	2.3	10.66	450	B
11	4.9	10.66	468	B
12	2.0	10.67	442	B
13	3.7	10.67	417	B
14	8.6	10.66	391	B
15	5.0	10.67	422	B
OHIO RIVER				
1	5.4	7.00	716	G
2	10.0	11.00	1274	F
3		12.00	900	F
ALL R.				
1	6.6	3.12	1224	G
2	4.4	7.74	1002	G
3	1.8	7.74	1068	G
4	7.5	7.64	1108	G
5	5.5	8.488	1020	G
6	5.0	7.20	1000	G

