

IX. INTERNATIONALER SCHIFFAHRTS-CONGRESS.
DÜSSELDORF — 1902.

I. Abtheilung.

I. Mittheilung.

Anlage von Stauweihern.

Mittheilung

von

F. Thiele,

Baurath zu Minden i. W.

und

C. Ruprecht,

Wasserbauinspector zu Berlin.

Münster i. W.

Buchdruckerei von Johannes Bredt.

1902.

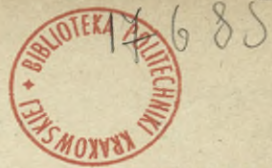
Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000316112

30.5.167/2018

~~III 17685~~



III-307083

Anlage von Stauweihern

für Zuschusswasser, um den Niedrigwasserstand schiffbarer Flüsse zu heben.

Mittheilung

von

F. Thiele

Baurath zu Minden i. W.

und

C. Ruprecht,

Wasserbauinspector zu Berlin.

Auf dem letzten Schifffahrtskongresse wurde durch den zweiten Beschluss in der ersten Frage unter den Mitteln, welche sich zur Verbesserung der Flüsse und der Schifffahrtsverhältnisse darbieten, die Anlage von Sammelbecken empfohlen, die bestimmt sind, einerseits den Niedrigwasserstand zu heben und andererseits in gewissen besonderen Fällen die Höhe des Hochwassers zu verringern; auch ist dabei auf den Vortheil hingewiesen, diese Anlagen als Kraftquellen auszunutzen. In diesem Beschluss ist schon die Verschiedenheit der Zweck angedeutet, denen die Aufspeicherung der Niederschläge dienen soll. Danach zerfallen die Sammelbecken in zwei Hauptarten, nämlich in die Nutzwasser- und Schadenwasserbecken, welche einander durch die Art der Benutzung völlig entgegengesetzt sind, da die ersteren möglichst gefüllt zu halten, die letzteren dagegen jedesmal möglichst rasch wieder zu entleeren sind. In manchen Fällen wird man aber sehr zweckmässig beide Arten von Becken in einer Anlage vereinigen können. Bezeichnet man nach dem Vorgange des Herrn Geheimen Regierungs-Raths Intze mit Schadenwasser den Theil des Hochwassers, welcher vom Flusslauf ohne Nachtheile nicht abgeführt werden kann, so lässt sich aus dem Verlaufe des ungünstigsten Hochwassers die Menge des Schadenwassers für das Abflussgebiet bestimmen, und der Fassungsraum eines Hochwassersdruckbeckens muss, um seinem Zweck voll zu genügen, mindestens diese Grösse erreichen, unter der Voraussetzung, dass man das Becken stets beim Eintritt von Schadenwasser, ganz entleert bereit halten kann. Aus wirthschaftlichen Gründen wird man wohl in der Regel darauf verzichten müssen, auch beim

seltensten ausserordentlichen Hochwasser die ganze Schadenwassermenge zurückzuhalten; man wird den Beckeninhalt für einen etwas weniger selten eintretenden ungünstigen Fall ausreichend bemessen und dem Unheil, soweit es sich damit nicht abwenden lässt, seinen Lauf lassen. Ist der Fassungsraum grösser, so kann der überschliessende Theil desselben als Nutzwasserbecken betrieben werden. Da die Grösse der Schadenwassermenge nach den klimatischen und wirthschaftlichen Verhältnissen für die verschiedenen Jahreszeiten sehr verschieden sein kann, so kann unter Umständen ein für die grösste Schadenwassermenge gerade ausreichendes Becken für einen grossen Theil des Jahres auch als Nutzwasserbecken dienen; aber im Allgemeinen ist eine Benutzung für Schaden- und Nutzwasser nur möglich, soweit der Fassungsraum des Beckens den Bedarf für den einen Zweck überschreitet. Eine solche Vergrösserung des Fassungsraums wird aber dadurch stets eine Ersparniss an Anlage- und Betriebskosten bieten, dass die Ablassvorrichtungen geringere Grösse zu haben brauchen. Diese haben beim reinen und vollkommenen Schadenwasserbecken nur die unschädliche Hochwassermenge abzuführen, während beim reinen Nutzwasserbecken, welches manchmal beim Eintritt eines grossen Hochwassers bis zum Rande gefüllt sein kann, annähernd die grösste sekundliche Hochwassermenge abgeführt werden muss, da der Raum über dem Spiegel des gefüllten Beckens, welchen das Wasser noch ohne Gefahr und grösseren Schaden ausfüllen darf, in den meisten Fällen zu gering ist, um einen erheblichen Theil des Schadenwassers noch aufzunehmen. Es werden aber nicht nur die Ablassvorrichtungen eines Nutzwasserbeckens durch Hinzufügen eines Schadenwasserraumes entlastet, sondern auch die Zuthat eines Nutzwasserraumes zu einem Schadenwasserbecken bietet ähnliche Vortheile dadurch, dass bei guter Aufsicht und geordnetem Nachrichtendienst noch vor dem Eintreffen eines im Entstehen begriffenen Hochwassers eine grosse Nutzwassermenge in unschädlicher Weise abgelassen und so der Schadenwasserraum vergrössert werden kann. Dieser Vortheil ist um so bedeutender, je länger das Zuflussgebiet und je grösser der Zeitraum ist, der zwischen der Meldung und dem Eintreffen des Hochwassers liegt. Bei der ausserordentlichen Mannigfaltigkeit, welche die Vereinigung von Nutz- und Schadenwasserbecken in wirklich vorliegenden Fällen bietet, würde ein Eingehen auf alle diese Möglichkeiten zu weit führen; es sollen deshalb im Nachstehenden nur die reinen Nutzwasserbecken behandelt werden, und zwar hauptsächlich diejenigen, welche Nutzwasser zur Speisung der Flüsse bei niedrigen Wasserständen abgeben.

Bei den Ermittlungen über diese Anlagen kommt in erster Linie der Wasserbedarf in Frage. Dieser lässt sich aus den Pegelbeobachtungen und Wassermengenmessungen ermitteln. Aus den regelmässigen Peilungen der geringsten Fahrwassertiefen des als völlig

regulirt vorausgesetzten Flusses ist der Pegelstand bekannt bei welchem die gewünschte Mindestfahrtiefe eben noch vorhanden ist, und danach lässt sich feststellen, an welchen Tagen und um wieviel dieser Wasserstand unterschritten ist. Aus den Wassermengen, welche diesen Ständen entsprechen, lässt sich dann die Wassermenge bestimmen, welche dem Flusse gefehlt hat, um die Fahrtiefe nicht unter die gewünschte sinken zu lassen. Um dieses Ziel mit Sicherheit zu erreichen, ist aber noch ein erhebliches Mehr an Zuschusswasser aus den Staubecken erforderlich, weil der Zuschuss, um jedenfalls vor Eintritt von Wassermangel wirksam zu werden, zeitig beginnen muss und ebenso das Aufhören der Wasserabgabe nicht genau dem Bedarfe angepasst werden kann; ferner weil bei der nun verhinderten Senkung des Flusswasserspiegels die Speisung des Flusslaufs durch Grundwasser sich vermindert, in den Zubringern auch unter Umständen eine Versickerung zugeführten Wassers stattfindet. Diese Wassermengen müssen der zuerst berechneten zugesetzt werden und ergeben die Gesamtmenge, welche von den Staubecken abzugeben ist. Es wirkt also sowohl die Länge als auch die Anzahl der Fehlwasserzeiträume ungünstig auf den Zuschusswasserbedarf ein. Hat man so aus den bekannten ungünstigen Jahren den grössten Wasserbedarf bestimmt, so lässt sich daraus der erforderliche Fassungsraum der Becken ermitteln. Wenn man sich gegenwärtig hält, dass in den Becken nur dasjenige Wasser für einen bestimmten Nutzzweck aufgespeichert werden darf, welches nicht durch sofortige Verwendung zu anderen Zwecken einen höheren wirthschaftlichen Nutzen gewährt, so ergibt sich der erforderliche Fassungsraum aus der Forderung, dass unter dieser Einschränkung die oben bestimmte Bedarfsmenge und der während der Aufspeicherung durch Verdunstung und Versickerung entstehende Verlust gedeckt sein muss. Es erfordert dies schon einen genauen Betriebsplan für jedes Becken, der eine eingehende Kenntniss der Abflussverhältnisse des Gebiets sowie der Verdunstung und Versickerung im Becken voraussetzt. Wenn sich auch der Bedarf für die anderen Nutzungszwecke, wie z. B. Wirthschafts-, Bewässerungs- und Industrieanlagen mit ziemlicher Sicherheit im Voraus feststellen lässt, so fehlen doch in den meisten Fällen die genügenden Unterlagen betreffs der Abflussverhältnisse und der Verdunstung im Becken; die Grösse der Versickerung lässt sich aber in vielen Fällen trotz sorgfältiger Untersuchung auch nicht annähernd zahlenmässig angeben. Wegen des grossen Einflusses, den diese auf die Wirkung der Anlage hat, der so gross ist, dass in ungünstigen Fällen der ganze Zweck in Frage gestellt wird, ist man genöthigt, jedes stärker durchlässige Gelände für das Becken zu vermeiden, zumal da eine nachträgliche künstliche Dichtung wegen der Kosten meist ausgeschlossen und eine sich aus den feinen Sinkstoffen bildende natürliche Dichtung, wie weiter unten angeführt ist, nicht zuverlässig dauerhaft ist. Es ergibt sich hieraus

ohne Weiteres, dass im Allgemeinen die Verhältnisse für die Anlegung solcher Becken ausserordentlich viel günstiger im Mittelgebirge und Hügellande sind, als im flachen Gelände, welches aus jüngeren Gesteinen sich aufbaut, zumal da auch die Oberflächengestaltung meist in derselben Richtung wirkt. Namentlich das Thalgefälle übt einen entscheidenden Einfluss aus, der für das Mittelgebirge und Hügelland am günstigsten ist. Während im Hochgebirge bei sehr starkem Gefälle der Beckeninhalt im Vergleiche zu den Kosten der Sperrmauer zu klein wird, ist im Flachlande bei dem geringen Thalgefälle eine wegen der Kosten des Grunderwerbs leidlich günstige Stauhöhe meist nicht erreichbar, weil grössere Ortschaften und Verkehrsanlagen in das Becken fallen würden.

Um für eine bestimmte Wasserstrasse die Möglichkeit und Zweckmässigkeit einer Verbesserung der Schifffahrt durch Abgabe von Zuschusswasser zum Niedrigwasser zu untersuchen, wird man also zuerst den Bedarf an Zuschusswasser für verschiedene Stellen seines Laufes feststellen, woraus sich unmittelbar der Bedarf ergibt, welcher von den einzelnen Zuflussgebieten der Nebenflüsse mindestens zu decken ist; denn es kann nach den Verhältnissen zweckmässiger sein, den Zufluss zu vertheilen, statt die grösste erforderliche Menge schon dem obersten Punkte der Schifffahrtstrasse zuzuführen. Alsdann ist das ganze in Betracht kommende Gebiet nach Oertlichkeiten zu untersuchen, welches überhaupt nach ihrer Oberflächengestaltung sich für die Anlage von Staubecken eignet. Soll dies gründlich geschehen, und kommt ein nicht zu kleines Gebiet in Frage, so ist eine mit Höhenlinien versehene Karte nicht zu kleinen Masstabs kaum zu entbehren, da beim Begehen der Gegend zur Auffindung aller passenden Stellen selbst der beste praktische Blick nicht ausreicht, zumal er oft durch die Kulturart des Geländes behindert wird, und das vollständige Begehen eines grösseren Bezirks viel zu zeitraubend ist. Nach mehrmaligem sorgfältigen Durchforschen der Karten kann man sicher sein, in dem dargestellten Gebiet keine irgendwie zur Anlage von Staubecken geeignete Oertlichkeit übersehen zu haben. Zugleich kann man schon von vornherein diejenigen Becken ausscheiden, welche durch zu dichte Bebauung oder Vorhandensein wichtiger, nicht gut zu verlegender Verkehrswege offenbar zu grosse Kosten erfordern würden. Ebenso nützlich ist eine gute geologische Karte des Bezirks, da man auf Grund derselben grössere Gebiete wegen ihrer Durchlässigkeit oder anderer Fehler des Untergrundes von der Untersuchung ohne Weiteres ausschliessen kann. Eine Zusammenstellung der dann noch verbleibenden Becken und überschlägliche Berechnung ihres Fassungsraums, ihrer Grundfläche, ihrer Thalsperre nach Länge und grösster Höhe über Gelände, sowie einige Angaben über die Art und Länge der Zuleitung zum Hauptflusse gehen zweckmässig der erforderlichen örtlichen Untersuchung der ein-

zelen Becken voraus, da man auf Grund dieser Ermittlungen schon überschläglich die Kosten feststellen und die Becken annähernd nach ihrer Bauwürdigkeit zusammenstellen und einen Theil derselben als unwirtschaftlich erkennen kann.

Genauere Unterlagen zur Beurtheilung der Baumöglichkeit und Bauwürdigkeit der einzelnen Weiher hat dann die örtliche Untersuchung zu liefern. Sie umfasst zunächst die geologische Untersuchung des Geländes an der Thalsperre und des Staubeckens, da für die erstere die Festigkeit und Dichtigkeit des Baugrundes, für das Becken die Durchlässigkeit des Geländes in Frage kommt. Diese Untersuchungen sind durch einen Geologen vom Fach auszuführen, der eine genauere Kenntniss des zu untersuchenden Gebietes besitzt, und haben sich auch schon darauf zu erstrecken, ob geeignetes Baumaterial für die Ausführung der Thalsperre in der Nähe zu haben ist, da das Vorhandensein oder Fehlen desselben die Bauwürdigkeit der Anlage oft in entscheidender Weise beeinflusst. Im Gebirge, wo meist tiefe Becken in Frage kommen, welche durch Staumauern abgeschlossen werden, bietet häufig die Ermittlung derjenigen Tiefe Schwierigkeiten, in welcher sich der gesunde Fels finden wird; bei der späteren genauen Untersuchung wird daher noch oft ein sonst gutes Becken aufgegeben werden müssen. Noch schwieriger ist bei den flacheren Becken im tieferen Gelände die Feststellung, ob das Becken selbst, welches bei grösserer Ausdehnung aus verschiedenen Bodenarten besteht, genügend undurchlässig ist, um bis zum Eintritt der Fehlwasserperioden noch das erforderliche Zuschusswasser zu halten, und um die Versumpfung der benachbarten Gebiete durch Drängwasser zu verhindern. Da eine verhältnissmässig geringe Kiesader während der langen Aufspeicherungszeit grosse Verluste herbeiführen kann, und auch eine sehr sorgfältige Untersuchung bei einem grossen Becken von einigen Quadratkilometern Fläche nicht jede solche Ader zeigt, so ist nicht ausgeschlossen, dass ein solches Becken nach der Fertigstellung sich erst beim Betriebe in unerwartetem Maasse minderwerthig erweist. Eine Dichtung wird sich in den seltensten Fällen ohne unverhältnissmässigen Kostenaufwand ausführen lassen, da bei dem wechselnden Wasserstand der bei grossen Becken sehr erhebliche Angriff durch Wellenschlag jede leichtere Deckung angreifen und zerstören kann.

Nach dem Abschluss dieser Untersuchungen verbleiben von den zuerst aus den Karten ermittelten Becken je nach den Verhältnissen eine kleinere oder grössere Anzahl, deren Bauwürdigkeit genauer durch Kostenermittlung festzustellen ist. Die Kosten der Anlage zerfallen in der Hauptsache in die der zu erwerbenden Grundflächen, in die der zu errichtenden Sperre mit den Vorrichtungen zum Ablassen des Nutz- und des Hochwassers, sowie in die für die Veränderungen am Unterlauf erforderlichen Kosten, welche durch Anlage des Staubeckens ent-

stehen, einschliesslich der Entschädigungen für Wasserentziehung an die Besitzer der unterhalb belegenen Triebwerke. Die Kosten des Grunderwerbs sind verhältnissmässig gering bei den im Gebirge belegenen Becken, da einmal die zu erwerbende Fläche bei den hier tiefen Becken nicht sehr gross ist, und dann das Gelände an sich einen geringeren Nutzungswerth haben wird, als das in höherer Kultur stehende, tiefer gelegene. Von vornherein wurden schon alle Becken ausgeschlossen, welche eine grössere Anzahl Ansiedelungen enthalten, wie z. B. die meisten schlesischen Gebirgsthäler, in welchen die langgestreckten Dörfer liegen. Jedoch kann in einem sonst wenig benutzten Thale das Vorhandensein einer Hauptverkehrsstrasse oder Eisenbahn einen grossen Einfluss auf die Kosten ausüben, da die Verlegung derselben von ihrer durch die Natur gegebenen günstigsten Linie meist sehr bedeutende Kosten erfordern wird. Eine Hauptrolle spielen die Grunderwerbskosten bei den flacheren Becken im tieferliegenden Gelände. Die landwirthschaftlich geringwerthigen Böden sind leider auch meist für die Anlage von Staubecken von geringerer Bedeutung, da sie zu durchlässig sind, um das aufgespeicherte Wasser vor Versickerung zu bewahren; die weniger durchlässigen lehmigen Bodenarten dagegen haben schon als Ackerland einen ziemlich hohen Preis, der meistens noch höher wird, wenn das Land wegen seiner Nähe am Wasserlauf als Wiese genutzt werden kann. Nun werden bei Anlage eines flachen Staubeckens hauptsächlich diese Wiesengrundstücke überstaut, wodurch der doppelte Nachtheil eintritt, dass einmal der werthvollere Theil der Grundstücke gekauft werden muss, und ausserdem einem Theil der Wirthschaften die zum zweckmässigen Betriebe nöthigen Wiesen entzogen werden, also auch die übrigen Grundstücke dauernd nur mit grösseren Kosten bewirthschaftet werden können und unrentabel werden. Gerade dadurch können ganz bedeutende Kosten entstehen, zumal, wenn bei Verkleinerung der Gesamtgrundfläche vorhandene werthvolle bauliche Anlagen für den Wirthschaftsbetrieb überflüssig werden. In manchen Fällen kann man unterhalb belegene Thalwiesen zur Bewässerung einrichten und deren Ertrag bedeutend steigern, aber nicht immer ist es möglich, für die in Anspruch genommenen Wiesen ausreichenden Ersatz zu schaffen. Da nämlich der Spiegel des Beckens beim Betriebe grosse und ganz unregelmässige Schwankungen zeigen wird, kann man nicht nur keine Wiesen wieder am Rande des Beckens anlegen, sondern die ganze Fläche am Ufer des geplanten Staubeckens wird bis auf etwa 1,5 m über dem Stauspiegel in ihren Grundwasser-Verhältnissen so verändert, dass auf diese ganze Randfläche eine Verringerung des Werthes um die Hälfte wenigstens eintritt. Die hierdurch entstehenden Kosten sind bei geringem Thalgefälle so bedeutend, das schon dadurch die Anlage flacher Becken zu theuer wird.

Den zweiten wesentlichen Theil der Kosten erfordert das Abschlusswerk mit den erforderlichen Einrichtungen zum gefahrlosen Ab-

führen des Nutzwassers und des Hochwassers. Namentlich für die letzteren sind unter Umständen ganz bedeutende Aufwendungen zu machen, um Katastrophen zu vermeiden, deren materieller Schaden allein den Nutzen der Anlage bei Weitem übersteigen würde. Es ist unter allen Umständen die Forderung aufzustellen und einzuhalten, dass die geplante Thalsperre auch bei dem grössten eintretenden Hochwasser unter den denkbar ungünstigsten Nebenumständen Stand halte, da nur so die Anlage ihren Zweck erfüllen kann. Es sind daher namentlich bei kleineren Sammelgebieten, bei welchen die Unregelmässigkeiten in der örtlichen Vertheilung der Niederschläge sich noch deutlich bemerkbar machen können, die grössten Niederschlagsmengen, welche in der weiteren gleichartigen Umgebung beobachtet sind, mit einer starken Abrundung nach oben zu Grunde zu legen, wenn man nur einigermaassen sicher gehen will.

Ist als Thalsperre eine Mauer zu errichten, so wird diese stets bis auf den festen Fels hinabgeführt und kann dann im äussersten Nothfall vom Hochwasser überströmt werden, wenn die Stärke der Mauer so bemessen ist, dass sie dem Drucke des bis über die Mauerkrone angespannten Wassers Stand hält. Die lebendige Kraft des überströmenden Wassers wird dann dicht unterhalb der Thalsperre wohl noch etwas grössere Zerstörungen anrichten, als dasselbe Hochwasser in ungesperrem Thale gethan haben würde, doch wird der Unterschied nicht bedeutend sein, zumal da durch die Anlage des Staubeckens die grösste sekundliche Hochwassermenge unterhalb vermindert wird, wenn auch häufig nur um einen sehr geringen Betrag. Bei einer Sperrmauer sind die Aufwendungen für die Abführung des Hochwassers verhältnissmässig gering, und man kann die Kosten der Mauer mit ziemlicher Sicherheit ermitteln, wenn die Tiefe genau bekannt ist, in welcher sich der feste Felsuntergrund findet. Leider ist diese genaue Kenntniss vor der Ausführung des Baues nur mit ziemlich hohen Kosten zu erlangen, da einfache Bohrungen zu unsichere Ergebnisse liefern, und man muss daher diese Ergebnisse der Kostenberechnung mit einem angemessenen Zuschlag zu Grunde legen.

Scheinbar günstiger liegen die Verhältnisse, wenn die Thalsperre durch einen Damm gebildet werden kann. Da es sich hier um geringere Stauhöhen handelt, so können an die Tragfähigkeit des Baugrundes entsprechend geringere Anforderungen gestellt werden. Dagegen bedingt die Forderung, dass auch das denkbar grösste Hochwasser ohne Gefährdung der Thalsperre abgeführt werden muss, einen ausserordentlich grossen Kostenaufwand. Besteht die Thalsperre aus einem Erddamm mit oder ohne Kern, so muss jedenfalls eine Ueberströmung des Dammes auch bei starkem Wellenschlag ausgeschlossen sein, da sonst ein Bruch des Dammes unvermeidlich ist. Die Entlastungsvorrichtung muss mit absoluter Sicherheit wirken, und da diese bei allen beweglichen Vor-

richtungen nicht erreicht werden kann, so ist die freie Durchflussöffnung so gross zu bemessen, dass sie in jedem Falle ausreicht. Ferner ist das Sturzbett der Entlastungsvorrichtung so fest herzustellen, dass es die gewaltige mechanische Arbeit des überströmenden Wassers soweit vernichtet, dass der am Ende des Sturzbettes noch vorhandene Rest an dem anschliessenden Theile des Unterlaufs keine Beschädigungen anrichten kann. Aus diesen Ursachen und weil man aus anderen Gründen die Ueberfallhöhe der Entlastungsvorrichtung in engen Grenzen halten muss, ergeben sich ausserordentliche Breiten der Ueberfälle und Sturzbetten, wodurch die Anlagekosten der Staubecken im flachen Gelände sich sehr hoch stellen, und zwar verhältnissmässig um so höher, je kleiner das Zuflussgebiet ist.

Den dritten sehr ins Gewicht fallenden Theil der Kosten erfordert die Aenderung des Wasserlaufs unterhalb der Sperre, welche wegen der Aenderung in der Wasserführung nöthig ist. Zunächst sind alle Stauwerke, welche unterhalb liegen, gerade durch die Anlage des Staubeckens für Fehlwasser erheblich geschädigt, wenn das Becken den grössten Theil des Gesamtzufusses in den trockenen Jahren aufspeichern soll. Der Zweck des Beckens erfordert, dass es bis zum Eintritt des Bedarfs im Hauptflusse möglichst gefüllt gehalten werde, und daraus ergibt sich eine solche Unregelmässigkeit in der Wasserführung, dass die Wassertriebwerke während eines grossen Theils des Jahres ihren Betrieb nicht ordnungsmässig aufrecht erhalten können. Tritt dann der Zeitpunkt ein, dass aus dem Becken Zuschusswasser für den Hauptfluss abgegeben wird, so ist in den meisten Fällen die sekundliche Wassermenge für die vorhandenen Anlagen zu gross, um voll ausgenutzt werden zu können, und da diese Verhältnisse sich in jedem Jahre anders gestalten, ohne dass sie vorher übersehen werden können, so können alle Triebwerke, welche auf das Wasser des Staubeckens angewiesen sind, nicht mehr mit Nutzen bestehen. Hängen diese Betriebe nun noch mit der übrigen Wirthschaft der Eigenthümer eng zusammen, so ist die Entschädigung auch darauf auszudehnen, abgesehen von den mittelbaren Nachtheilen, welche der Nachbarschaft der Anlagen durch ihr Aufhören noch entstehen. Endlich sind je nach der Grösse des Beckens und der Beschaffenheit des Wasserlaufs unterhalb des Staubeckens noch mehr oder weniger bedeutende Aufwendungen zu machen, um ihn in Stand zu setzen, die Zuschusswassermenge ohne Nachtheil für die Anlieger abzuleiten, da in den meisten Fällen bei kleineren Zuflussgebieten das Mittelwasserbett des Wasserlaufs dazu nicht im Stande ist.

Die Nebenvortheile, welche durch die Anlage eines Staubeckens für Fehlwasser entstehen, sind leider nicht sehr hoch zu veranschlagen, da wegen des stark wechselnden Wasserstandes eine landwirthschaftliche Nutzung der Beckenfläche kaum möglich und aus diesem Grunde

sowie, weil dem Hochwasser ungehinderter Durchlauf gelassen werden muss, eine lohnende Fischzucht ausgeschlossen ist. Der grösste Nutzen entsteht dadurch, dass in vielen Fällen, namentlich bei kleineren Hochfluthen, der Wasserablauf unterhalb der Staubecken sich günstiger vollzieht; bei aussergewöhnlichen Hochwassern findet aber nur eine geringe Abschwächung der grössten sekundlichen Menge statt, wenn die Hochfluth das Becken gefüllt vorfindet und die Oberfläche desselben im Verhältniss zum Zuflussgebiet nicht sehr gross ist.

Den wirtschaftlichen Nutzen der Staubecken zur Gewinnung von Zuschusswasser für Schiffahrtstrassen genau zu ermitteln, ist natürlich nur möglich unter Berücksichtigung aller Verhältnisse des Gebietes dieser Strassen und der entstehenden Veränderungen in benachbarten Verkehrsgebiete.

Um aber den Gewinn an Frachtkosten während eines Fehlwasserzeitraums überschläglich zu ermitteln, kann man folgendes Annäherungsverfahren anwenden. Bezeichnet a die Anzahl der Kubikmeter in der Sekunde, welche erforderlich ist, um den Wasserstaud der Schiffahrtstrasse um je einen Centimeter zu erhöhen, ferner m die Mehrladung in Tonnen, welche durchschnittlich ein Fahrzeug auf dieser Wasserstrasse für einen Centimeter Vergrösserung der Tauchtiefe aufnehmen kann, n die Anzahl der voraussichtlich täglich während des Zeitraums die zu verbessernde Strecke durchfahrenden Schiffe, und f die Frachtkosten für eine Tonne für den in Betracht kommenden zu verbessernden Weg abzüglich der Abgaben und reinen Zugkraftkosten, welche innerhalb der Grenzen der hier vorkommenden Tauchtiefen für die Tonne gleich angenommen werden mögen, und endlich k die Kosten für 1 cbm Zuschusswassers, die sich aus den Zinsen der Staubeckenanlagen und aus deren Betriebskosten zusammensetzen, so ergeben sich für einen Tag die Kosten des Zuschusswassers zu $24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot a \cdot k$, denen eine Ersparniss an Frachtkosten von $n \cdot m \cdot f$ gegenübersteht. Der Reingewinn an Frachtkosten ist demnach für einen Tag

$$G = n \cdot m \cdot f - 86\,400 \cdot a \cdot k$$

oder für eine Tonne

$$f - \frac{86\,400 \cdot a \cdot k}{n \cdot m}$$

Rechnet man beispielsweise $f = 3,00 \text{ M}$, $n = 100$, $m = 4 \text{ t}$, $a = 1$ cbm, so ergibt sich

$$3,0 - \frac{86\,400 \cdot 1 \cdot k}{100 \cdot 4} = 3,0 - 216 \cdot k$$

als Gewinn für eine Tonne Frachtgut. Vernachlässigt man die geringen Betriebskosten der Stauanlagen und rechnet für die Verzinsung $3\frac{1}{3}\%$ der Anlagekosten K für 1 cbm Wasser, so ergibt sich

$$3,0 - 7,2 \cdot K$$

für eine Tonne. Die Anlagekosten der Staubecken dürfen in diesem

Falle den Betrag von $\frac{3,0}{7,2} =$ rund 0,42 \mathcal{M} erreichen, wenn ein Gewinn an Frachtkosten noch erreicht werden soll. Dieser Grenzwert der Anlagekosten steigt also in geradem Verhältniss mit den reinen Frachtkosten, der Anzahl der täglich verkehrenden Schiffe und deren Fläche in der Wasserlinie und in umgekehrtem Verhältniss mit dem Wasserbedarf für die Vergrösserung der Fahrtiefe. Günstig sind also grosse Höhe der reinen Frachtkosten, grosse Länge der durch das Zuschusswasser zu verbessernden Strecke, geringe Tiefe und Breite, sowie geringes Gefälle derselben.

Die Gesamtmenge des Zuschusswassers hat bei dieser Erwägung keinen Einfluss, Voraussetzung ist natürlich, dass sie lange genug vorhalte, um wirklich ausgenutzt werden zu können und dass, falls sie nicht ausreicht, um den ganzen Fehlwasserbetrag zu decken, durch den raschen Abfall des Wassers nach Aufhören des Zuflusses nicht besondere Verschlechterungen der Fahrinne eintreten.

Da der Nutzen der Gesamtanlage in jedem Falle von der Höhe der Anlagekosten für die Einheit des aufzuspeichernden Wassers abhängt, so ist das Vorhandensein besonders günstiger Oertlichkeiten für die Anlage von Staubecken Hauptbedingung für die Lösung der Aufgabe, die Schiffahrtsverhältnisse eines Flusses auf diesem Wege zu verbessern.

In den Jahren 1899—1901 fanden eingehende Ermittlungen im Odergebiet statt, um die Frage zu klären, ob zweckmässig durch Anlage von Staubecken zur Gewinnung von Zuschusswassern für die Trockenperioden die Schiffbarkeit der Oder verbessert werden könne. Im Besonderen handelte es sich darum, die geringste Fahrtiefe der Oder von der Neissemündung bis zum Einflusse des Bober um 40 cm zu vergrössern; es kam daher für die Staubeckenanlagen nur das Odergebiet oberhalb des Bober in Betracht. Die Untersuchungen haben nun ergeben, dass die Verhältnisse für diese Anlagen nur wenig günstig sind und zwar aus folgenden Gründen:

Wenn auch der Wasserbedarf für die Erhöhung des Wasserspiegels um 1 cm nicht besonders hoch ist, da er nur etwa 0,8 cbm in der Sekunde beträgt, so ist doch das Klima der Gegend ausserordentlich ungünstig, da einerseits ausserordentlich lange Fehlwasserperioden und andererseits bekanntlich ungewöhnlich grosse Hochwasser in den Sommermonaten eintreten. Der Gesamtwasserbedarf stellt sich in trocknen Jahren sehr hoch, dagegen die Niederschlagsmenge alsdann sehr gering, sodass die Becken, welche auch in trocknen Jahren mit Sicherheit gefüllt werden können, ein verhältnissmässig sehr grosses Zuflussgebiet

haben müssen. Dazu kommt, dass die Verdunstung in den Sommermonaten eine sehr bedeutende ist, sodass bei der weiterhin erörterten Nothwendigkeit flacher Becken die Annahme gerechtfertigt ist, es müsse wegen der Verluste durch Versickerung und Verdunstung eine um die Hälfte grössere Wassermenge aufgespeichert werden, als an Zuschusswasser nöthig ist. Es erfordert danach eine Erhöhung des Wasserspiegels des Flusses um 10 cm täglich schon über eine Million Kubikmeter Fassungsraum der Becken. Die andere Eigenschaft des Klimas, dass im Sommer so aussergewöhnlich grosse Niederschläge in kurzer Zeit fallen, erfordert eine besondere Vorsicht in der genügenden Abmessung der Hochwasser-Entlastungsvorrichtungen. Selbst im Flachlande, wo mittlere Jahresregenhöhen von 600 bis 700 mm herrschen, fallen in wenigen Stunden Niederschläge bis 110 mm, also ein Sechstel der durchschnittlichen Jahres-Regenmenge; und zwar, nachdem sehr starker Regen vorausgegangen war. Auf Grund von Beobachtungen geht man nicht zu weit, wenn man für ein Niederschlagsgebiet von 25 qkm 165 cbm Hochwasser in der Sekunde und für jedes fernere qkm noch 1—2 cbm je nach der Grösse rechnet, um nur den bis jetzt sicher beobachteten Erscheinungen Rechnung zu tragen.

Zu diesen ungünstigen klimatischen Verhältnissen gesellen sich in gleicher Weise die Geländeverhältnisse. Die Gebirgsthäler, welche die besten Bedingungen für die Anlage grosser Staubecken bieten, sind in dem erwähnten Theile des Odergebiets fast durchweg dicht mit Ortschaften besetzt, sodass fast keines derselben benutzbar und gar keines besonders günstig war, welches die sonstigen Anforderungen an den Untergrund erfüllte. Einschliesslich des Hügel- und Flachlandes fanden sich in dem ganzen zugehörigen preussischen Gebiete nach Ermittlung auf den Karten 142 Becken mit einem Gesamtinhalt von rund 500 Millionen Kubikmetern näherer Untersuchung werth, wobei bemerkt sei, dass Becken von weniger als je 1,5 Millionen Kubikmetern nur bei besonders günstig erscheinender Lage mitgezählt werden. Von den gesammten 142 Becken wurden 64 örtlich untersucht und dabei 22 mit einem Gesamtinhalt von 157 Millionen Kubikmetern als wahrscheinlich ausführbar ermittelt, während 42 mit einem Gesamtinhalt von 196 Millionen Kubikmetern als zur Ausführung durchaus ungeeignet sich erwiesen wegen des unsicheren Baugrundes, zu grosser Durchlässigkeit oder der inzwischen erfolgten zu starken Bebauung. Von einer örtlichen Untersuchung der übrigen 78 mit einem Gesamtinhalt von rund 147 Millionen Kubikmetern konnte Abstand genommen werden, da aus den Erfahrungen bei den untersuchten Becken mit grosser Wahrscheinlichkeit sich voraussehen liess, dass dieselben entweder nicht ausführbar oder doch zu theuer sein würden. Aus der Zahl der brauchbaren Becken wurden für einige der günstigsten die Kosten genauer überschläglich ermittelt, die folgende Zusammenstellung giebt diejenigen,

bei denen die Kosten für 1 cbm Fassungsraum weniger als 60 Pfg. betragen:

Flussgebiet	Nutzbarer Inhalt Millionen Kubikmeter	Zu ent- schädigende Gelände- fläche qkm	Fassungsraum Gelände- fläche m	Kosten für 1 cbm Fassungs- raum /6
Suchauer Wasser . . .	11,9	6,46	1,84	0,34
Himmelwitzer Wasser .	10,6	9,38	1,13	0,43
Weide	13,4	10,90	1,23	0,47
Striegauer Wasser . .	12,0	3,34	2,82	0,51
Pausebach	24,5	4,42	5,55	0,51
Hotzenplotz	9,2	6,18	1,49	0,53

Man sieht daraus, wie wenig günstig die Geländegestaltung selbst bei den besten Becken ist, sodass sogar bei den drei ersten, welche auf dem rechten Odergebiet sich befinden und sehr geringwerthige Ländereien erfordern, die Kosten schon recht erheblich sind. Die drei übrigen liegen auf dem linken Odergebiet und beanspruchen gute Wiesenflächen und werthvollen Ackerboden, der in sehr hoher Kultur steht. Schon aus diesen kurzen Angaben ergibt sich, in wie beschränktem Maasse es wirtschaftlich nur möglich ist, Zuschusswasser im oberen Odergebiet aufzuspeichern, und wie gering die Erhöhung der Fahrtiefe im Flusse durch Zuschusswasser allein sein kann, wenn man in Betracht zieht, dass die Anzahl der Fehlwassertage im Durchschnitt der Jahre 1890/96 schon 66,3 betrug, eine Zahl, die in besonders trocknen Jahren noch ganz erheblich überschritten wird.

In ähnlicher Weise, wie im Flussgebiet der Oder, sind im Wesergebiet Untersuchungen über die Anlage von Staubecken angestellt. Die natürlichen und wirtschaftlichen Vorbedingungen liegen hier ungleich günstiger, als im Odergebiet, und dementsprechend ist der Erfolg der Untersuchungen ein weitaus besserer. Der Einfluss der klimatischen Verhältnisse äussert sich besonders darin, dass wegen der grösseren Nähe der See die Niederschläge gleichmässiger vertheilt sind, und das namentlich die grossen Sommerhochfluthen des Odergebiets hier gänzlich fehlen, welche dort zu ihrer gefahrlosen Abführung über die Thalsperren so bedeutende Kosten erfordern. Der geringere Unterschied zwischen den Regenmengen der nassen und trocknen Jahre vermindert gleichzeitig die Fehlwassermenge und erhöht die geringste Zuflussmenge eines Sammelgebiets bei sonst gleicher Flächengrösse und durchschnittlicher Jahresniederschlagshöhe, während andererseits freilich durch das Ausbleiben grosser sommerlicher Niederschläge die Zeiten ununter-

brochenen Wassermangels gelegentlich eine im Odergebiete unerhörte Dauer erreichen. Fast das ganze Zuflussgebiet der Weser oberhalb Minden gehört dem Hügellande und Mittelgebirge an, wo nach den vorhergegangenen allgemeinen Erörterungen die Bedingungen zur Herstellung von Staubecken am günstigsten liegen, und hier sind es wieder die Bildungen des rheinisch-westfälischen Schiefergebirges, welche durch ihre Oberflächengestaltung wie durch die Undurchlässigkeit und bauliche Nutzbarkeit ihrer Gesteine die vortheilhaftesten Anlagen ermöglichen. In dem ganzen Gebiet oberhalb Minden haben sich 59 mit einiger Wahrscheinlichkeit ausführbare Becken ergeben, deren nutzbarer Inhalt 561 Millionen Kubikmeter beträgt, und deren Anlagekosten für das Kubikmeter sich auf 1,17 bis 0,11 \mathcal{M} , im Durchschnitt 0,29 \mathcal{M} belaufen. Zieht man hiervon nur die Becken in Betracht, welche bis 0,30 \mathcal{M} /cbm kosten, also billiger sind, als das billigste Becken im Odergebiet, so bleiben noch 34 Becken mit einem Gesamtinhalte von rund 417 Millionen Kubikmetern übrig, bei einem Durchschnittspreise von 0,19 \mathcal{M} /cbm. Zum Vergleich mit den oben angeführten billigsten Becken im Odergebiet seien hier von den beiden zur Ausführung am meisten geeigneten Becken die entsprechenden Einzelangaben gemacht:

Flussgebiet	Nutzbarer Inhalt Millionen Kubikmeter	Zu ent- schädigende Geländefläche qkm	Fassungsraum Geländefläche m	Kosten für 1 cbm Fassungs- raum \mathcal{M}
Eder, oberhalb Hem- furt	49,8	6,0	8,03	0,11
Eder, oberhalb Bring- hausen i. Waldek .	21,9	3,6	6,08	0,13

Ohne Weiteres ergibt sich die bedeutende Ueberlegenheit des Wesergebietes in Bezug auf vortheilhafte Anlage von Staubecken für den gedachten Zweck, zumal da gerade die bauwürdigsten derselben im Gebiete der Quellflüsse liegen, so dass der von dort gegebene Wasserzuschuss dem Strome in seiner ganzen Länge zu Gute kommt. Auch für die gleichzeitige Nutzung der Becken zum Schutze gegen Hochwasserschaden und für andere wirthschaftliche Zwecke sind die Umstände besonders günstig. Wenngleich es bei dem jetzigen Umfange des Schiffahrtsverkehrs auf der Weser noch zweifelhaft sein mag, ob der Bau von Staubecken zur Förderung dieses Verkehrs schon gegenwärtig gerechtfertigt sein würde, so tritt dieser Zeitpunkt doch sofort ein, wenn die Weser ein Glied des geplanten Netzes der neuen Binnenschiffahrtsstrassen wird.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-307083

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000316112