

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

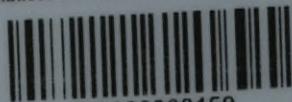
BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

15354

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300159

Kanalisation der Flüsse

Deiche

sonstige Mittel zur Bekämpfung des Hochwassers

Verlag

Handbuch der Ingenieurwissenschaften

Band 10, 1. Teil, 1. Abt.

1911

Verlag

1911

Verlag

1911

Verlag

1911

Kanalisation der Flüsse

und

Deiche

sowie

sonstige Mittel zur Bekämpfung des Hochwassers.

Von

H. Garbe,

Geheimer Baurat und Professor in Berlin.

Sonderabdruck aus:

Handbuch der Ingenieurwissenschaften.

Dritter Band: **Der Wasserbau.**

Zweite Abteilung. 1. Hälfte.

Herausgegeben von

L. Franzius, H. Garbe und Ed. Sonne.

DRITTE AUFLAGE.

F. Nr. 23 740



Leipzig.

Wilhelm Engelmann.

1900.

G. 44

Kanalisation der Flüsse

Die

sonstige Mittel zur Bekämpfung des Hochwassers

H. Garbe

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

III 15354

Handbuch der Ingenieurwissenschaften

Dritter Band: Der Wasserbau

Verlag von

Leipzig

J. Neumann, H. Neumann, P. Neumann

DRITTE AUFLAGE

15354

Leipzig

Wilhelm Neumann

Akc. Nr. 1593/149

Zweiter Abschnitt.

Kanalisation der Flüsse.

Bearbeitet von

H. Garbe,

Geh. Baurat und Professor in Berlin.

(Hierzu Taf. XV u. XVI, sowie 34 Textfiguren)

und

Flufshäfen.

§ 1. Aufgabe und Zweck der Kanalisation. Geschichtliches. Bei der Kanalisation eines Flusses wird durch Erbauung von Wehren eine Hebung (Anstauung) des Wasserspiegels herbeigeführt, mithin das natürliche Gefälle an einzelnen Punkten, den Staustufen, konzentriert. Die Flusstrecken zwischen den Wehren haben dagegen gewöhnlich nur ein geringes Gefälle, sie nehmen den Charakter eines Kanals an und werden deshalb, gleich den zwischen den einzelnen Schleusen liegenden Strecken eines Schiffahrtskanals, Haltungen genannt (vergl. Taf. XVI, Fig. 1). Es entstehen nämlich in den Haltungen infolge der Anstauung größere Durchflußquerschnitte, sodaß das Wasser mit geringerer Geschwindigkeit fließt und nur eines kleinen Gefälles zu seiner Bewegung bedarf. Diese Wirkung tritt unmittelbar oberhalb der Wehre, wo die Hebung des Wasserspiegels am größten ist, am stärksten auf und vermindert sich nach oberhalb allmählich mit der Abnahme der Tiefen und Durchflußquerschnitte. Bei vermehrtem Zufluß, wo die beweglichen Wehre zur Verhütung eines nachteiligen Rückstaus in größerer Weite geöffnet werden müssen, vermindert sich infolge des höheren Standes des Unterwassers die Höhe der Staustufen und es tritt behufs Fortbewegung der größeren Wassermengen in den Haltungen ein größeres Gefälle und eine stärkere Strömung ein. Bei Hochwasser und bei ruhender Schifffahrt während der Wintermonate, wo die beweglichen Wehre völlig geöffnet werden, ist ihr Einfluß unerheblich, sodaß der Zustand des freifließenden Flusses wiederhergestellt ist.

Neben jeder Wehranlage ist eine Kammerschleuse zu erbauen, mittels deren die Schiffe die Staustufe ungefährdet überschreiten (Fig. 1 u. 2). Wo lebhaftere Flößerei besteht, wird auch wohl eine besondere Flossschleuse hinzugefügt. Ferner werden in den größeren Wehren eine oder mehrere Öffnungen mit tiefliegender Sohle hergestellt, um sie als Schiffsdurchfahrt oder Schiffsdurchlaß (*passé navigable*) bei höheren Wasserständen zu benutzen, mithin das mit Zeitverlust verbundene Durchschleusen zu vermeiden. Die übrigen Öffnungen dienen als Flutwehr oder Flutgerinne (*déversoir*).

Die Kanalisation bezweckt in der Regel die Vergrößerung der Wassertiefe behufs Herstellung oder Verbesserung der Schiffbarkeit des Flusses, da die Schifffahrt nur dann lohnend und konkurrenzfähig ist, wenn sie während des größten Teiles des Jahres auf eine ausreichende Fahrtiefe rechnen kann. Kanalisation wird in denjenigen

Strecken eines Flusses zur Anwendung gebracht, deren Wassermenge bei niedrigen und gewöhnlichen Ständen so gering ist, daß sich das gewünschte Fahrwasser bei dem vorhandenen Gefälle nicht durch Regulierung herstellen läßt. Bei

Fig. 1 u. 2. Staustufe der Ober-Seine.

Fig. 1. Lageplan. M. 1:4000.

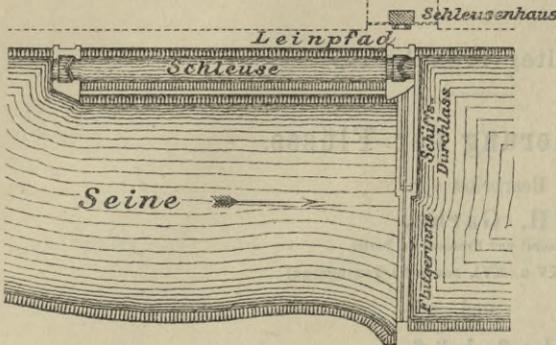
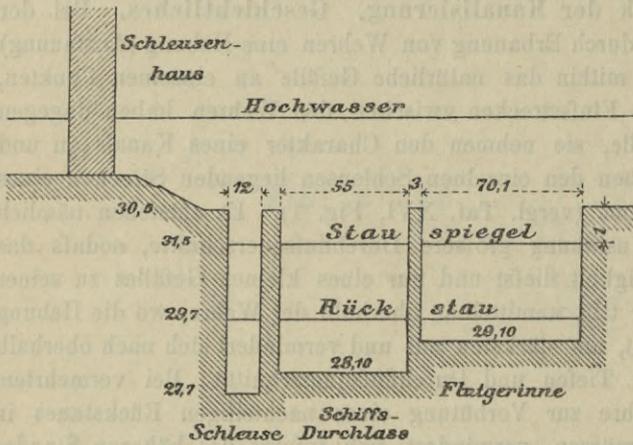


Fig. 2. Durchschnitt des Wehres zu Ablon.

Längen 1:3333, Höhen 1:200.



u. a. nach Kanalisierung der Weser den ausgedehnten Niederungen des Weserthales befruchtendes Wasser in ausreichender Menge selbst bei niedrigen und gewöhnlichen Wasserständen zugeführt werden können; die höheren Wasserstände, während deren die Zuleitung ohne Anstauung des Flusses zur Zeit möglich ist, haben durchschnittlich eine zu kurze Dauer.

Der von Heubach gemachte Vorschlag, die Kanalisierung eines Flusses ohne schiffbare Schleusen derart zu bewirken, daß das Wasser bei kleinen und mittleren Ständen durch ein Leitwerk in einem schmalen Bette zusammengehalten wird, wird nur in seltenen Fällen in Frage kommen können. Abgesehen von anderen Bedenken ist zu berücksichtigen, daß die Bewegungswiderstände der Schiffe viel zu groß sein würden, und es ist bei Flüssen mit geringer Wassermenge die für eine größere Schifffahrt erforderliche Tiefe von 1,5 bis 2,5 m in der vorgeschlagenen Weise überhaupt nicht zu erreichen. Da es sich bei dem Vorschlage um eine „Regulierung“ handelt, kann auf denselben hier nicht näher eingegangen werden.¹⁾

Geschichtliches. Die Entwicklung der Flußkanalisierungen hat hauptsächlich in Frankreich stattgefunden, dessen Flüsse im allgemeinen wegen ihres größeren Ge-

etwas größeren Flüssen ist dies gewöhnlich der mittlere Lauf, da der untere reguliert wird und der obere wegen zu großen Gefälles für die Kanalisierung weniger geeignet ist. In selteneren Fällen, wie z. B. bei der Unter-Brahe, auf der eine lebhaftere Flößerei stromauf betrieben wird, ist die Kanalisierung behufs Mänsigung der zu starken Strömung erfolgt.

Ausnahmsweise, z. B. bei der Kanalisierung der unteren Netze, sind die Wehre nebst Kammerschleusen weniger zur Verbesserung der Schiffbarkeit, als zu Meliorationszwecken erbaut worden, vergl. § 13 unter D.

Die Staustufen geben zuweilen eine erwünschte Gelegenheit, das Wasser oberhalb der Wehre abzuleiten und zur Bewässerung der Grundstücke oder zum Betriebe von Wasserrädern oder Turbinen behufs Kraftgewinnung zu benutzen. Es wird

¹⁾ Heubach. Vorschlag zur Flußkanalisierung ohne Anwendung schiffbarer Schleusen. Deutsche Bauz. 1896, S. 602 u. 630, desgl. 1897, S. 130.

fällen, der größeren Geschiebe, der wilden Hochwasser und namentlich wegen der länger andauernden niedrigen Wasserstände für die Regulierung weniger geeignet sind, als die Flüsse der norddeutschen Tiefebene.

Diese Entwicklung hat sich in der Weise vollzogen, daß die zum Betriebe von Mühlen angelegten Stauwerke anfänglich mit Archen (Schiffsdurchlässen, vergl. Kap. X, S. 92) zum Durchlassen der Schiffe oder Flöße versehen wurden. Solche Archen sollen in Frankreich auf dem Flusse Lot²⁾ seit dem 13. Jahrhundert bestanden haben; sie sind durch Kammerschleusen auf dem Flusse Oureq im Jahre 1528, auf der Villaine im Jahre 1538 und bald darauf auch auf dem Lot ersetzt worden. Nachdem im 17. Jahrhundert die Zeit einer kräftigen Entwicklung der Schifffahrtskanäle angebrochen war (vergl. Kap. XV, S. 369), hielt man diese den regulierten und kanalisierten Flüssen für so überlegen, daß man Seitenkanäle neben den großen Flüssen empfahl. Es wurde um das Jahr 1830 sogar der Entwurf für einen Kanal längs der Seine zwischen Paris und Rouen für 3,5 m Tiefe mit dem Schlagworte „Paris Seehafen“ aufgestellt, während die kanalisierte Seine jetzt 3,2 m Tiefe besitzt, deren Vergrößerung auf 4—5 m vorgeschlagen ist. Man erachtete eine genügende Verbesserung der Flüsse wegen ihrer Krümmungen und der Schwierigkeiten an den Wehren für ausgeschlossen; die Flüsse sollten hauptsächlich zur Speisung der Kanäle dienen. Allerdings war durch die älteren Kanalisierungen mit festen Wehren wenig erreicht worden. Hatte man doch auf dem Lot, der seit Jahrhunderten als das Muster eines kanalisierten Flusses galt und auf 272 km Länge 71 feste Wehre mit einer durchschnittlichen Länge der Haltungen von 3,9 km und einem mittleren Gefälle von 2,2 m besaß, nur 1 m Tiefgang schaffen können.

Erst mit dem Jahre 1834, durch die Erfindung der eigentlichen beweglichen Wehre, nahm die Kanalisierung der Flüsse einen neuen Aufschwung. 1834 nämlich wurde das erste Poirée'sche Nadelwehr an der oberen Yonne zu Basseville eingerichtet, dem 1836 das zweite auf der Loire zu Décize, 1838 das auf der unteren Seine zu Bézons folgten. Seitdem sind hauptsächlich in Frankreich und hierdurch angeregt auch in anderen Ländern viele neue Konstruktionen für bewegliche Wehre vorgeschlagen und bei Kanalisierungen zur Ausführung gebracht worden. Die schon 1834 von Thénard verbesserten, seit dem 17. Jahrhundert auf dem kleinen Flusse Orb eingeführten Klappen, welche nur obere Aufsätze massiver Überfallwehre bildeten, wurden an der Seine zu Courbeton von Chanoine 1850 zu Klappenwehren umgestaltet und 1860 für 29 Wehre der oberen Seine und Yonne zur Ausführung gebracht. Man erzielte eine Fahrtiefe von 2 m bis Paris, während vorher im Sommer nur eine sogenannte intermittierende Schifffahrt zweimal wöchentlich durch Öffnen der oberhalb gelegenen Freiarchen möglich gewesen war. Klappenwehre wurden auch auf der belgischen Maas³⁾ oberhalb Namur und in Nordamerika zur Anwendung gebracht.⁴⁾ Die von Desfontaines erfundenen Trommelwehre sind in Frankreich nur in geringer Höhe von etwa 1 m als bewegliche Aufsätze für Flutwehre, namentlich 1860 an der Marne zur Ausführung gekommen, später sind sie, jedoch in veränderter Konstruktion und in größerer Höhe, auch für den Flossdurchlaß der Mainwehre, sowie im Schiffsdurchlaß der Spree bei Charlottenburg verwandt. Von großem Werte ist ferner die 1874 von Boulé eingeführte Verwendung von Schütztäfelchen vor Nadelwehreböcken. Geringere Bedeutung hat die Einführung von Rolltäfelchen durch Caméré; diese Täfelchen legen sich entweder gegen Nadelwehreböcke oder, wie beim Wehre zu Poses an der unteren Seine, gegen eiserne Pfosten, deren Drehpunkt sich am Untergurt einer eisernen Brücke befindet. Hervorzuheben sind namentlich die Kanalisierungen der Seine mit 28, der Yonne mit 17, der Saône oberhalb Lyon mit 17 Wehren, sowie der Marne, Oise, Aisne, Saar, Maas, Mosel und des Cher.

In Deutschland haben sich die Kanalisierungen ähnlich wie in Frankreich entwickelt. Anfänglich begnügte man sich mit der Einrichtung von Schiffsdurchlässen in den Mühlenwehren, später wurden bei lebhafterer Schifffahrt Kammerschleusen neben den Wehren erbaut und zum Zweck der Schifffahrt noch einzelne Wehre zwischen den Mühlenwehren angelegt. In dieser Weise sind aus kleinen Anfängen die Saale, die Lippe, die Ruhr und Lahn zum Teil kanalisiert worden. Die ältesten Saale-Schleusen (Stauschleusen) bestanden schon 1306 und in der Zeit von 1391—1398 erfolgte bereits die Kanalisierung der Stecknitz und der Delvenau (Stecknitz-Kanal) zur Verbindung der Trave und Elbe.⁵⁾ Ferner gehört zu den ältesten deutschen Anlagen die unter dem Großen Kurfürsten gelegentlich der Erbauung des Finow-

²⁾ Boulé. Le but et l'utilité de la canalisation des fleuves. Vortrag, gehalten auf dem Frankfurter Kongress 1888, auch im Génie civil 1888, S. 2, sowie in Engineer 1889, I. S. 59.

³⁾ Hans. La canalisation de la Meuse. Brüssel 1880. Deutsch von Düsing. Wiesbaden 1884.

⁴⁾ Roloff. Mitteilungen über nordamerikanisches Wasserbauwesen. Berlin 1895.

⁵⁾ V. Kurs. Tabellarische Nachrichten zu der Karte der schiffbaren Wasserstraßen des deutschen Reiches.

Kanals bewirkte Kanalisierung der Finow als Fortsetzung des Kanals zur Oder. Zu erwähnen ist auch die unter Friedrich dem Großen ausgeführte Kanalisierung der oberen Netze⁶⁾ unweit Nakel, welche die westliche Fortsetzung des Bromberger Kanals und durch die Warthe die Verbindung mit der Oder bildet. In der Netze sind gewöhnliche Schützenwehre errichtet; die Kammerschleusen sind in Durchstichen erbaut worden.

In Deutschland wurde die Verbesserung vorzugsweise durch Regulierung erstrebt. Die in der Neuzeit ausgeführten Kanalisierungen, bei denen fast stets Nadelwehre zur Anwendung kamen, sind die der Saar, der Mosel oberhalb Metz, der Unter-Brahe, der oberen Netze, des Mains zwischen Frankfurt und dem Rhein, der Unterspree bei Berlin, der oberen Oder (Kosel bis zur Neisse-Mündung), der Fulda (Kassel bis Münden). Ferner sind zu nennen: die Kanalisierung der Spree bei Fürstenwalde, als ein Teil des Oder-Spree-Kanals und die der Ems unterhalb Meppen, als ein Teil des Dortmund-Emshäfen-Kanals.

In Belgien ist die Maas schon im Jahre 1845 kanalisiert, in Österreich sind die Kanalisierungen des Donaukanals bei Wien und der Moldau und der Elbe von Prag bis Aussig in Angriff genommen. Auch in Amerika sind zahlreiche Flufskanalisierungen zur Ausführung gebracht worden.⁷⁾ Näheres bringt § 13.

Das deutsche Reich⁸⁾ besitzt 2228 km vollständig oder teilweise kanalisierte Flusläufe. Hiervon kommen auf das Gebiet der Memel 20,5, der Weichsel 12,76, der Oder 528,82, der Elbe 641,28, der Weser 311,11, der Ems 109,92, des Rheins 581,46 und der Donau 32,90 km. Es können befahren werden durch Schiffe mit einem Tiefgange von

1,75	1,50	1,00	0,75	unter 0,75 m
153,55	334,32	1582,78	168,16	49,24 km.

Preußen besitzt nach dem Führer auf den deutschen Wasserstraßen 995 km (vollständig) kanalisierter Flüsse.

§ 2. Allgemeine Anordnung. Es können zwei Anordnungen unterschieden werden.

1. Der Fluß wird auf der ganzen, mit Wehren ausgestatteten Strecke von den Schiffen als Fahrstraße benutzt. Es bildet dies die Regel, da die Veranlassung zur Kanalisierung, nämlich die zu geringe Wassermenge bei gewöhnlichem Wasserstande oder das zu große Gefälle, sich gewöhnlich auf der ganzen in Betracht kommenden Strecke gleichmäßig geltend macht.

Diese Anordnung ist z. B. auf der Saar, auf der Oder von Kosel bis zur Neisse-Mündung und auf dem Main von Frankfurt bis zum Rhein gewählt worden, ferner auf den meisten französischen Flüssen.

2. Es wird der Fluß zwar mit Wehren ausgestattet, aber nur auf gewissen Strecken als Fahrstraße benutzt, während andere Strecken, insbesondere solche, welche zu scharfe Krümmungen besitzen, deren Beseitigung aus örtlichen Verhältnissen unthunlich ist, durch längere Seitenkanäle umgangen werden. Es wechseln demnach kanalisierte oder auch wesentlich regulierte Flusstrecken und Seitenkanäle miteinander ab, wie z. B. auf der Mosel von Frouard bis Metz (Taf. XVI, Fig. 14).

Hierzu ist auch die Einrichtung des Großschiffahrtsweges bei Breslau⁹⁾ zu rechnen, bei der ein besonderer, mit Wehren und Schleusen ausgestatteter Arm (die sogenannte alte Oder) von der durchgehenden Schifffahrt benutzt wird, während die Oder selbst, welche alte Mühlenwehre und Schleusen besitzt, dem örtlichen Verkehre verblieben ist

⁶⁾ Garbe. Der Bromberger Kanal. Bromberg 1874.

⁷⁾ Ann. des travaux publics 1896, S. 811. — Roloff. Mitteilungen über nordamerikanisches Wasserbauwesen. Berlin 1895. — Eger. Binnenschifffahrt in Europa und Nordamerika. Berlin 1899.

⁸⁾ Statistisches Jahrbuch für das deutsche Reich 1899. Vergl. auch Kurs. Schifffahrtsstraßen im deutschen Reich. Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik 1895, ferner Eger. Die Binnenschifffahrt in Europa und Nordamerika. Berlin 1899.

⁹⁾ Peschek. Centralbl. d. Bauverw. 1898, S. 53.

(vergl. § 12). Eine derartige Anordnung kommt jedoch verhältnismäßig selten vor. Sofern nicht besondere Umstände Anderes erfordern, ist es am angemessensten, den Flußlauf selbst auch für die Schifffahrt einzurichten und die mit großen Kosten verknüpfte Anlegung besonderer Seitenkanäle zu vermeiden.

§ 3. Vorteile und Nachteile der Kanalisierungen.

Der Vorteil der Kanalisierung gegenüber der Regulierung eines Flusses beruht darin, daß bei ihr die gewünschte Fahrtiefe auch bei den kleinsten Wasserständen erzielt werden kann, da man durch die Stauwirkung der Wehre unabhängig von der Wassermenge geworden ist. Es wird hierdurch die Leistungsfähigkeit, Stetigkeit und Sicherheit des Schifffahrtsbetriebes erhöht und die Möglichkeit geboten, bestimmte Lieferfristen zu vereinbaren, sowie infolge dessen auch wertvollere Güter der Wasserstrasse zuzuführen. Bei regulierten Flüssen kann die Wassermenge in trockenen Jahren auf längere Zeit erheblich unter die bei der Aufstellung des Regulierungsentwurfes angenommenen Werte herabsinken, sodaß die Fahrtiefe hinter den Erwartungen zurückbleibt. Bei der Kanalisierung hängt die Höhe des Wasserspiegels am oberen Punkte einer Haltung zwar auch von der Wassermenge ab, kann aber niemals unter den hydrostatischen Stauspiegel sinken (Fig. 5, S. 545). Sand- und Kiesablagerungen vermögen wohl zuweilen Störungen in der obersten Strecke der Haltung, insbesondere an der Ausmündung des Schleusenkanales hervorzurufen, indessen läßt sich durch rechtzeitig ausgeführte Baggerungen die gewünschte Tiefe fast immer beschaffen.

Für die Landeskultur sind in der Regel große Vorteile durch die Verbesserung bestehender und die Einrichtung neuer Bewässerungsanlagen zu erreichen. Ein weiterer Vorteil kann in der Ausnutzung der Staustufen für Triebwerke beruhen. Thatsächlich sind jedoch Triebwerke, soweit bekannt, niemals aus Anlaß der Kanalisierung angelegt worden; das Seine-Wehr zu Bougival, wo 750 Pferdekräfte für die Wasserversorgung von Versailles gewonnen werden, ist weit älter als die Kanalisierung der unteren Seine. In einzelnen Fällen, wie am Mühlendamm in Berlin, sind allerdings Turbinen zur Gewinnung der für die Schleusen erforderlichen Betriebskraft hergestellt. Die Ausnutzung des Gefälles ist jedoch für die Zukunft erleichtert, da die Kraft jetzt durch elektrische Leitung auf größere Entfernung übertragen werden kann. Durch die Abführung des überflüssigen Oberwassers durch den Werkkanal (Turbinengerinne) wird an Bedienungs- und Unterhaltungskosten für die Wehranlage gespart, weil deren Abfallboden und Böschungen geschont werden. Auch kann der Werkkanal einen Teil des Hochwassers ableiten, wodurch die bei schnell eintretendem Hochwasser entstehenden Gefahren sich vermindern. Die Schifffahrt und die künftige Entwicklung der Wasserstrasse dürfen aber durch die Ausnutzung der Wasserkräfte nicht leiden oder gar in Frage gestellt werden. Diese Kräfte können daher wohl verpachtet, dürfen aber nicht verkauft werden.¹⁰⁾

Für die Weser-Kanalisierung sind von Prüssmann (Zeitschr. f. Binnenschiff. 1898, S. 35 u. 55) gebrochene Wehre vorgeschlagen, in deren Mittelpfeiler die Turbinen zur Ausnutzung der Wasserkraft eingebaut werden sollen. Für das Wehr zu Rinteln sind die Mittelpfeiler 8 m breit und in der Richtung des Flusses 90 m lang geplant, behufs Unterbringung von 10 Reaktionsturbinen, die, im Unterwasser arbeitend — die Oberkante des Laufrades entspricht dem gewöhnlichen Unterwasser — für die Aufnahme großer Wassermengen besonders geeignet sind. Bei den Berechnungen ist angenommen, daß das Wehr

¹⁰⁾ Werneburg. Über die Verwertung der Wasserkräfte an Nadelwehren. Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 477 u. 484. — Ausnutzung der Wasserkräfte an den Wehren einer Flußkanalisierung von Holz, Heubach, Bubendey und Prüssmann. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1897, S. 14, 36, 42 u. 88; 1898, S. 35 u. 55. — Ausnutzung der Wehrgefälle von Roeder, Hirsch und Mosten. Internat. Binnenschifffahrts-Kongress von 1898.

jährlich durchschnittlich viermal während zusammen 80 Tagen niedergelegt werden muſs, von denen 22 Tage auf Eisgang und 40 Tage auf Hochwasser über $+1,75$ RP. entfallen. Dieser Staud liegt nur $0,50$ m unter dem normalen Stauspiegel und bildet die Grenze für den Turbinenbetrieb, da bei höherem Stande

Fig. 3 u. 4.

Ausnutzung der Wasserkraft zu Rinteln, Weser (Entwurf).

Fig. 3. Querschnitt des Mittelpfeilers.

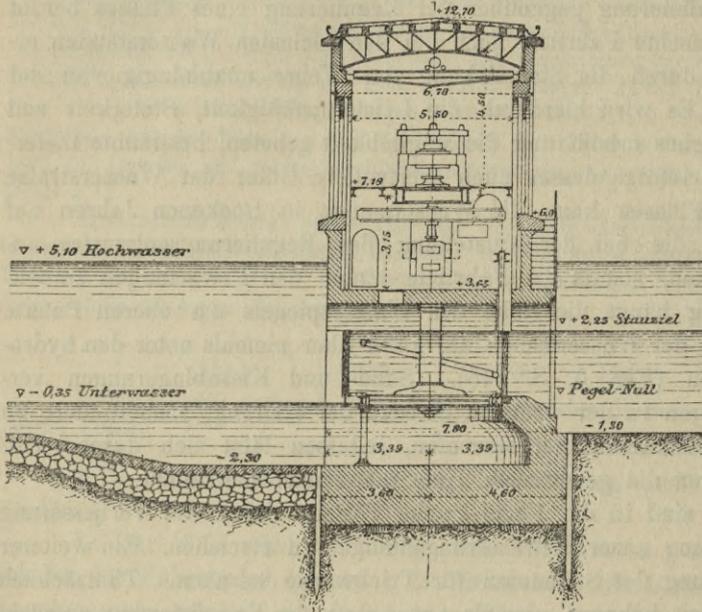
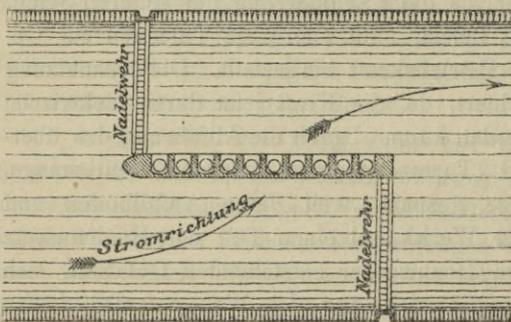


Fig. 4. Lageplan.



der Abbau des Wehres beginnen muſs. An den verbleibenden 285 Tagen würden bei Kleinwasser ($= -0,57$) 16 cbm mit $2,82$ m Gefälle, mithin 451 PS. bei hohem Mittelwasser ($+0,80$) 165 cbm mit $1,37$ m Gefälle, mithin 2260 PS., und bei dem Hochwasserstande von $+1,75$ noch etwa 1898 PS. verwertbar sein. Hierbei sind stets 12 cbm in Abzug gebracht, nämlich 1 cbm für die Schleusenfüllung, 10 cbm für die Speisung des Mittellandkanals und für landwirtschaftliche Berieselungen, der Rest für Undichtigkeiten des Nadelwehres. Aus wirtschaftlichen Gründen läßt sich jedoch die nur zeitweise auftretende große Wasserkraft nicht vollständig ausnutzen; es sind daher 10 Turbinen à 100 PS. geplant mit drei Schaufelkränzen, deren Benutzung vom Gefälle abhängt.

Bei der Anordnung der Turbinen im Mittelpfeiler werden der teure Werkkanal, sowie besondere Bauten auf dem Ufer, die das Hochwasser und den Eisgang leicht beschränken, ganz vermieden; die oft wertvollen Ufergrundstücke bleiben für andere Zwecke erhalten. Die Kosten des Mittelpfeilers sind jedoch erheblich, für Rinteln wurden sie in Höhe von 157000 M. veranschlagt; dieser Umstand und die Unsicherheit, eine angemessene Verwendung für die Wasserkraft schon bald nach Fertigstellung des Wehres zu finden, werden leicht hinderlich für die an sich wünschenswerte Anlage sein.

In Zukunft dürfte die Frage der Ausnutzung der an den Wehren der Flus-

kanalisationen zur Verfügung stehenden Wasserkräfte sich zu einer sehr wichtigen gestalten; ihre Lösung würde große Vorteile bringen. Wo ältere Triebwerke bei der Ausführung der Kanalisierung schon vorhanden sind, bereiten sie ihr leicht große Schwierigkeiten und Kosten, wie dies z. B. bei der Kanalisierung der Brahe und Fulda hervorgetreten ist. Solche Triebwerke haben vor der Kanalisierung öfters keinen regelmäßigen Betrieb, mahlen das Wasser vielmehr am Tage ab, um es nachts wieder anzustauen, während die Schifffahrt einen möglichst gleichbleibenden Wasserspiegel erfordert. Für den Mühlenbetrieb nachteilig ist ferner der Umstand, daß Nadelwehre bei Frostwetter zur Verhütung des Zusammenfrierens der Nadeln niedergelegt und daß die Wehre bei vermehrtem Zuflusse geöffnet werden

müssen. Durch vorhandene Triebwerke wird ferner die Normierung und künftige Änderung des Stauspiegels erschwert, da kein nachteiliger Rückstau auf das Triebwerk ausgeübt werden darf. Durch diesen Umstand wurde z. B. die Kanalisierung der Brahe in hohem Grade erschwert, obgleich die Mühle sich im Besitze des Staates (der Königl. Seehandlung) befindet. In der Regel erkennen die Mühlenbesitzer die Vorteile, die ihnen durch die Erhöhung des Stauspiegels, also durch die Vergrößerung des Gefälles erwachsen, nicht an, erheben vielmehr hohe Forderungen wegen des Rückstanes, des notwendigen Umbaus ihrer Werke und der Störungen, die mit der größeren Berücksichtigung der Schifffahrts-Bedürfnisse verbunden sind.

Nachteile der Flufskanalisierungen: 1. Die Erbauung der Wehre und Schleusen ist mit großen Kosten verknüpft, die sich über die anschlagmäßigen Beträge noch steigern können, falls während der Bauzeit Störungen durch Hochfluten unerwartet eintreten. Erfolgt die Ausführung in einem Flusse, der bereits eine lebhaftere Schifffahrt besitzt, so wird diese leicht während der Bauzeit gestört. Auch die Unterhaltungs- und Bedienungskosten der Bauwerke, besonders der beweglichen Wehre, sind groß.

2. Bei jeder Staustufe entsteht durch die Schleusung ein erheblicher Zeitverlust, der namentlich für Schleppzüge sehr fühlbar wird, falls die Schleusen nicht den zur Aufnahme der sämtlichen Fahrzeuge eines Schleppzugs erforderlichen Raum gewähren.

3. Es tritt bei der Thalfahrt infolge der schwächeren Strömung eine Erschwerung, sowie ein Zeitverlust ein, der jedoch durch die Bergfahrt ausgeglichen wird, mithin nur dann in Betracht kommt, wenn die Thalfahrt von überwiegender Bedeutung ist.

4. Die Anstauung des Wasserspiegels ruft bei Flüssen, deren Thäler sich nicht erheblich über den mittleren Wasserstand erheben, Schwierigkeiten bezüglich der Entwässerung der Grundstücke hervor. Wenn auch die Vorflut durch Anlegung von Gräben, die in das Unterwasser der Wehre einmünden, wieder herzustellen ist, so werden doch oft beträchtliche Entschädigungsforderungen wegen des Eingriffs in die bestehenden Kulturverhältnisse erhoben. Flüsse mit tief eingeschnittenen Betten und nicht zu großem Gefälle sind deshalb besonders geeignet für die Kanalisierung; es können bei ihnen ohne Schädigung der Grundstücke hohe Staustufen gebildet, also der Zweck mit weniger Wehr- und Schleusenanlagen erreicht werden.

5. Falls feste Wehre angelegt oder bewegliche Wehre in ungenügender Weite oder mit zu hohem Rücken errichtet sind, können bei Hochwasser die Überschwemmungs- und Eisgefahren erhöht, auch bei ungünstiger Lage der Wehre Eisstopfungen hervorgerufen werden. Bei sachgemäßer Anlage der Wehre treten diese Nachteile jedoch nicht ein, vielmehr ist infolge der mit der Kanalisierung fast immer verknüpften Beseitigung von scharfen Krümmungen und sonstigen Unregelmäßigkeiten eine Verbesserung der Hochflut- und Eisverhältnisse zu erwarten.

6. In denjenigen Flüssen, die schon bei geringeren Anschwellungen größere Mengen von Sand und Kies abführen, wird eine Ablagerung dieser Stoffe auf der Flussole stattfinden, da die Geschwindigkeit des aufgestauten Flusses zu ihrer Fortbewegung nicht mehr ausreicht. Werden diese Ablagerungen durch die Hochfluten, bei geöffneten Wehren, nicht wieder fortgespült oder durch Baggerungen nicht beseitigt, so kann unter besonders ungünstigen Verhältnissen im Laufe der Jahre eine immer mehr zunehmende Erhöhung der Flussole, eine Verminderung der Fahrtiefe, sowie eine nachteilige Beeinflussung der Vorflut und Vergrößerung der Überschwemmungsgefahren eintreten.¹¹⁾ Solche

¹¹⁾ Die von Schlichting in der Schrift: „Zur Schiffbarmachung der Flüsse. Berlin 1876“ erhobenen Bedenken werden durch die an den französischen und deutschen Flüssen gemachten Erfahrungen nicht bestätigt.

Mifsstände können namentlich durch feste Wehre in flachen Flußbetten hervorgerufen werden, es wird ihnen aber dadurch vorgebeugt, daß ein bewegliches Wehr mit möglichst tief liegendem, sich nur wenig über die bisherige mittlere Flußsohle erhebenden Rücken ausgeführt und bei Hochfluten, sowie während der Wintermonate möglichst lange geöffnet wird. Letzteres ist allerdings bei Flüssen, in denen die Schifffahrt auch im Winter fast unausgesetzt fortgeführt wird, wie z. B. beim Main, nur in beschränktem Umfange ausführbar. In den französischen kanalisierten Flüssen, bei denen nach diesen Grundsätzen im allgemeinen verfahren worden ist, sind nachteilige Ablagerungen in erheblichem Umfange nicht eingetreten, ebensowenig bei der seit längeren Jahren kanalisierten Brahe und dem Main. Die tieferen Teile des Flußbettes versanden allerdings, auch treten unterhalb der Wehre, namentlich bei der Einmündung des Schleusenkanals, in der Regel Sinkstoffablagerungen ein, die durch öfteres Baggern beseitigt werden müssen. Bei den meisten Flüssen findet die Sinkstoffbewegung hauptsächlich zur Zeit der Hochfluten statt, welche die Flußsohle spülen und sie selbst unter der Höhenlage der Wehrrücken erhalten. Es konnten z. B. die Seine-Wehre zu Port à l'Anglais und Suresnes, nachdem sie längere Zeit bestanden, im Rücken zum Teil um 0,7 bzw. 0,5 m erniedrigt werden, ohne Baggerungen der Sohle oberhalb der Wehre ausführen zu müssen.¹²⁾

7. Die Schiffer unterwerfen sich nur sehr ungern den Abgaben, die nach Einführung der Kanalisierung von der Regierung behufs Deckung der Bedienungs- und Unterhaltungskosten, mitunter auch zur mäfsigen Verzinsung der Anlagekosten erhoben werden. Diese Abgaben betragen am Main für 1 t/km bei den Gütern 1. Klasse = 0,6 Pf., 2. Klasse = 0,4 Pf. (während anfänglich 1,7 und 0,85 Pf. regierungsseitig in Aussicht genommen waren) und auf der oberen Oder 0,4 Pf. und bezw. 0,2 Pf. Für den Rhein-Elbe-Kanal (westliche Treppe) sind 3 Klassen mit 2 Pf., 1 Pf. und 0,5 Pf. geplant. In Belgien werden auf den kanalisierten Flüssen 0,13 Pf. erhoben.

8. Ferner kann es als ein Nachteil empfunden werden, daß die Wirkung der Kanalisierung erst nach Vollendung der sämtlichen Wehre und Schleusen, also nach Aufwendung eines großen Kapitals, der Schifffahrt zu Gute kommt, während bei der Regulierung eine allmähliche Verbesserung der Wasserstrafse nach Maßgabe der angewendeten Mittel erreicht wird.

§ 4. Regulierung oder Kanalisierung. Es verdient den Vorzug, die Verbesserung der Schiffbarkeit eines Flusses in erster Linie durch Regulierung zu erstreben, da dies der natürliche, am wenigsten in die bestehenden Verhältnisse eingreifende Weg ist. Die Kanalisierung ist dagegen unerläßlich in allen Fällen, wo sich durch bloße Regulierung eine den Bedürfnissen der Schifffahrt genügende Wasserstrafse überhaupt nicht schaffen läßt, insbesondere also, wo die Wassermenge bei den niedrigen und gewöhnlichen Wasserständen zu gering ist, um bei dem vorhandenen Gefälle die erforderliche Breite und Tiefe gewinnen zu können. Allerdings kann noch in Frage kommen, ob die Wassermenge bei ungenügenden Wasserständen durch Speisung aus Staubecken derart zu vermehren ist, daß die Kanalisierung entbehrlich wird. Bisher ist dies noch nicht vorgekommen, aber bei der durch die elektrische Kraftübertragung ermöglichten besseren Ausnutzung des Wassers der Staubecken künftig nicht ausgeschlossen. Die Schifffahrt würde dann

¹²⁾ Mitteilung des Oberingenieurs Boulé.

auch aus der Verminderung der Hochfluten, die zum Teil von den Staubecken aufgenommen werden, Nutzen ziehen.¹³⁾

Da die Bedürfnisse der Schifffahrt sich im Laufe der Zeit erhöhen, entsprechend dem gesteigerten wirtschaftlichen Leben und Wettbewerbe, so ist es natürlich, daß die Anforderungen bezüglich des Fahrwassers, insbesondere der Fahrtiefe, immer mehr gesteigert werden. Namentlich wird die Kanalisierung der oberen Strecke eines Flusses vielfach die der anschließenden unteren Strecke nach sich ziehen. Seitens der Schiffer wird z. B. die Kanalisierung der Oberweser (unterhalb Münden) gefordert, weil der Fluß bei kleinen und gewöhnlichen Wasserständen nicht die, durch die Staustufen auf der Fulda erzielte Fahrtiefe gewährt. Falls bei reichlicher Wassermenge die Oberweser genügende Tiefe besitzt, treten Erschwernisse auf der Fulda infolge Senkung des Staupegels und durch die starke Strömung ein.

Dazu kommt, daß auf manchen Flüssen, z. B. der Elbe und Weser, in den letzten Jahren erheblich niedrigere Wasserstände eingetreten sind, als bis dahin bekannt waren, und daß auf anderen Flüssen die Dauer der niedrigen Wasserstände im Laufe der Zeit größer geworden ist. Andererseits verträgt es die immer mehr nach kaufmännischen Anforderungen und im Großen betriebene Schifffahrt nicht mehr, daß die Fahrzeuge während eines großen Teiles der Schifffahrtsperiode wegen geringer Fahrtiefe nur ungenügend beladen werden. Als Beispiel mag angeführt werden, daß man im Jahre 1840 für die untere Seine (Paris-Rouen) eine Minimalfahrtiefe von 1,3 m für ausreichend hielt, da die vorhandene Fahrtiefe nur etwa 0,8 m betrug. Im Jahre 1846 forderte man eine Tiefe von 1,6 m, im Jahre 1854 von 2 m und im Jahre 1872 von 3,0 m; durch die Kanalisierung sind z. Z. 3,2 m erreicht, doch werden 4 bis 5 m gefordert, um auch größere Seeschiffe bis Paris gelangen zu lassen. Diese Forderung ist jedoch wegen der zahlreichen Brücken schwer zu erfüllen. Mutmaßlich wird deshalb in den nächsten Jahrzehnten die Kanalisierung mancher Flußstrecken, für welche die Regulierung zur Zeit noch genügt, zur Ausführung gelangen.

Handelt es sich um einen verwilderten Fluß, der gewöhnlich auch den im Landeskultur-Interesse an ihn zu stellenden Anforderungen nicht genügt, so wird der Kanalisierung die Beseitigung mindestens der schlimmsten Unregelmäßigkeiten vorhergehen müssen, nämlich die Ausführung von Arbeiten, durch die ein einheitlicher Lauf mit angemessener Breite und nicht zu scharfen Krümmungen, sowie feste, nicht abbrüchige Ufer geschaffen werden. Bei der späteren Kanalisierung sind allerdings einzelne Buhnen oder Parallelwerke zu beseitigen, zu erhöhen oder zu erniedrigen, im wesentlichen werden sie aber auch künftig zur Verhütung der Sinkstoffablagerung und der allmählichen Erhöhung der Flußsohle erwünscht sein. Die im § 3 aufgeführten Nachteile werden um so sicherer verhütet, je besser der Fluß vor der Kanalisierung, oder in Verbindung mit ihr korrigiert, d. h. von größeren Unregelmäßigkeiten befreit ist. Der Fluß muß den ihm im Landeskultur-Interesse obliegenden Aufgaben genügen, er muß die Sinkstoffe fortzuführen vermögen und eine gute Schifffahrt auch während derjenigen hohen Wasserstände ermöglichen, bei denen die Wehre größtenteils geöffnet sind, ihre Wirksamkeit also mehr oder weniger aufhört, aber noch Schifffahrt betrieben wird. Besitzt der kanalisierte Fluß ein größeres, aber ungleichmäßig verteiltes Gefälle, so wird bei höheren Wasserständen

¹³⁾ In der Deutschen Bauz. 1899, S. 502 berechnet Gothein für die Oder, daß Staubecken mit einem Fassungsraum von 230 cbm und einem Kostenbetrage von 60 bis 70 Mill. M. anzulegen seien, um die Tiefe bei mittlerem Niederwasser von 1,0 auf 1,4 m zu bringen. Da 400 t-Schiffe 1,7 m Tiefe erfordern, würde diese Vergrößerung der Tiefe auf 1,4 m die Kanalisierung nicht völlig ersetzen.

die Bergfahrt sehr erschwert, die Schlepper vermögen nur eine geringe Anzahl Kähne zu befördern und gebrauchen eine weit längere Zeit. Die Thalfahrten sind gefährlich, weil die beladenen Kähne nur schwer dem Steuer gehorchen und leicht aus dem Fahrwasser sowie gegen die Wehre getrieben werden.¹⁴⁾ Durch Baggerungen und sonstige Regulierungsmittel wird das Gefälle auszugleichen und die Strömung zu vermindern, es werden zu scharfe Krümmungen, sowie zu enge Fahrwasser, ferner auch zu breite, die Sand- und Kiesablagerungen begünstigende Strecken zu beseitigen sein.

Gegenüber den Schiffahrtskanälen verdienen die kanalisierten Flüsse zwar insofern den Vorzug, als die örtlichen Verhältnisse weniger gestört und deshalb die Anlagekosten gewöhnlich erheblich niedriger werden; ferner tritt Schiffahrtssperre infolge der Eisbildung im Winter später ein. Der kanalisierte Fluß erfordert aber größere Unterhaltungskosten für Wehre, sonstige Bauten und Ufer, namentlich können die Baggerungskosten bei starker Sinkstoff-Führung des Flusses alljährlich sehr erheblich werden. Für die Schiffahrt ist der Kanal im allgemeinen vorzuziehen, da im kanalisierten Fluß öfter Störungen im Schiffahrtsbetriebe durch die Hochfluten mit ihrer Strömung und Versandung eintreten. Bei einem Wettbewerb wird aber die Flußkanalisierung in der Regel siegen, weil sie im Ganzen weit geringere Kosten als ein neu anzulegender Kanal erfordert und weil bei richtiger Ausführung auch die Landeskultur-Interessen durch Korrekturen u. s. w. gefördert werden.

Die Kanalisierung eines Flusses wird jedoch nur dann gerechtfertigt sein, wenn der aus der Verbesserung der Schiffbarkeit zu erwartende wirtschaftliche Gewinn den Anlage- und Unterhaltungskosten entspricht. Dieser Gewinn ergibt sich aus der Verbilligung der notwendigen Lebensmittel, Bedarfsartikel und Rohprodukte, sowie dem gesteigerten Absatze der Landwirtschaft und Industrie und kommt auch entfernteren Landesteilen zu Gute. Über eine gewisse Strecke des oberen Laufes wird, sofern es sich nicht etwa um die Verbindung zweier größeren Flüsse handelt, die Kanalisierung nicht mehr auszuführen sein. Wegen des großen Gefälles rücken die Staustufen einander zu nahe, sodafs die Kosten zu sehr gesteigert werden.¹⁵⁾

§ 5. Bestimmung des Stauspiegels. Die Stauspiegel müssen an den Wehren so bestimmt werden, daß die gewünschte Fahrtiefe auch bei Kleinwasser noch am obersten Punkte der Haltungen, wo der Rückstau am geringsten ist, erzielt wird. Ist nach Fig. 5

- l die Länge der Haltung,
- J das mittlere Gefälle des ungestauten Niedrigwassers,
- x die Höhe des Stauspiegels über ungestautem Niedrigwasser am unteren Punkte der Haltung,
- y desgl. am oberen Punkte der Haltung unter der Annahme, daß der Stauspiegel eine horizontale Linie bildet (hydrostatischer Stau), während er tatsächlich Gefälle besitzt (hydraulischer Stau),
- z das Gefälle des Stauspiegels, d. h. das Maß, um welches sich der hydraulische über dem hydrostatischen Stau erhebt,
- t die im Stromstriche gemessene geringste Fahrtiefe im oberen Teile der Haltung,
- T die gewünschte Fahrtiefe daselbst,

¹⁴⁾ Beispielsweise wird von den Schiffern darüber geklagt, daß die Fulda nicht genügend reguliert sei. Schiff 1896, No. 1.

¹⁵⁾ Dieck. Regulierung oder Kanalisierung der deutschen Flüsse. Wiesbaden 1876. — Karg. Korrektion oder Kanalisierung? Würzburg 1888.

so ergibt sich

$$T = z + y + t$$

und da $y = x - l \cdot J$:

$$T = z + x - l \cdot J + t,$$

$$x = T + l \cdot J - (z + t).$$

Das Gefälle z ist nötig zur Überwindung der Bewegungswiderstände des fließenden Wassers, es wächst mit der Wassermenge und ist bei Niedrigwasser in der Regel so klein, daß es der Einfachheit halber vernachlässigt, also

$$x = T + l \cdot J - t$$

gesetzt wird. Diese Vernachlässigung des Gefälles kommt der Fahrtiefe zu gute, was erwünscht ist, da der Wert t im Laufe der Jahre durch Abnahme der Niedrigwassermenge oder Ablagerung von Sinkstoffen unter das vor Ausführung der Kanalisierung beobachtete Maß herabsinken kann. An der unteren Seine, wo man für das Gefälle des Stauspiegels z einen zu hohen Wert angenommen hatte, wurde die gewünschte Fahrtiefe am oberen Punkte der Haltungen nicht erreicht. Man hat dies auch dadurch zu erklären versucht, daß ein größerer Teil der Wassermenge nach der Anstauung sich im Grundwasser der kalkfelsigen Seitengelände bewege.

Wegen der Berechnung des Stauspiegelgefälles z wird auf 1. Abt., 1. Hälfte, III. Kapitel verwiesen. Für überschlägliche Berechnungen ergibt sich unter der Annahme einer gleichförmigen Bewegung, falls F der Querschnitt und p der benetzte Umfang des mittleren Profils der angestauten Haltung ist,

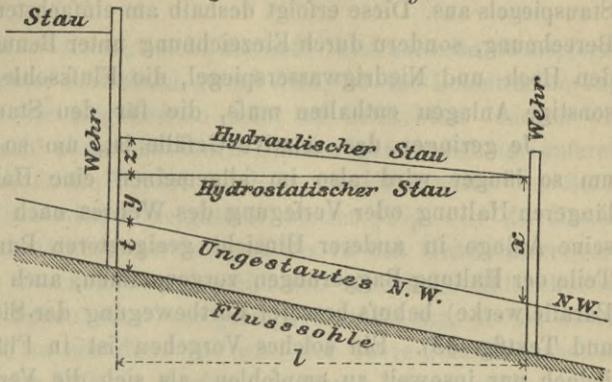
$$v = \frac{Q}{F} = c \sqrt{\frac{z}{l} \frac{F'}{p}},$$

$$z = \frac{Q^2 \cdot l \cdot p}{c^2 \cdot F'^3}.$$

Das Gefälle des Stauspiegels wächst demnach mit dem Quadrat der Wassermenge, sodafs das Unterwasser bei Kleinwasser am tiefsten steht und mit der zunehmenden Wassermenge steigt. Haben die Grundstücke im oberen Teile der Haltung eine niedrige Lage, so muß bei höheren Wasserständen zur Verhütung eines nachteiligen Rückstaus eine Senkung des Stauspiegels am Wehre unter seinen normalen Stand erfolgen. Unter dem Gefälle des Wehres versteht man den Höhenunterschied zwischen dem normalen Stauspiegel und dem hydrostatischen Rückstauspiegel. Thatsächlich ist der Höhenunterschied zwischen Ober- und Unterwasser verschieden, er ist bei kleinster Wasserführung am größten, vermindert sich mit zunehmender Wassermenge und ist bei Hochwasser, wo das Wehr großenteils oder ganz geöffnet ist, so gering, daß der Schiffsdurchlaß benutzt werden kann.

Wenige Staustufen mit großem Gefälle verdienen den Vorzug vor zahlreichen Staustufen mit kleinem Gefälle, weil die Schiffe weniger Zeit beim Durchschleusen verlieren und die Anlagekosten niedriger sind; sie können aber nur bei tief eingeschnittenen Flüssen, wo eine Benachteiligung der Grundstücke durch den hohen Stau nicht zu befürchten ist, zur Ausführung kommen. Andererseits wird durch die Bauart des Wehres eine Grenze gezogen, indem z. B. beim Nadelwehr die Nadeln nicht zu lang werden dürfen. Es üben auch die sonstigen, für die Lage des Wehres und der Schleuse in

Fig. 5. Stauwirkung.



Betracht kommenden Umstände einen bestimmenden Einfluss auf die Festsetzung des Stauspiegels aus. Diese erfolgt deshalb am einfachsten nicht mittels der oben angegebenen Berechnung, sondern durch Einzeichnung unter Benutzung eines Längennivellements, das den Hoch- und Niedrigwasserspiegel, die Flußsohle, die beiden Ufer, Mühlgerinne und sonstige Anlagen enthalten muß, die für den Stauspiegel etwa in Betracht kommen.

Je geringer das relative Gefälle ist, um so weiter erstreckt sich der Rückstau, um so länger wird also im allgemeinen eine Haltung werden. Zur Erzielung einer längeren Haltung oder Verlegung des Wehres nach einem mehr oberhalb gelegenen, für seine Anlage in anderer Hinsicht geeigneteren Punkte werden gewöhnlich im oberen Teile der Haltung Baggerungen vorgenommen, auch wohl Einschränkungswerke (Buhnen, Parallelwerke) behufs besserer Fortbewegung der Sinkstoffe hergestellt (Taf. XVI, Fig. 3 und Textfig. 33). Ein solches Vorgehen ist in Flüssen mit stärkerer Sinkstoffführung jedoch nur insoweit zu empfehlen, als sich die Vertiefung und Einschränkung als eine zweckmäßige Regulierung darstellt. Andernfalls werden daselbst bei jedem, mit Sinkstoffführung verbundenen höheren Wasserstande Ablagerungen eintreten, die immer von neuem durch Baggerungen zu beseitigen sind und, ehe diese bewirkt werden können, Verminderungen der Fahrtiefe, also Störungen der Schifffahrt, herbeiführen. An der kanalisierten Lahn, wo man die fehlende Fahrtiefe durch Regulierung der oberen Strecken der Haltungen schaffen wollte, ist dies deshalb nicht gelungen.

Die Gefälle der Stauwerke liegen bei den Kanalisierungen der deutschen Flüsse meistens zwischen 1,75 und 2,80 m, bei der Kanalisierung der unteren Seine zwischen 0,75 und 4,18 m. In ein und demselben Fluß ist ein einigermaßen gleichmäßiges Gefälle zu erstreben, aber sehr selten zu erreichen. Näheres über die Gefälle der ausgeführten Kanalisierungen bringen die Paragraphen 13 und 14.

§ 6. Die Entwässerung der seitlichen Grundstücke. Der Leinpfad. Brücken. Die seitlichen Grundstücke üben einen wesentlichen Einfluss auf die Lage der Staustufen und die Höhe der Stauspiegel aus. Die Überschwemmungsgefahren dürfen nicht gesteigert und es darf selbst der Grundwasserspiegel nicht derart gehoben werden, daß eine Verminderung der Erträge zu befürchten ist. Es wird nämlich durch die Wehre auch eine Hebung des Grundwassers hervorgerufen, das unterirdisch nach dem Flusse entwässert und dessen Quergefälle wesentlich von dem Bewegungswiderstande der Bodenschichten abhängt. Ist das Thal, wie es sehr oft vorkommt, in der Nähe des Flusses infolge der stärkeren Alluvionen am höchsten, so können nach Ausführung der Kanalisierung in größerer Entfernung vom Flusse sogar Versumpfungen, d. h. ein Hervortreten des Grundwassers über die niedrige Thalsohle, eintreten. Auch die Grundstücke an den Nebenflüssen und Entwässerungsgräben, deren Wasserspiegel durch den vom Wehre ausgeübten Rückstau gehoben wird, erleiden eine Änderung des Grundwasserspiegels. Die Grundbesitzer pflegen bei jeder Änderung der bisherigen Kultur- und Wirtschaftsverhältnisse beträchtliche Schadenersatzansprüche zu erheben, die bei der Schwierigkeit der in Betracht kommenden Verhältnisse vielfach auch in Fällen zugebilligt werden, in denen ein begründeter Anspruch kaum vorliegt.¹⁶⁾ Die Staustufen sind deshalb thunlichst so zu legen, daß die Nebenflüsse und wichtigeren Entwässerungszüge unterhalb derselben einmünden (Fig. 6, S. 547) und daß die niedrigen Grundstücke in

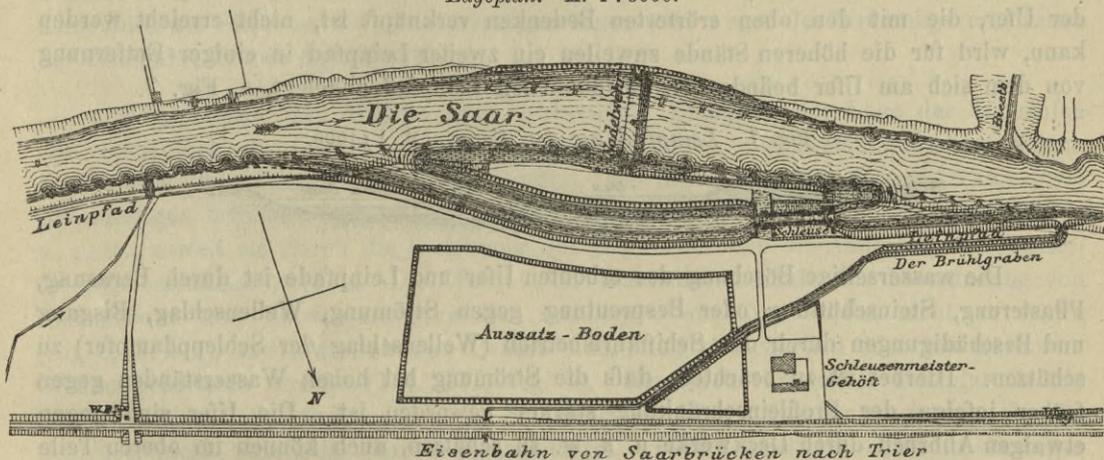
¹⁶⁾ De Mas (s. Nutzen der Schiffbarmachung der Flüsse und der Anlage von Schifffahrtskanälen für die Landwirtschaft. Frankfurter Binnenschifffahrts-Kongress 1888) erwähnt, daß bei der Yonne unbegründete Entscheidungen der Gerichte ergangen seien.

den oberen Teil der Haltung fallen, doch ist dies bei nicht tief eingeschnittenen Flussläufen nur schwer zu erreichen.

Wenn der bei mittlerer Wasserführung sich bildende hydraulische Stauspiegel etwa 0,5 m unter Wiesen und 1 m unter Ackerland gelegt wird, ist eine Beeinträchtigung der landwirtschaftlichen Erträge im allgemeinen nicht zu befürchten. Liegen die Grundstücke niedriger, was bei flach eingeschnittenen Flüssen gewöhnlich im unteren Teile der Haltung der Fall ist, so muß die Vorflut durch in das Unterwasser der Staufstufen mündende Entwässerungsgräben wieder hergestellt werden (Fig. 6). Zu diesem Zweck werden am besten vorhandene Gräben vertieft und bis in das Unterwasser verlängert, da neue Gräben mit ihren Brücken oder Durchlässen erhebliche Anlagekosten erfordern. Besitzen die niedrigen Flächen eine nur geringe Ausdehnung, so ist durch ihre Erhöhung am leichtesten Abhilfe zu schaffen. Es wird der obere gute Mutterboden abgenommen und nach Aufbringung der Füllerde wieder aufgetragen; den Grundbesitzern ist alsdann nur eine Entschädigung für die vorübergehende Ertragsverminderung zu gewähren.

Fig. 6. Stauanlage zu Bous (Saar).

Lageplan. M. 1 : 5000.



Nach einem vom Königl. Ober-Verwaltungsgerichte zu Berlin bei der Fulda-Kanalisation ergangenen Erkenntnis sind diejenigen Flächen zu entschädigen, welche über dem höchsten gewöhnlichen Wasserstande des Flusses gelegen sind; die tiefer gelegenen Flächen werden als Zubehör des Flusses angesehen. Der höchste gewöhnliche Wasserstand ist an der Fulda in der Weise ermittelt worden, daß aus 30 Jahrgängen der gewöhnliche, d. h. der ebenso oft überschrittene, wie nicht erreichte Stand ermittelt und von den 30 Werten der höchste zu Grunde gelegt wurde.

Ufer, die sich nur wenig über den Rückstau erheben, müssen mindestens bis auf etwa 0,5 m über den sich bei mittlerer Wasserführung bildenden hydraulischen Stauspiegel in etwa 4 m Kronenbreite erhöht werden; unter Umständen ist auch der höchste schiffbare Wasserspiegel zu Grunde zu legen. Diese Erhöhung nimmt vom Wehre nach oberhalb zu allmählich an Höhe ab und ist im oberen Teile der Haltung gewöhnlich überhaupt nicht erforderlich. Hierbei ist jedoch zu beachten, daß die erhöhten Ufer wie Deiche wirken, mithin eine Änderung in der bisherigen Überschwemmung des Flußthales herbeiführen, die bei Wiesen leicht Entschädigungsforderungen hervorrufen oder die Anlegung besonderer Einlaßschleusen nötig machen kann.

Endlich ist zu beachten, daß durch die Ufererböhrungen eine Einschränkung des bisherigen Durchflußquerschnittes bei höheren Wasserständen, welche die Krone der Erhöhrungen erreichen, herbeigeführt wird, mithin auch eine Steigerung der Strömung, die allerdings vorteilhaft für die Reinhaltung der Flußsohle ist, aber ungünstig auf die Uferabbrüche wirken kann. Die Erhöhrungen sind deshalb so weit zurückzulegen, daß zwischen ihnen bei einem bis an die Krone reichenden Wasserspiegel noch genügende Durchflußquerschnitte vorhanden sind.

Ein in den Entwässerungsgraben unweit seiner unteren Ausmündung angelegtes Schützwerk kann, wenn es geschlossen wird, die heftige Durchströmung des Grabens verhindern und in trockener Zeit gute Dienste bezüglich der Regulierung des Grundwasserspiegels leisten.

Der Leinpfad. Wo der Leinzug größere Bedeutung hat, wird ein Leinpfad von etwa 4 m Breite als befestigter Weg hergestellt und unterhalten. Gewöhnlich geschieht dies nur auf einer Seite des Flusses und es wird, um das sogenannte Umschlagen der Leinperde zu vermeiden, thunlichst dasselbe Ufer beibehalten. Erwünscht ist es, daß der Leinpfad noch beim höchsten schiffbaren Wasserstande benutzbar bleibt, d. h. von ihm nur wenig überflutet wird. Wo dies ohne eine übermäßige Erhöhrung der Ufer, die mit den oben erörterten Bedenken verknüpft ist, nicht erreicht werden kann, wird für die höheren Stände zuweilen ein zweiter Leinpfad in einiger Entfernung von dem sich am Ufer befindenden gewöhnlichen Leinpfad angelegt, s. Fig. 7.

Fig. 7. *Leinpfad an der Saar.* M. 1:1000.



Die wasserseitige Böschung der erhöhten Ufer und Leinpfade ist durch Berasung, Pflasterung, Steinschüttung oder Bespreitung gegen Strömung, Wellenschlag, Eisgang und Beschädigungen durch den Schiffahrtsbetrieb (Wellenschlag der Schleppdampfer) zu schützen. Hierbei ist zu beachten, daß die Strömung bei hohen Wasserständen gegen früher infolge der Profileinschränkung stärker geworden ist. Die Ufer sind gegen etwaigen Abbruch durch Deckwerke u. s. w. zu schützen, auch können im oberen Teile der Haltung, wo die Schifffahrt leichter durch Sandablagerungen leidet, Buhnen oder Parallelwerke von günstigem Einfluß sein. Bei den älteren Ausführungen der Saar ist z. B. der Leinpfad auf dem linken Ufer mit $2\frac{1}{2}$ -facher Böschung ausgebaut, indem der Fuß durch ein Steinbankett gesichert wurde, gegen welches sich die im unteren Teile abgeplasterte, im oberen mit Rasen und Weiden versehene Böschung lehnt. Die Krone ist 3,75 bis 4,7 und unter Brücken 3,15 m breit; sie ist durch Kies befestigt und gegen das aus den höheren Seitengeländen durchsickernde Wasser durch Steinriolen und Drains gesichert.

An der Unter-Brahe bereitete die Unterhaltung des Leinpfades große Schwierigkeiten, da die aufgebrachten Erhöhrungen in den moorigen Untergrund einsanken und Austreibungen der Flußsohle veranlaßten; es traten auch streckenweise durch das aus dem natürlichen höheren Ufer hervorquellende Sickerwasser Versumpfungen ein. Auf den der steten Versackung ausgesetzten Strecken wurde der Leinpfad deshalb möglichst leicht aus Faschinen mit oberer Kieslage hergestellt und es wurde durch zahlreiche Riolen (Faschinen mit Steinfüllung) für die Beseitigung des Sickerwassers gesorgt. Der obere Teil der Böschung, der durch die stromaufwärts bewegten Flöße heftig angegriffen

wurde, konnte nur durch grofse Granitfindlinge, die durch die Stöfse nicht zu verrücken waren, geschützt werden.

Handelt es sich um eine Wasserstrafse ersten Ranges mit sehr lebhaftem Verkehr, so ist es zweckmäfsig, auf jedem Ufer einen etwa 4 m breiten Weg für die Zwecke des Schiffahrtsbetriebes und der Flufsunterhaltung anzulegen, auch die Wege mit fortlaufender Einfriedigung zu versehen und besondere Viehtränken einzurichten. Bei der Lippe-Kanalisation sind beiderseitige Wege geplant, die allerdings für die Landwirtschaft nicht günstig sind.

Brücken. Vorbandene oder neu herzustellende Brücken dürfen keine Hindernisse für die nach der Kanalisation zu erwartende lebhaftere Schifffahrt bilden. Für den Schifffahrtsbetrieb ist eine gröfsere Öffnung, in der ein bequemes Begegnen zweier Schleppzüge stattfinden kann, besonders günstig, da Zwischenpfeiler die Übersicht erschweren und bei lebhafter Schifffahrt Störungen oder gar Unfälle veranlassen können. Jede Einschränkung des normalen Flufsprofils ist mit Nachteilen verknüpft. Für die leeren Schiffe sind Liebthöhen über dem höchsten schiffbaren, unter Zugrundelegung des hydraulischen Stauspiegels zu bestimmenden Wasserstande von 4 m bei 600 t-Schiffen, von 3,5 m bei 400 t-Schiffen erforderlich und in nahezu voller Brückenweite erwünscht, namentlich auf Strecken, die in Krümmungen liegen oder wegen der Strömungsverhältnisse der Schifffahrt Schwierigkeiten bieten.

§ 7. Lage der Wehre und Schleusen. Bezüglich der Lage der Staustufen sind namentlich die Gestalt und das Gefälle des Flusses, die Einmündung der Nebenflüsse oder wichtigeren Entwässerungszüge, die Höhenlage der Grundstücke, sowie die sonstigen örtlichen Verhältnisse zu berücksichtigen, wie Ortschaften, Mühlen, Fahren u. s. w., soweit sie durch die Errichtung der Bauwerke oder die Änderung des Wasserspiegels beeinflusst werden. Die Wehre sind thunlichst oberhalb der Einmündung von Nebenflüssen und Entwässerungskanälen anzulegen, um ihre Vorflut nicht zu stören (Fig. 6, S. 547), sowie am oberen Punkte einer mit Stromschnellen oder mit stärkerem Gefälle behafteten Strecke (Taf. XVI, Fig. 5). Hierdurch vermindert sich das Gefälle des Wehres und es wird die für die Schifffahrt schwierige Strecke umgangen, da der Schleusenkanal unterhalb derselben ausmündet. Ferner sind sie oberhalb niedriger Grundstücke, Mühlen, Park- oder sonstiger wertvollen Anlagen, die durch den Stau leiden könnten, anzulegen, sowie in regelmäfsigen Flufsstrecken, in denen sich weder zu grofse noch zu kleine Durchflufsquerschnitte finden. In einer sehr breiten Flufsstrecke wird zur Vermeidung von Schadenersatzansprüchen der Grundbesitzer auch das Wehr eine grofse Weite erhalten, mithin übermäfsige Kosten erfordern; es sind auch starke Sandablagerungen, namentlich an der Ausmündung des Schleusenkanals, zu befürchten. Bedenklicher ist jedoch die Wahl einer engen Flufsstrecke, da sie durch die Einbauten des Wehres eine weitere Einschränkung erleiden würde, der durch kostspielige Profil-erweiterungen begegnet werden müfste, damit Aufstau und Strömung zur Zeit des Hochwassers nicht zu sehr gesteigert werden. Auch entstehen dadurch, dafs Schleuse und Schleusenkanal nicht in das Flufsbett gelegt werden können, erhebliche Mehrkosten. Bei Anlegung der Staustufe in einer stärkeren Krümmung entsteht die Gefahr, dafs Schiffe bei Hochwasser leicht auf den Wehrpfeiler geraten und dafs sich Eisversetzungen, sowie Eis- oder Sinkstoffablagerungen bilden.

Bei der Kanalisation kleinerer und mittlerer Flüsse werden gewöhnlich zahlreiche scharfe Krümmungen beseitigt, die der zu verbessernden Schifffahrt Unbequemlich-

keiten und lästige Umwege bereitet hätten. Um bei 400 bis 600 t-Schiffen ein bequemes Begegnen zweier Schleppzüge zu ermöglichen, darf der Krümmungshalbmesser thunlichst nicht kleiner als 500 m sein. In den Durchstichen wird dann gewöhnlich das Wehr und, von ihm durch eine Mauer oder Erdzunge getrennt, auch die Schleuse erbaut. Bei einer solchen Anordnung, die selbst bei unnachteiligen Krümmungen zu empfehlen ist, können sämtliche Bauten im Trocknen, also erheblich billiger ausgeführt werden, auch ist die Lage des Wehres in einem Durchstich dauernd günstig für die Abführung des Hochwassers, des Eises, sowie der Sinkstoffe und die Befürchtungen der Grundbesitzer in Bezug auf die nachteilige Einwirkung des Wehres auf das Hochwasser werden zerstreut. Für die Breiten des Fahrwassers vergl. S. 487.

Ist der Durchstich zu kostspielig, so wird unter Belassung des bestehenden Flusslaufes nur die Schleuse in einem die Krümmung abschneidenden längeren Schleusenkanale ausgeführt. Dieser erfordert nur eine geringe Breite, auch kann die Sohlenlage nach dem Oberwasser bestimmt werden, wobei jedoch zu beachten ist, daß der Schleusenkanal auch bei gesenktem Stauspiegel in Zeiten, wo der Schiffsdurchlaß nicht benutzbar ist, noch für die Schifffahrt passierbar bleiben muß.

Wo Treideln besteht, ist der Schleusenkanal thunlichst auf der Leinpfadseite anzulegen.

§ 8. Die Wehranlage. Für die Wehranlage gelten die folgenden Anforderungen:

1. Die Abführung des Hochwassers muß ohne nachteiligen Aufstau erfolgen. Abgesehen von Flüssen mit tief eingeschnittenen Betten, bei denen Hochwasser-Anstauungen keine Benachteiligung der Grundstücke herbeiführen, wird die geöffnete Wehranlage dem Hochwasser etwa denselben Querschnitt bieten müssen, der sich in normalen Flussstrecken mit gleichem Gefälle findet und für Hochwasser und Eisgang erfahrungsmäßig genügt hat. Zur Verhütung späterer Schadenersatzansprüche sucht man jedoch eine erhebliche Einschränkung des bestehenden Hochwasserprofils zu vermeiden, selbst wenn sie vom hydrotechnischen und kulturtechnischen Standpunkte wohl zulässig erschiene. Wesentlich aus diesem Grunde schwankt die Weite der 12 Oderwehre zwischen 52,8 und 101,2 m, der 5 Mainwehre zwischen 108,4 und 163,8 m. An der belgischen Maas ist bei den meisten Wehren ein Aufstau von 22 cm, bei einzelnen ein solcher von 30 cm zugelassen worden.

2. Das im geöffneten Wehre beim höchsten schiffbaren Stande sich bildende Gefälle muß so gering sein, daß der Schiffsdurchlaß ohne Gefahren benutzt werden kann, daß also keine zu große Geschwindigkeit entsteht.

3. Zur Verhütung einer Erhöhung der Flußsohle ist mindestens ein Teil des Wehres, der Schiffsdurchlaß, in seiner Sohle nicht tiefer als die bisherige mittlere Sohle des Stromstrichs zu legen. Diese Forderung ist auch im Interesse der Schifffahrt zu stellen, falls sie bei höheren Wasserständen so lebhaft ist, daß das Durchfahren des Wehres, also die Vermeidung der Durchschleusung, erwünscht erscheint.

4. Die beweglichen Teile müssen auch bei Kleinwasser, wo das Gefälle des Wehres am größten ist, noch leicht zu bedienen und sie müssen ohne erheblichen Zeitverlust zu beseitigen und wieder aufzustellen sein.

5. Die Verschlüsse müssen so dicht sein, daß nach Ableitung der zur Schleusenfüllung u. s. w. benötigten Wassermengen der Aufstau auch bei Kleinwasser gehalten werden kann.

6. Die beweglichen Teile dürfen nicht zu empfindlich sein, da sie sonst bei der Bedienung oder beim Transport vom Wehre nach dem Ufer oder während sie auf dem Wehrrücken liegen, leicht leiden.

7. Es ist erwünscht, daß die beweglichen Teile möglichst selten ganz geöffnet, bezw. niedergelegt werden, da mit jeder Wiederaufrichtung leicht eine Störung der Schifffahrt verbunden ist. Ferner tritt während der Füllung der Haltungen ein geringerer Wasserabfluß nach den unteren Flußstrecken ein, wodurch Störungen für die Schifffahrt und den Betrieb der Mühlen entstehen können. Aus diesem Grunde muß z. B. das Ablassen der Haltungen der oberen Seine vermieden werden, da bei dem Wiederfüllen der Dampferbetrieb von Paris gestört wird.

8. Endlich ist es wichtig, daß der Betrieb des Wehres auch durch mäßigen Frost nicht beeinträchtigt werde. Falls eine Haltung als Winterhafen benutzt wird, kann die Aufrechterhaltung des Staus auch während des Winters erforderlich sein, wie z. B. auf der Spree in Berlin.

Feste Wehre ohne Grundablässe kommen wegen der Hochwasseranstauung und der allmählich eintretenden Erhöhung der Flußsohle nur bei tief eingeschnittenen Flußbetten in Frage. An der Ruhr sind feste Wehre, aus zwei massiven deklinanten Einbauten bestehend, anfänglich nur zum Zweck der Fischerei angelegt worden (Fig. 8); die zum Einstellen der Netze benutzte Öffnung *a* hat man zu Gunsten der Schifffahrt später geschlossen und neben dem Wehre wurde eine Schleuse angelegt. Auch in der Lahn sind feste massive Wehre an den Punkten errichtet worden, wo die Fahrtiefe wegen zu starken Gefälles gar zu gering war. Insbesondere gehört hierzu die im Jahre 1879 hergestellte Wehr- und Schleusenanlage bei Kalkofen (Taf. XVI, Fig. 5 bis 8). Die Krone solcher festen Wehre liegt in geringer Höhe unter dem Stauspiegel, die Länge muß so bestimmt werden, daß der zulässige Stau bei Hochwasser nicht überschritten wird. Aus diesem Grunde und um zu verhüten, daß die vom Wehre kommende Strömung weder die Ufer abbreche, noch der Bewegung der Schiffe beim Einfahren in die Schleuse hinderlich sei, sind feste Wehre oft im Grundriß bogenförmig, die ausbiegende Seite flussaufwärts gerichtet (Taf. XVI, Fig. 5), oder aus zwei im spitzen Winkel inklinant zusammenstoßenden Werken hergestellt.

Bei den neueren Kanalisierungen sind überall bewegliche Wehre erbaut, denen allerdings in wenigen Fällen, z. B. bei den älteren Anlagen der Maas-Kanalisierung in Belgien (Taf. XVI, Fig. 4) und bei dem oberhalb Rouen gelegenen Seine-Wehre von Martot (s. Textfigur 9) auch feste, in der Achse des Flusses gelegene Wehre zugefügt sind.

Fig. 8. Stauanlage in der Ruhr.

M. 1 : 7500.

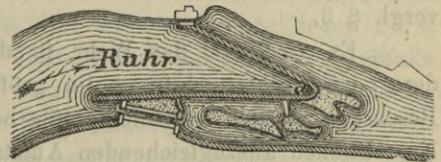
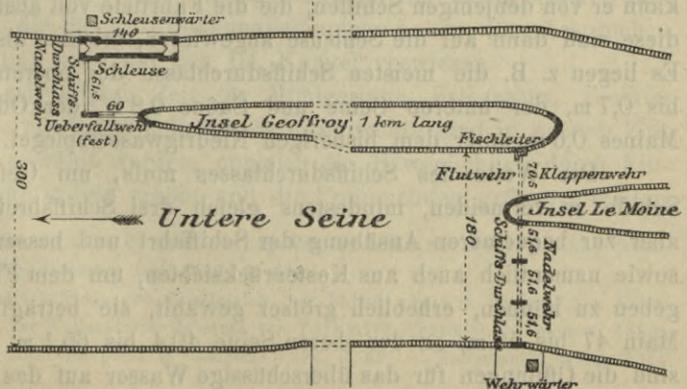


Fig. 9. Stauanlage bei Martot (Untere Seine).



Beim Wehre zu Grandes Malades (Taf. XVI, Fig. 4) befindet sich der Überfall zwischen zwei Nadelwehren, beim Wehre zu Martot mußten drei Arme der Seine geschlossen werden; es ist dies durch zwei Schiffsdurchlässe (Nadelwehre), ein Flutwehr (Klappenwehr) und einen in der Richtung des Flusses liegenden festen Überfall bewirkt worden. Die Überfallwehre sollen plötzlich eintretenden Hochfluten vorläufigen Abfluß gewähren und namentlich ein Überfluten der niedrigen Arbeitsbrücken der Nadelwehre verhüten. In beiden Beispielen liegt das feste Überfallwehr mit der Krone etwa 0,1 m unter normalem Stauspiegel und ist mit einer Laufbrücke auf umlegbaren Stützklappen versehen. Es trägt aber zur Vergrößerung des Hochwasser-Durchflußquerschnittes nicht erheblich bei, sodaß die Weite der beweglichen Wehre, die von der Hochwassermenge und der beim Hochwasser noch zulässigen Stauhöhe abhängt, durch die Hinzufügung eines solchen Überfalles nur wenig vermindert wird. Die erwachsenden Kosten sind jedoch groß und die vom Überfall kommende Strömung versetzt das gegenüberliegende Ufer bei Flüssen von geringerer Breite in Abbruch oder erschwert das Einziehen der Schiffe in die Schleuse. Durch bessere Einrichtung des Hochwasser-Meldedienstes, sowie durch die telegraphische und telephonische Verbindung der Anlagen miteinander und den oberen Stationen des Flusses sind die Überfälle, als Sicherheitsventile gegen plötzlich eintretende Fluten, in der Regel entbehrlich geworden. Neuerdings sind sie von Prüßmann für die Weser-Kanalisation behufs Unterbringung der Turbinen zur Ausnutzung der Wasserkraft vorgeschlagen, vergl. § 3.

Es wird jetzt das Wehr in der Regel in seiner ganzen Erstreckung beweglich derart eingerichtet, daß es im geöffneten Zustande bei Hochwasser nur eine geringe Beschränkung des Durchflußprofils herbeiführt, also nur einen geringen, durch sonstige Korrekturen auszugleichenden Aufstau veranlaßt, die Bewegung der Sinkstoffe wenig stört und auch das Passieren der Schiffe ermöglicht. Bei größeren Wehren wird gewöhnlich nur ein Teil, der Schiffsdurchlaß, mit möglichst tief liegendem Rücken ausgeführt, mindestens in der Höhenlage der seichten Stellen des Fahrwassers, der sogenannten Schwellen, während der andere Teil, das Flutgerinne oder Flutwehr, im Rücken höher liegt, damit die beweglichen Teile, zur Ausgleichung der täglich eintretenden Schwankungen des Wasserspiegels, leichter bedient werden können.

Der Schiffsdurchlaß befindet sich neben der Schleuse oder auch in der Linie des bisherigen Stromstrichs und wird zu Zeiten, wo das Wehr geöffnet ist, aber noch Schifffahrt besteht, also bei schwachem Hochwasser, sowie bei Reparaturen der Schleuse benutzt. Wird der Schiffsdurchlaß höher als die Schwellen des Fahrwassers gelegt, so kann er von denjenigen Schiffen, die die Fahrtiefe voll ausnutzen, nicht befahren werden; diese sind dann auf die Schleuse angewiesen, erleiden also einen erheblichen Zeitverlust. Es liegen z. B. die meisten Schiffsdurchlässe der oberen Seine, Yonne und Marne 0,6 bis 0,7 m, der unteren Seine und Saône 0,8 m, der Oder durchschnittlich 0,7 m, des Maines 0,6 m unter dem bisherigen Niedrigwasserspiegel.

Die Weite des Schiffsdurchlasses muß, um Gefahren beim Begegnen zweier Schiffe zu vermeiden, mindestens gleich drei Schiffsbreiten sein, gewöhnlich wird sie aber zur bequemerer Ausübung der Schifffahrt und besseren Fortführung der Sinkstoffe, sowie namentlich auch aus Kostenrücksichten, um dem Flutgerinne eine geringere Weite geben zu können, erheblich größer gewählt, sie beträgt z. B. an der Oder 25 m, am Main 47 bis 59 m, an der oberen Seine 40,4 bis 65,1 m. Bei der Bedienung des Wehres sind die Öffnungen für das überschüssige Wasser auf das ganze Wehr einschließlich des

Durchlasses zu verteilen, damit sich die Strömung gleichmäÙig ausbilde und nicht einzelne Teile des Abfallbodens stärker abgenutzt werden.

Das Flutgerinne sollte im Rücken so niedrig gelegt werden, wie es in Rücksicht auf die leichte Bedienung der beweglichen Teile irgend möglich ist. Je tiefer es liegt, um so kleiner kann die Weite sein, um so geringer sind die Kosten und die Störungen der Sinkstoffbewegung. Von EinfluÙ ist es auch, ob öfters plötzliche Schwankungen des Wasserstandes vorkommen, die ein rasches Beseitigen der beweglichen Teile erfordern. Bei den älteren französischen Kanalisierungen ist das Flutwehr vielfach höher als der ungestaute Niedrigwasserspiegel gelegt, während es bei den neueren beweglichen Wehren etwa in Höhe des ungestauten Niedrigwassers liegt; z. B. an der Oder 0,2 m unter Niedrigwasser oder 0,5 m höher, als die SchiffsdurchläÙe, am Main etwa in Höhe des Niedrigwasserspiegels oder 0,6 m höher als die SchiffsdurchläÙe.

Bei kleineren Flüssen ist es der Einfachheit halber vorzuziehen, das Wehr in seiner ganzen Erstreckung in derselben Tiefenlage, nämlich derjenigen des Durchlasses, herzustellen und selbst bei gröÙeren Flüssen gewährt dies manche Vorteile. Man kommt dann mit einer geringeren Weite aus und die beweglichen Teile sind in denselben Abmessungen zu beschaffen und zu unterhalten, auch sind weniger Reservestücke vorzuhaltend. Bei den Kanalisierungen der Saar und Mosel ist in dieser Weise verfahren; die beiden Öffnungen sind gleich hoch gelegt und zwar bei den drei älteren Saar-Wehren nur 1,6 m unter Stauspiegel, 0,3 m über Oberdrempele, 2,4 m über Unterdrempele, sodass sie als SchiffsdurchläÙe nicht dienen können. Die drei neueren Wehre liegen 1,9 m unter Stauspiegel, 0,3 m über Oberdrempele, 1,8 m über Unterdrempele, also gleichfalls sehr hoch. Der Wunsch, kurze, leichte Nadeln zu bekommen, ist für diese Höhenlage maßgebend gewesen. Bei den Schützenwehren der Netze und Spree sind SchiffsdurchläÙe gleichfalls nicht angelegt; der für leere Kähne bestimmte DurchlaÙ neben dem Schützenwehr zu Charlottenburg wird nur wenig benutzt, da die Schiffer die Durchschleusung vorziehen, bei der die Kähne nicht der lebhaften Strömung ausgesetzt sind.

Bei gröÙeren Flüssen müssen mehrere Öffnungen von je 50 bis 100 m Weite, die durch 3 bis 4 m starke Zwischenpfeiler getrennt sind, angelegt werden. Die Gesamtweite bestimmt sich aus der Hochwassermenge und dem bei Hochwasser noch zu gestattenden Aufstau.

Das Verhältnis der Weite des Flutgerinnes zu der des Schiffsdurchlasses kann auch durch die beweglichen Teile beeinflusst werden. Vergleiche die Mitteilungen über die Schwierigkeiten bei der Bedienung der Maas-Wehre in § 10.

§ 9. Die beweglichen Wehre.¹⁷⁾ Die wichtigeren Arten der beweglichen Wehre sollen bezüglich der Bedeutung, die sie bei Flufskanalisierungen haben, kurz besprochen werden. Betreffs der Konstruktion wird auf das III. Kapitel verwiesen.

Schützenwehre. Die seit älterer Zeit für Mühlgerinne, Freiarchen, EinlaÙschleusen, Stauschleusen u. s. w. mit Recht beliebten Schützenwehre sind in neuerer Zeit bei Kanalisierungen nur selten gewählt worden, obgleich die Beweglichkeit durch Einführung von Rollen¹⁸⁾ an den Schütztafeln erhöht und die Freimachung gröÙerer Weiten

¹⁷⁾ Vortrag von H. Garbe in der Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1885, S. 388; ferner daselbst 1890, S. 703. — Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1890, S. 661.

¹⁸⁾ Am Manchester-Schiffahrtskanale befinden sich Schütztafeln mit Rollen von 9 m Weite, 7,8 m Höhe. Engineering 1891, S. 25. — Rollenschütz der Woltersdorfer Schleuse von Tolkmitt. Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 413. — Wehr mit geteilten Schützen. Ann. des ponts et chaussées 1894, S. 32. — Rollenschütz in Kap. XIII (Deichschleusen), Taf. III, Fig. 5.

durch die Anordnung drehbarer Pfosten, an Stelle der Griessäulen, erleichtert ist. Eine Ausnahme bilden die Schützenwehre der Netze und der Spree, bei denen der Eisgang nur unbedeutend ist, der Stauspiegel aber auch im Winter gehalten und eine große Dichtigkeit, insbesondere beim Berliner Wehr, gefordert werden mußte. Auch für das Wehr zu Poses an der unteren Seine und für das Wehr an der Abzweigung des Wiener Donau-Kanales sind Schützenwehre und zwar mit Drehpfosten gewählt worden. Die nachstehend aufgeführten großen Vorzüge der Schützenwehre dürfen nicht unterschätzt werden.

1. Sie sind nicht empfindlich gegen Stöße oder Eis und leicht kontrollierbar, da sich die beweglichen Teile mit ihren Lagern u. s. w. an wasserfreien, zugänglichen Punkten befinden und nicht auf den Wehrrücken niedergelegt werden, wo sie durch Geschiebe, schwimmende Körper oder Eis beschädigt werden können, auch durch Anker oder Ketten, welche der Schiffer, allerdings entgegen den Vorschriften, zuweilen schleppen läßt, um die Steuerfähigkeit des thalwärts treibenden, nur von der Strömung bewegten Fahrzeuges zu erhöhen.

2. Es kann ein Überfluten der Schütztafeln in der ganzen Breite des Flusses eintreten, sodafs unerwartete Anschwellungen, wie bei einem Überfallwehre, Abfluß finden, auch schwimmende Körper fortgeführt werden. Bei den Nadelwehren besteht die Gefahr, dafs bei unerwarteten Anschwellungen die Arbeitsbrücke überflutet wird, sodafs das Öffnen des Wehres überhaupt nicht oder nur unter Gefahren möglich ist.

3. Bei geteilten Schütztafeln kann die Regulierung des Stauspiegels sehr leicht erfolgen, da sie an der Oberfläche, also bei geringem Wasserdruck, bewirkt wird. Sie erfordert keine Geschicklichkeit und ist gefahrlos, kann daher auch von unkundigen Hilfskräften ausgeführt werden.

4. Eine vorübergehende Erhöhung des Stauspiegels, die in sehr trockener Zeit erforderlich werden kann, ist durch Hinzufügung von etwa 0,25 m hohen, ohne Winde zu bewegenden Tafeln leicht zu erreichen.

5. Die Schützen besitzen eine große Dichtigkeit, was bei Flüssen mit geringer Niedrigwassermenge, z. B. der Spree, von Bedeutung ist.

6. Der Wehrrücken trägt keine Lager u. s. w., ist daher keinen Zugkräften ausgesetzt und kann deshalb einfacher und billiger als bei Nadel- oder Klappenwehren konstruiert werden.

7. Die Bedienung der Schützen bereitet auch bei Frost keine Schwierigkeiten, sodafs eine Aufhebung des Staus wegen Frostes, wie dies bei den Nadelwehren erforderlich, nicht nötig wird. Dieser Umstand ist von sehr großer Wichtigkeit, falls es auf die Erhaltung eines möglichst gleichmäßigen Stauspiegels wegen vorhandener Triebwerke, Bewässerungs- oder Hafenanlagen u. s. w. ankommt. Er ist auch für die Schifffahrt von großer Bedeutung, da der Frost oft nur einige Tage anhält und die Schifffahrt alsdann gar nicht oder nur kurze Zeit ruht, während das Niederlegen und Wiederaufrichten der beweglichen Teile Störungen hervorruft.

8. Die Konstruktion eignet sich auch für sehr große Gefälle. Bei dem Wehre zu Poses an der unteren Seine (1. Abt., 1. Hälfte, Taf. X, Fig. 1)¹⁰⁾, welches sieben Öffnungen von je 30,16 m Weite besitzt, beträgt das Gefälle 4,18 m, während es bei den gewöhnlichen Nadel- und Klappenwehren wegen der schwierigen Bedienung nicht gern größer als etwa 2,5 m gewählt wird.

¹⁰⁾ Nouv. ann. de la constr. 1889, S. 18.

9. Die Wiederherstellung des Staues ist zu allen Zeiten leicht möglich, während das Aufrichten von Klappen erst bei verminderter Strömung ausführbar ist, gewöhnlich erst, nachdem das Hochwasser sehr stark, sogar unter den Normalpiegel abgefallen ist. Es konnten z. B. bei der Maas in Belgien, bei der eine Fahrtiefe von 2,1 m durch die Kanalisierung erreicht werden soll, die Aufrichtung der Klappen der Schiffsdurchlässe erst erfolgen, nachdem der abfallende Hochwasserspiegel nur noch 1,5 m Fahrtiefe gewährte.

10. Die Arbeitsbrücke, die für die Bewegung der Schützen und Griesständer unentbehrlich ist, giebt oft auch die gewünschte Gelegenheit zur Benutzung als Verkehrsbrücke.

Das Schützenwehr älterer Konstruktion mit durchgehendem Griesholm ist aber ungeeignet für Flüsse mit stärkerem Eisgang, da es zu geringe Durchlaßweiten gewährt. Es ist auch bei Flüssen mit schwächerem Eisgang, falls das Hochwasser sich erheblich über den Wehrrücken erhebt, wenig geeignet, weil Griesholm und Arbeitsbrücke über Hochwasser liegen müssen, die Beseitigung der Losdrempe sehr schwierig ist, die Kosten auch bedeutend werden. Die Schützenwehre mit Drehpfosten, deren hervorragendstes Beispiel das oben erwähnte Wehr zu Poses bildet, bei denen die Drehpfosten an den Untergurt einer durchgehenden eisernen Brücke gehängt sind, lassen sich zwar in den größten Weiten und mit dem größten Gefälle ausführen, sind aber sehr kostspielig.

§ 10. Die neueren beweglichen Wehre. Bei mittleren und größeren Flüssen, namentlich bei allen Flüssen mit stärkerem Eisgang, verdienen die neueren beweglichen Wehre wegen ihres günstigen Verhaltens bei Hochfluten und Eisgang und wegen ihrer Billigkeit in der Regel den Vorzug vor den Schützenwehren. Da ihre Hauptteile auf die Sohle niedergelegt werden und die wenigen massiven Pfeiler sich nur etwa 0,6 m über den gewöhnlichen Stauspiegel erheben, tritt eine äußerst geringe Beschränkung des Durchflußprofils bei Hochwasser und Eisgang ein.

A. Nadelwehre.

In Deutschland sind die Nadelwehre wegen ihrer größeren Betriebssicherheit, Einfachheit und Billigkeit den Klappenwehren sowohl an der Saar, als auch später an der Brahe, am Main, an der Oder und Fulda vorgezogen worden. Durch beliebiges Herausnehmen einzelner Nadeln an den verschiedensten Stellen des Wehres ist die Regulierung des Wasserstandes leicht zu bewirken, namentlich ist auch zu erreichen, daß sich der Abfluß gleichmäßig verteilt und nicht zum Nachteile des Flusses und des Wehrkörpers nebst Sturzbett auf einzelne Punkte konzentriert wird. Es ist auch eine vorübergehende Erhöhung des Stauspiegels um etwa 25 cm, die bei Kleinwasser, bei Versandungen u. s. w. erwünscht sein kann, leicht herzustellen.²⁰⁾ Die Laufbrücke ist sowohl aus diesem Grunde, als namentlich deshalb nicht zu tief zu legen, um auch bei Anschwellungen einen etwas höheren Stau vorübergehend zuzulassen und die Böcke nicht sogleich legen zu müssen. Die Nadelwehre haben allerdings folgende Mängel:

1. Bei Frost frieren die Nadeln zusammen, weshalb ein frühzeitiges Herausnehmen derselben und selbst ein Niederlegen der Böcke erforderlich wird, da dies bei stärkerem Frost wegen des sich auf dem Wehrrücken bald bildenden Eises später sehr

²⁰⁾ Berichte von Roloff und Fendius auf dem Brüsseler Binnenschiffahrts-Kongress 1898 über Erhöhungen des Stauspiegels an bestehenden Wehren der Oder und Maas. Auch Berichte über die Befestigung der Wehr-Unterbauten daselbst.

erschwert wird. Das Zusammenfrieren der Nadeln tritt um so rascher ein, je näher sie wegen der geringen abfließenden Wassermenge gestellt werden müssen. Bei mittlerem Zufluss ist es bei -5° und anhaltender Kälte zu erwarten, wenn auch in den unteren Schichten die Zwischenräume zwischen den Nadeln infolge der heftigen Strömung noch geraume Zeit frei bleiben, bis auch sie durch treibendes Schlammeis geschlossen werden. An der Unter-Brahe werden die Wehre gewöhnlich beim Beginn der Kanalsperre (1. Dez. bis 1. April) niedergelegt, bei frühzeitig eintretendem Frost jedoch schon eher. Als dies in Rücksicht auf einige tiefgehende Schiffe, welche verspätet auf der Brahe eintrafen, einmal verschoben war und strenger Frost eintrat, glich das Nadelwehr nach einigen Tagen einem starrenden Eiswalle, dessen Eismassen vorsichtig losgestemmt werden mußten; die Nadeln jedes Feldes waren zu einer dichten Eisscholle zusammengefroren und mußten felderweise zum Abtreiben gebracht werden.

2. Das Herausnehmen und Wiedereinstellen der Nadeln beansprucht weit mehr Zeit als das Öffnen und Schließen der Schützen, das Umlegen und Wiederaufrichten Chanoine'scher Klappen oder die Bewegungen der Trommelwehrklappen.

3. Während die anfänglich von Poirée benutzten, nur 2 bis 2,5 m langen, 6 bis 7 cm starken Nadeln leicht zu handhaben waren, erfordern die später bei größerem Gefälle verwandten Nadeln von 4 bis 5 m Länge und 8 bis 10 cm Stärke erhebliche Kraft und Geschicklichkeit. Man reicht bei großen Anlagen, selbst wenn eine Beanspruchung der Nadeln von 150 bis 170 kg f. d. qem zugelassen wird, nicht mit 10 cm starken, 30 kg schweren Nadeln aus, sodafs die Bedienung mit großen Schwierigkeiten und selbst Gefahren verknüpft und ihre Anwendung begrenzt ist.

Eine rasche Beseitigung der Nadeln ist zwar durch die Erfindung des belgischen Ingenieurs Kummer²¹⁾ zu bewirken (Taf. XII der 1. Abt., 1. Hälfte, Fig. 1 bis 4), bei der sich die Nadeln gegen einen drehbaren oberen Arm lehnen und die Öffnung zwischen zwei Wehrböcken nach Drehung einer vertikalen Achse mit ausgeschnittenem Cylinder frei wird. Diese Anordnung ist zuerst bei den Durchlässen der Maas-Wehre oberhalb Namur angewandt (Taf. XVI, Fig. 1 bis 3), deren Sohle etwa 3,1 m unter Stauspiegel liegt, später auch bei der Brahe und am Main. Es ist jedoch das Einstellen der Nadeln zeitraubend und nicht ohne Gefahr, erfordert namentlich Kraft und Geschicklichkeit, da sich der Arbeiter tief bücken und gleichzeitig eine große Kraft ausüben muß. Sie hat auch den Nachteil, dafs das Sturzbett länger und stärker hergestellt werden muß, weil es bei der plötzlichen Freimachung einer ganzen Öffnung durch den Stofs der großen Wassermenge stark angegriffen wird. Ferner ist eine größere Höhe der Wehrböcke nötig, damit die Nadeln unter dem Laufstege durchschwimmen können.

Als einfach und durchaus praktisch hat sich aber die von Guillemain angegebene, zuerst beim Loire-Wehre zu Roanne und dann beim Marne-Wehre zu Joinville angewandte, sowie beim Seine-Wehre zu Port à l'Anglais oberhalb Paris erprobte Einrichtung erwiesen²²⁾, bei der jede Nadel mit einem Haken versehen wird, mit dem sie um die abgerundete obere Stange frei schwingt, sofern sie gehoben, aber nicht herausgenommen wird (vergl. 1. Abt., 1. Hälfte, Taf. XI, Fig. 8), wobei zu bemerken ist, dafs die Winde zum Herausnehmen der Nadeln später durch einen gewöhnlichen Hebel ersetzt ist. Diese Einrichtung ist auch bei den meisten Flutwehren der oberen Seine, sowie bei den Wehren der Oder (Fig. 10) und Fulda und zwar sowohl für die Flutwehre, wie für die

²¹⁾ Hans. Canalisation de la Meuse.

²²⁾ Ann. des ponts et chaussées 1881, II. S. 220.

Schiffsdurchlässe zur Anwendung gebracht, nachdem sie schon vor einem Jahrzehnt beim Wehre zu Cosel mit Erfolg eingeführt war. Das Herausziehen der Nadeln erfolgt auch an der Oder und Fulda mittels eines leichten hölzernen Hebels, das Einsetzen derselben ohne Vorrichtung. An der Seine ist die Arbeitsbrücke mit Gleisen versehen, die bis in den Schuppen führen, um die Nadeln mittels Wagens leicht zu transportieren; das Herausnehmen von 100 Nadeln von 3,5 m Länge erfordert 10 Minuten, ihr Transport u. s. w. noch 50 Min.²³⁾, also eine erhebliche Zeit.

4. Der Umstand, daß das Wasser die Nadelwehre nicht überfluten, mithin bei unerwartet eintretenden Anschwellungen Überschwemmungen der niedrig liegenden Arbeitsbrücke hervorrufen kann, ist bei Flüssen mit rasch wechselnden Wasserständen als ein wesentlicher Übelstand anzusehen und hat an der Maas unterhalb Namur zu der Hinzufügung eines Überfallwehres, dessen Krone etwa in Höhe des gewöhnlichen Stauspiegels liegt, geführt (Taf. XVI, Fig. 4).

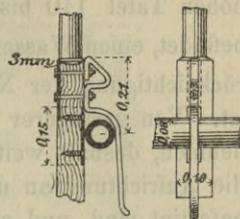
5. Ferner wird die Undichtigkeit der Nadeln als ein Mangel für Flüsse mit sehr geringen Wassermengen angesehen, doch ist es in der Neuzeit gelungen, die Nadeln durch geeignete Geräte (Hebel) dicht aneinander zu pressen und die noch verbleibenden Fugen mittels Kohlenasche und Sägespänen zu dichten.²⁴⁾

B. Wehre mit Schutz- oder Rolltafeln vor Nadelwehrböcken.

Die angeführten Mängel der gewöhnlichen Nadelwehre hat man dadurch zu vermeiden gesucht, daß man nach dem Vorschlage von Boulé²⁵⁾ Schütztafeln vor die Nadelwehrböcke stellte. Diese Vereinigung der Schutz- und Nadelwehr-Konstruktion besitzt die meisten Vorzüge beider Wehrrarten und eignet sich namentlich für größere Gefälle, sowie für Flüsse mit rasch wechselnden Zuflüssen. Sie ist 1874 erprobt bei der 28,7 m weiten linksseitigen Öffnung des Wehres zu Port à l'Anglais, oberhalb Paris (vergl. 1. Abt., 1. Hälfte, Taf. XI, Fig. 7), dessen Böcke 4,75 m hoch, 1,1 m entfernt sind und ein größtes Gefälle von 3,1 m aufnehmen, indem eichene Schütztafeln von 1,3 m Höhe, 1,08 m Breite, 8 bzw. 6 cm Stärke übereinander verwandt wurden, deren Ausziehen und Einsetzen durch eine fahrbare Winde erfolgt. Der Reibungskoeffizient der Ruhe betrug beim Gleiten von Eisen auf Eisen in der Walzrichtung 0,41 bis 0,49, nahm aber während der Bewegung rasch ab.

Die Tafeln sind wenig empfindlich und werden mittels kleiner, auf Gleisen der Arbeitsbrücke laufenden Wagen nach den Ufern gefördert. Es können plötzlich eintretende Anschwellungen über die Schützen abfluten, die größten Gefälle lassen sich überwinden, da die Tafeln nur etwa 1 m freiliegen und sich mittels Winden leicht bedienen lassen. Es ist auch ein dichter Verschluss zu erreichen und das Zusammenfriren weniger zu befürchten, als bei Nadeln. Zur leichteren Regulierung des Stauspiegels erhalten die obersten Tafeln nur 0,2 bis 0,25 m Höhe, sodaß sie ohne Winde von Hand zu bedienen sind. Bei der Beseitigung des Verschlusses werden zuerst diese

Fig. 10.
Hakennadeln der
Oder-Kanalisation.



²³⁾ Ann. des ponts et chaussées 1883, I. S. 645.

²⁴⁾ Mitteilung von Roloff. Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 201 und in den Verhandlungen des Brüsseler Binnenschiffahrts-Kongresses. — Über die Verwendung eiserner Röhren an Stelle hölzerner Nadeln vergl. die Mitteilung von Lieckfeldt im Centralbl. d. Bauverw. 1896, S. 302 n. 52, sowie Zeitschr. f. Bauw. 1894, S. 295.

²⁵⁾ Ann. des ponts et chaussées 1876, März. — Wehr von Big-Sandy. Ann. des travaux publ. 1898.

niedrigen, dann die sich unter ihnen befindlichen Tafeln u. s. w. entfernt, sodafs die untersten Tafeln erst bei stark gestiegenem Unterwasser gezogen werden.

Der erheblichste Mangel dieser Boulé'schen Wehre besteht darin, dafs die 1 bis 1,5 m hohen Tafeln zur Bedienung zweier Arbeiter bedürfen, die bei kleinen Wehren nicht zur Verfügung stehen, denn es beträgt das Gewicht einer 1,1 m breiten, 1,3 m hohen Tafel 110 bis 120 kg. Sie erleidet, falls sie sich unter der 0,2 m hohen Tafel befindet, einen Wasserdruck von $\frac{1}{2} (0,2 + 1,5) \cdot 1,3 \cdot 1,1 \cdot 1000 = 1215$ kg, sodafs, unter Berücksichtigung der Neigung des Bockes, eine Reibung von über 500 kg zu überwinden ist. Von geringerer Bedeutung ist es, dafs die Böcke den ganzen Wasserdruck aufnehmen, deshalb weit schwerer als bei Nadelwehren konstruiert werden müssen, weshalb die Aufrichtung an der unteren Seine mittels einer Kette ohne Ende, an der die Böcke befestigt sind, und einer Winde erfolgt. Der Umstand, dafs die unteren Tafeln selten gezogen werden, ist zwar günstig für den Wehrkörper, kann aber nachteilig für die Sinkstoffabführung werden. Auch hier müssen die Böcke wegen des sich auf dem Wehrrücken bei strengem Froste bald bildenden Eises oft frühzeitiger, als es erwünscht ist, niedergelegt werden. Das Flutwehr zu La Mulatière bei Lyon (Fig. 18, S. 562) und Teile des Wehres von Suresnes, unterhalb von Paris (Fig. 31, § 14) sind gleichfalls mit Schützentafeln vor Poirée'schen Böcken ausgestattet. Diese haben in Suresnes bis 6,06 m Höhe und 1800 kg Gewicht; die Tafeln sind zusammen 5,18 m hoch, 1,25 m breit, bei einem Gefälle von 3,27 m, ausnahmsweise sogar von 3,6 m; die Böcke des 72,4 m weiten Durchlasses werden in drei Stunden mittels Kette und Winde niedergelegt oder aufgerichtet.

Fig. 11 u. 12. Wehr in der Moskwa.

Fig. 11. Querschnitt.

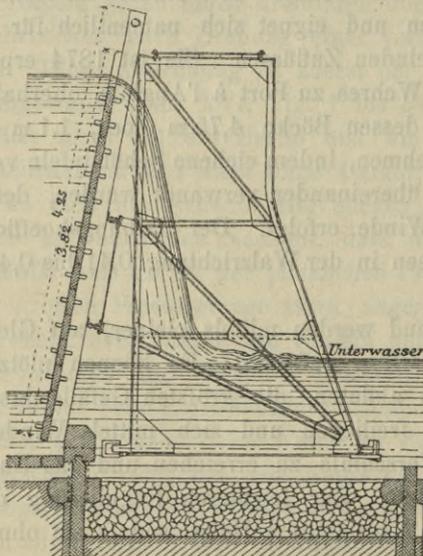
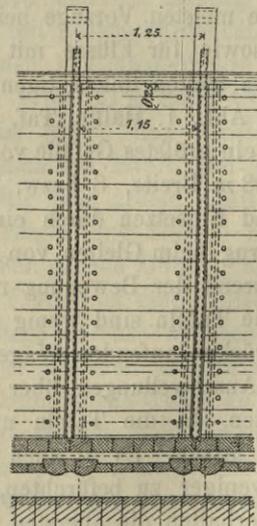


Fig. 12. Vorderansicht.



Bei der Kanalisierung der Moskwa in Rußland sind von Janicki 1876 statt der Schützentafeln hölzerne Bohlen von 25 cm Breite, 7 cm Stärke, 1,15 m Länge verwandt (Fig. 11 und 12), die sich gegen schräge Stiele lehnen, mittels Leinen und Haken herausgezogen und mittels gabelartiger Hakenstangen hinabgestossen werden, wozu gewöhnlich vier Arbeiter erforderlich sind.

Von großem Interesse sind die im Jahre 1895 am Wehr zu Marolles oberhalb Montereau auf Veranlassung Lavollée's angestellten Versuche²⁶⁾, die Bouléschen Schütztäfel derart abzuändern, daß sie von einem Arbeiter gehandhabt, also auch bei kleineren Wehranlagen verwandt werden können. Man gelangte zu den in Fig. 13 und 14 abgebildeten Tafeln von 0,4 bis 0,5 m Höhe, 4,5 cm Stärke, die mit vier bronzenen, auf stählernen Kugeln laufenden Rollen an der Vorderfläche und mit vier bronzenen Rollen an den Seiten ausgestattet sind. Der Arbeiter bedient sich nur einer Stange mit Haken beim Herausziehen und zum Teil auch beim Einsetzen der Tafeln, die allerdings, damit die Reibung gering bleibt, sehr sorgfältig gearbeitet und unterhalten werden müssen und nicht die Dichtigkeit gut gearbeiteter Nadeln besitzen. Das Wehr hatte bis 2,3 m Gefälle, der Verschluss der Versuchsöffnung war 3,1 m hoch und wurde aus der obersten 0,2 m hohen, 2,5 cm starken und den acht unteren, mit Rollen ausgestatteten Tafeln von 0,3 bis 0,5 m Höhe gebildet. Es erforderte das Beseitigen der neun Tafeln $1\frac{1}{2}$, das Einsetzen $2\frac{1}{2}$, zusammen 4 Min., während die zwölf Hakennadeln einer anderen Öffnung von 9 cm Stärke, 4 m Länge, 3,4 m Freilage erforderten für

Fig. 13 u. 14. Schütztäfel mit Rollen und Kugellagern.

Fig. 13. Ansicht. M. 1:15.

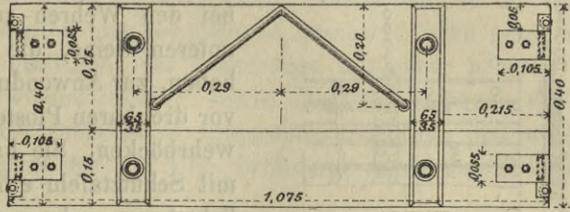
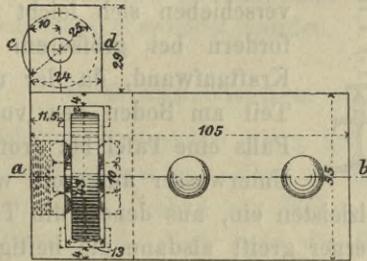
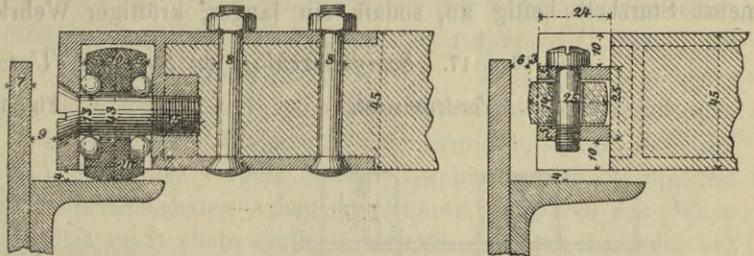


Fig. 14. Beschlag. M. 0,4.



Schnitt a b.

Schnitt c d.



3,1 m hoch und wurde aus der obersten 0,2 m hohen, 2,5 cm starken und den acht unteren, mit Rollen ausgestatteten Tafeln von 0,3 bis 0,5 m Höhe gebildet. Es erforderte das Beseitigen der neun Tafeln $1\frac{1}{2}$, das Einsetzen $2\frac{1}{2}$, zusammen 4 Min., während die zwölf Hakennadeln einer anderen Öffnung von 9 cm Stärke, 4 m Länge, 3,4 m Freilage erforderten für

Hebung der Nadeln	1° 30'
Beseitigung durch zwei Männer	3° 20'
Einsetzung der Nadeln	3° 25'
zusammen	8° 15'

Man hat auch beim Maas-Wehre zu Levrézy²⁷⁾ schmale Schütztäfel verwandt, nämlich drei untere, je 0,45 m breite Tafeln und darüber fünf 0,15 m breite Bohlen angeordnet.

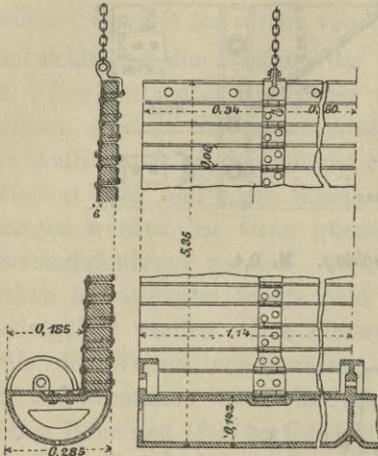
²⁶⁾ Sur l'emploi de vannettes à galets avec roulement sur billes, par Wender. Ann. des ponts et chaussées 1896, I. S. 516.

²⁷⁾ Ann. des ponts et chaussées 1897, II. S. 296.

Wehre mit dem von Caméré erfundenen, im Jahre 1876 zuerst beim Seine-Wehr zu Notredame de la Garenne eingeführten Verschluss durch jalousieartige Rolltafeln (vergl. Fig. 1, Taf. X in der 1. Abt., 1. Hälfte, und Textfig. 15), deren Auf- und Abwärtsbewegung durch eine Kette ohne Ende mittels Winde erfolgt, sind gleichfalls als Schützenwehre anzusehen. Diese Rolltafeln sind namentlich bei den Wehren zu Poses und Suresnes an der unteren Seine, die 4,18 bzw. bis 3,6 m Gefälle haben, zur Anwendung gekommen, bei dem ersteren vor drehbaren Pfosten, bei dem letzteren vor Nadelwehrböcken.

Fig. 15.

Rolltafel des Wehres zu Poses.



Diese Rolltafeln sind namentlich bei den Wehren zu Poses und Suresnes an der unteren Seine, die 4,18 bzw. bis 3,6 m Gefälle haben, zur Anwendung gekommen, bei dem ersteren vor drehbaren Pfosten, bei dem letzteren vor Nadelwehrböcken. Sie haben gegenüber dem Verschluss mit Schütztafeln erhebliche Mängel. Sie sind nämlich teuer, sehr empfindlich, daher auch weniger betriebssicher und kostspielig in der Unterhaltung, verschieben sich leicht beim Hinablassen und erfordern bei größerem Gefälle einen erheblichen Kraftaufwand, da der untere, zuerst aufzurollende Teil am Boden den vollen Wasserdruck erleidet. Falls eine Tafel bei großem Gefälle und niedrigem Unterwasser aufgerollt wird, so drückt sich auch

die Kette in die schmalen Holzleisten ein, aus denen die Tafel mittels zahlreicher Gelenke zusammengesetzt ist. Ferner greift alsdann die heftige Strömung, die sich über dem, nur mit einer geringen Wasserschicht bedeckten Wehrboden entwickelt, diesen nebst Sturzbett heftig an, sodass ein langer, kräftiger Wehrkörper mit solidester Ab-

Fig. 16 u. 17. Schiffsdurchlaß zu Suresnes (Untere Seine).

Fig. 16. Vorderansicht.

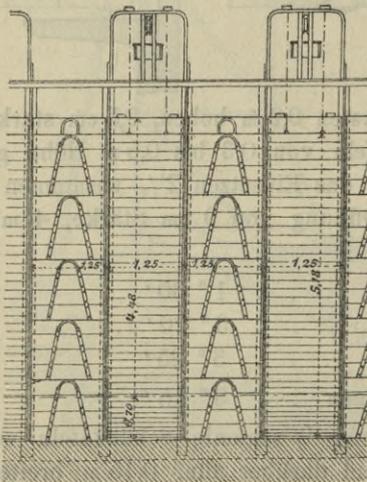
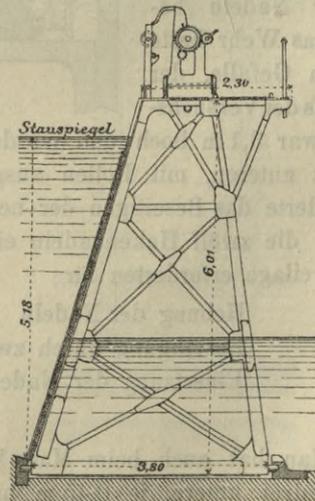


Fig. 17. Querschnitt.



deckung erforderlich ist. Das Abnehmen einer Rolltafel, die beim Durchlaß von Suresnes 5,18 m hoch, 1,25 m breit ist und 700 kg wiegt, ist umständlich, der Transport nach dem Ufer und die Lagerung daselbst muß sehr sorgsam geschehen, ebenso der Rücktransport und die Wiederaufstellung. Sie bedürfen auch vorher der Reinigung von

Blättern und sonstigen schwimmenden Körpern, die zwischen die Leisten geraten sind. Die Schütztafeln Boulé's sind weit billiger, weniger empfindlich, leichter abzunehmen, zu transportieren, zu lagern und wieder aufzubringen.

In Suresnes hat man deshalb die 1,25 m weiten Felder des Durchlasses abwechselnd mit Schütz- und mit Rolltafeln geschlossen (Fig. 16 und 17). Die Regulierung erfolgt gewöhnlich nur mittels der leicht zu bewegenden Schütztafeln an der Oberfläche des Stauspiegels, die Rolltafeln werden erst bei höheren Anschwellungen gezogen, nachdem das Unterwasser erheblich gestiegen, der Wehrboden mit einer höheren Wasserschicht bedeckt ist und das Aufwinden leichter, sowie ohne Beschädigung der Leisten erfolgen kann. Sie verbleiben aber zunächst in aufgerolltem Zustande und werden erst abgenommen und nach dem Lagerplatze am Ufer befördert, wenn ein Überfluten der Arbeitsbrücke zu befürchten ist.

In Deutschland, wo bei den Kanalisierungen nur mäßige Gefälle zu überwinden waren, bei denen man noch mit Nadeln auskam, sind die Schütztafeln Boulé's und die Rolltafeln Caméré's noch nicht verwendet worden.

C. Klappenwehre.

Für die Anordnung der Klappenwehre kann auf Kap. III, S. 304, und auf Taf. XVI, Fig. 9 bis 12, verwiesen werden. Hier sei bemerkt, daß sie bei dem in den Jahren 1879 bis 1882 bewirkten Umbau der Wehre der oberen Seine nach verschiedenen Richtungen verbessert sind. Man legte die Oberkante der Klappen statt bisher 0,1 m unter Stauspiegel in die Höhe desselben, schränkte den Zwischenraum zweier Klappen auf 5 cm ein, verstärkte die Rahmen u. s. w. Zur Verhütung des selbstthätigen Niederlegens der Klappe wurde der Drehpunkt, der früher in $\frac{5}{12}$ der Höhe (von unten) gelegen hatte, fast auf halbe Höhe gelegt.

Die Klappen der Schiffsdurchlässe sind nahe ihrer Oberkante gewöhnlich ausgestattet mit 1 m hohen, 0,65 m breiten Klappen (*vanne papillon*, vergl. Taf. XII der 1. Abt., 1. Hälfte, Fig. 16), die große Vorteile bei der Regulierung des Stauspiegels und bei den mit der Klappe vorzunehmenden Arbeiten gewähren.²⁸⁾ Durch das Öffnen der kleinen Klappen wird nämlich nicht allein Vorflut geschaffen, sondern auch der auf die obere Hälfte der großen Klappe ausgeübte Wasserdruck vermindert, deren selbstthätiges Niederlegen verhütet; das Niederlegen erfolgt erst, nachdem die Stütze des Klappenträgers mittels der Hakenstange (vergl. die genannte Tafel, Fig. 18) zur Seite geschoben ist. Auch beim Aufrichten der Klappen leisten die geöffneten kleinen Klappen wichtige Dienste.

Während sich die Klappen an der oberen Seine gut bewährt haben, nachdem sie, wie vorstehend angegeben, verbessert worden, sodaß sie dort nur bei den Flutwehren durch Hakennadeln ersetzt sind und bei der Regulierung des Stauspiegels von den Wehrwärtern den Nadeln vorgezogen werden, hat man an der Maas in Belgien weniger gute Erfahrungen gemacht. Man klagt darüber, daß die Klappen beim Niederlegen heftige Stöße erleiden und daß der Wehrkörper nebst Sturzbett durch das plötzliche Freimachen einer größeren Öffnung stark angegriffen wird. Die Bewegung der Hakenstange soll durch Eis- oder Sinkstoffablagerung zuweilen gehindert und somit das Niederlegen der Klappen vereitelt werden. Namentlich ist aber das Aufrichten derselben

²⁸⁾ Veröffentlichung von Boulé über die beim Wehre von Port à l'Anglais angewandte sogenannte Schmetterlingsklappe in den Ann. des ponts et chaussées 1873, II.

stets mit Schwierigkeiten und selbst mit Gefahren für die Arbeiter verknüpft, auch erst möglich, nachdem das Hochwasser verlaufen ist und der Wasserspiegel sich erheblich gesenkt hat, wodurch leicht empfindliche Zeitverluste für die Schifffahrt entstehen.

An der Marne²⁹⁾ wurden ähnliche, ungünstige Erfahrungen gemacht, indem die in den Pfeilern angeordneten Winden zerbrachen, die Hakenstangen nicht bewegt werden

Fig. 18 bis 20.

Stauanlage in der Saône zu La Mulatière bei Lyon.

Fig. 18. Lageplan.

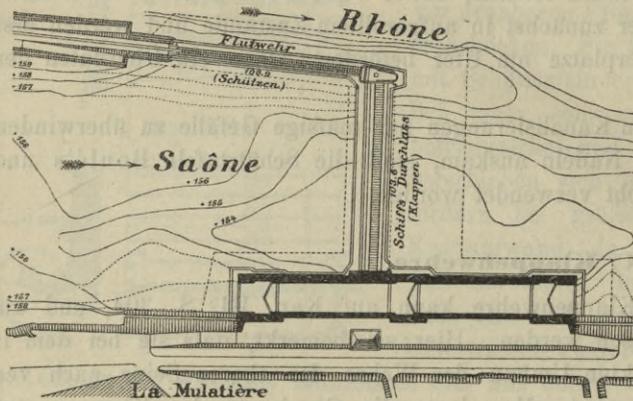


Fig. 19. Schiffsdurchlaß.

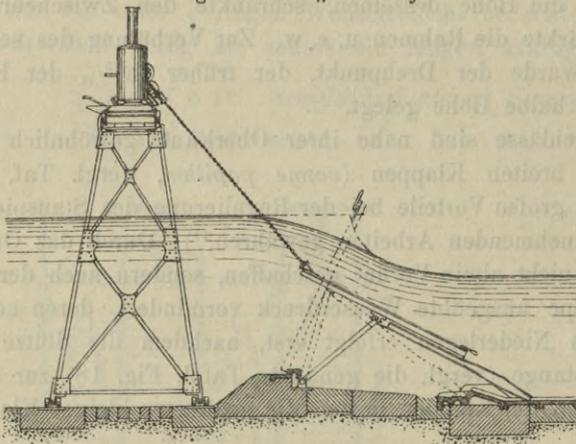
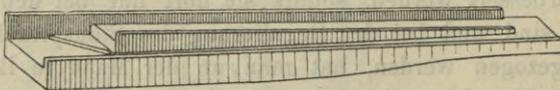


Fig. 20. Fußplatte für die Stützen der Klappenträger.



sind mithin die mit den Hakenstangen verbundenen, übrigens an der oberen Seine nur selten bemerkten Mißstände vermieden, gleichzeitig ist aber auch auf ihren Vorzug, die Niederlegung des Wehres in wenigen Minuten, verzichtet. Da die Regulierung des Wasserspiegels mittels der Schütztäfel des Flutwehres erfolgt, wird

konnten, das Aufrichten der Klappen, namentlich der letzten, sehr mühevoll war, auch die aufgerichteten Klappen sich öfters wieder niederlegten, weil sich die Streben nicht ordentlich gegen die Schuhe (Knaggen) stützten; es mußte die Haltung alsdann wieder abgelassen werden.

Beim Saône-Wehre zu La Mulatière oberhalb Lyon³⁰⁾ (Fig. 18 bis 20) wird das 100,9 m weite, mit der Sohle 0,1 m über dem Unterwasser liegende Flutwehr mittels Boulé's Schütztäfel geschlossen; für den 103,6 m weiten, 1,6 m tiefer liegenden Schiffsdurchlaß sind von Pasqueau eiserne Klappen von 4,35 m Höhe, 1,4 m Breite ohne Hakenstangen zur Verwendung gebracht. Die Klappen werden am unteren Ende mittels Kette und Winde von einer Poirée'schen Arbeitsbrücke aus angezogen, wobei die hintere Stütze des Bockes von der auf der Fußplatte befindlichen Erhöhung herunterfällt und beim Nachlassen der Kette sich nebst der Klappe langsam auf den Wehrrücken niederlegt. Es

²⁹⁾ Bericht von Malézieux in den Ann. des ponts et chaussées 1868, II. S. 485.

³⁰⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1881. — Beschreibung des Wehres auch in Kap. III, S. 307.

das Niederlegen des Klappenwehres möglichst vermieden. Dieses Niederlegen und das Wiederaufrichten erfordern auch deshalb längere Zeit als bei einem Durchlasse mit gewöhnlichen Chanoine'schen Klappen, weil hier noch die Arbeitsbrücke beseitigt und aufgestellt werden muß, die dort fehlt. Ferner muß es Zweifel erregen, ob die Stütze des Bockes unter allen Umständen, auch unter Berücksichtigung von Sinkstoffablagerungen, eine so sichere Stellung auf der Fußplatte findet, daß nicht zuweilen ein unfreiwilliges plötzliches Abgleiten einer Klappe zu befürchten ist. Die Konstruktion ist bei sonstigen französischen Wehren, soweit bekannt, nicht zur Einführung gelangt, vielmehr nur bei amerikanischen Wehren, insbesondere am Ohio und am Kanawha oberhalb Cincinnati, dessen Staustufen 1,8 bis 4,5 m Gefälle besitzen (Roloff, Nordamerikanisches Wasserbauwesen.³¹⁾)

D. Trommelwehre.

Die Flutwehre der älteren französischen Kanalisierungen sind öfters auch mit Trommeln nach Desfontaine's Angabe ausgestattet, deren Klappen nur etwa 1 m Höhe haben, also bewegliche Aufsätze für das Überfallwehr bilden; sie vermögen bei schnellem Wasserwechsel in kürzester Zeit Vorflut zu schaffen (s. Fig. 3, Taf. XIII der 1. Abt., 1. Hälfte). Trommelwehre, jedoch in größerer Höhe und verbesserter Konstruktion, sind auch beim Schiffsdurchlaß zu Charlottenburg und den Flossgerinnen der Main-Kanalisation angewandt (vergl. Fig. 3, Taf. XIV der 1. Abt.). Von Nakons sind Trommelwehre mit verkürzter Gegenklappe angegeben, die keine so tiefen Kammern erfordern.³²⁾ Wegen der tiefen, kostspieligen Fundierung und der hohen Herstellungskosten können die Trommelwehre nur schwer den Wettbewerb mit anderen Anordnungen aushalten, namentlich eignen sie sich nicht für größere Höhen.

Die Frage, welcher Art der beweglichen Wehre der Vorzug zu geben ist, kann nur unter eingehender Berücksichtigung der Eigenschaften des Flusses beantwortet werden. Es kommt namentlich hierbei in Betracht, ob die Anschwellungen bei Hochwasser sich zu größerer Höhe erheben und plötzlich einzutreten pflegen, ob der Eisgang von Bedeutung ist und die Schifffahrt auch im Winter bei mildem Wetter noch ausgeübt wird oder während bestimmter Monate ganz ruht. Ferner ist die Sinkstoffbewegung zu berücksichtigen. Wegen ihrer größeren Betriebssicherheit, Einfachheit und Billigkeit ist den Nadelwehren im allgemeinen der Vorzug zu geben bei kleineren und mittleren Gefällen; bei den letzteren sind Hakennadeln zu verwenden. Bei größeren Gefällen, falls die Nadeln über 4 m Länge erhalten müssen, wird man zweckmäßig Boulé's Schütztäfel vor Nadelwehrböcken verwenden. Klappenwehre können nur bei Flüssen mit rasch wechselnden Zuflüssen in Betracht kommen. Die Thatsache, daß Klappenwehre an der belgischen Maas nur im Flutwehre verwendet wurden, während der Durchlaß mittels Kummer'scher Nadeln verschlossen wird, daß dagegen an der oberen Seine und bei La Mulatière die Klappen nur im Durchlaß beibehalten sind, während das Flutwehr mittels Hakennadeln bzw. Schütztäfel geschlossen ist, läßt erkennen, daß man in Frankreich und Belgien zu einem bestimmten Urteile nicht gelangt ist.

³¹⁾ Über Kanalisierung mittels der selbstthätigen Klappenwehre von Carro vergl. Centralbl. d. Bauverw. 1890, S. 211; Ann. des travaux publics 1889, S. 205; Ann. industr. 1888 und Génie civil 1888, S. 277. — Über Klappenwehre mit Belastungstrommeln. Engng. 1888, S. 182. — Klappenwehr von Danckwerts. Centralbl. d. Bauverw. 1887, S. 56. — Klappenwehr von Czaretkovics. Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1887, S. 65. — Klappen mit senkrechter Achse. Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 370.

³²⁾ Centralbl. d. Bauverw. 1890, S. 185.

Was insbesondere die Schiffsdurchlässe betrifft, so brauchen sie zwar selten ganz geöffnet zu werden, es ist aber wichtig für die Schifffahrt, daß dies rasch geschieht, damit die Durchschleusung erspart werde, und daß auch die Schließung des Durchlasses ohne größeren Zeitverlust erfolge, sobald das abfallende Hochwasser ohne Aufstau nicht mehr die normale Fahrtiefe gewährt. Dieser Forderung entsprechen, nach den an der oberen Seine gemachten Erfahrungen, die verbesserten, d. h. verstärkten und mit Schmetterlingsklappen ausgestatteten, nicht selbstthätigen Klappen, welche dort 3,0 und 3,4 m Höhe besitzen, in hohem Grade. Allerdings ist an der Seine bei einem um 1 m gefallenem Hochwasser, welches die Wiederaufrichtung der Klappen gestattet, noch die normale Tiefe von 2 m auf dem Unterdrempel der Schleusen zu finden; bei den Maas-Wehren sind die Verhältnisse in dieser Beziehung ungünstiger. Für Flüsse mit plötzlichen Anschwellungen, die ein sehr rasches Freimachen der Öffnung erfordern, werden deshalb Schiffsdurchlässe mit Klappen sich empfehlen können, trotz der Gefahren, die bei ihrer Bedienung nicht ganz ausgeschlossen sind, trotz ihrer größeren Empfindlichkeit und ihres größeren Kostenaufwandes. Die Gefahren sind jedoch nicht erheblich, da bei 26, mit Chanoine'schen Klappen ausgestatteten Flutwehren der Seine und Yonne innerhalb 12 Jahren nur ein Unfall vorgekommen ist, und zwar infolge Nichtachtung der Dienstvorschriften.³³⁾

§ 11. Die Schleusenanlage. Es lassen sich drei Anordnungen unterscheiden, von denen die nachstehend unter 1. und 2. besprochenen am häufigsten vorkommen.

1. Die Schleuse liegt im Flußbett unmittelbar neben dem Wehre, von dem sie durch einen etwa 4 m breiten Pfeiler getrennt ist, und wird bei Hochwasser gleich dem beweglichen Wehre überflutet. Diese Anordnung wird gewählt, falls der Fluß genügende Breite für die Aufnahme beider Bauwerke besitzt. Sie findet sich z. B. an der Fulda (Taf. XV, Fig. 14), sowie bei vielen Staustufen der belgischen Maas (Taf. XVI, Fig. 3) und der Seine (Fig. 1, S. 536 und Taf. XVI, Fig. 10). Im letzteren Flusse wird der Pfeiler an der Flußseite, um an Kosten zu sparen, größtenteils durch eine in Mörtel abgeplasterte Böschung mit vorderer Spundwand begrenzt.

2. Die Schleuse wird in einem kurzen Kanale erbaut, der unmittelbar neben dem Flusse angelegt und von ihm nur durch Erdzungen von etwa 20 m Breite getrennt ist. Diese Anordnung ist z. B. am Main (Taf. XV, Fig. 2) und der Oder (Taf. XV, Fig. 10) zur Ausführung gekommen. Sie wird gewählt, falls der Fluß keine genügende Breite zur Aufnahme der Schleuse besitzt. In der Regel ist das Oberhaupt der Schleuse hochwasserfrei, d. h. mindestens 0,3 m über dem höchsten Wasserstande liegend, aufgeführt und im Anschluß an dasselbe ein hochwasserfreier, wenn auch schmaler Damm längs der Schleusenkammer oder wenigstens eines Teiles derselben angeschüttet, um Eisgang und Hochwasserströmung mit ihren Ablagerungen von der Schleuse fernzuhalten. Bei Flüssen mit geringer Eis- und Sinkstoffführung ist es aber auch zulässig, Ober- und Unterhaupt in gleicher Höhe anzulegen, also eine Überflutung der Schleuse eintreten zu lassen, deren höher reichende Teile (Schützenwinden u. dergl.) leicht abnehmbar eingerichtet werden.

Bei beiden Anordnungen schließt sich das Wehr entweder an das Oberhaupt (Taf. XV, Fig. 10) oder an das Unterhaupt (Taf. XV, Fig. 14, und Taf. XVI, Fig. 10) oder an den mittleren Teil des Pfeilers bezw. Trennungsdammes. Beim Anschluß an das Oberhaupt wird die Strömung des Wehres leicht gefährlich für die von oberhalb kommenden, in die Schleuse einfahrenden Schiffe; es ist alsdann unerlässlich, ihnen

³³⁾ Ann. des ponts et chaussées 1883, I. S. 649.

durch abgeplasterte, genügend lange Trennungsdämme Schutz zu bieten. Bei einem zu kurzen Trennungsdamme wird das Hinterende eines einfahrenden Schiffes, dessen Spitze sich schon in der Schleuse oder im ruhigen Wasser befindet, bei höheren Ständen leicht von der Strömung herungerissen und gegen das Wehr getrieben.³⁴⁾ An Stelle der Trennungsdämme sind in der Maas auch begehbare, über niedrigen Steinschüttungen oder Sinkstücken aufgeführte hölzerne Leitwerke hergestellt (Fig. 21 und 22) oder auch massive Wände (Fig. 23). In Flüssen mit geringerem Gefälle, also geringerer Strömung, können auch Leitwerke allein oder eine gröfsere Anzahl von Dütalben den Trennungsdamm ersetzen.

Beim Anschluss an das Unterhaupt ist die vom Wehr kommende Strömung dem Einziehen der Fahrzeuge in die Schleuse hinderlich, sodass ein bis über den mittleren Unterwasserspiegel reichender, abgeplasterter Trennungsdamm auch hier erwünscht ist. Je länger und höher ein solcher Damm ist, um so seltener wird eine Ablagerung von Sinkstoffen eintreten, die bei höheren, den Trennungsdamm überflutenden Ständen der sandführenden Flüsse regelmäfsig im Unterkanal erfolgt. Durch den längeren Trennungsdamm wird auch ein Liegehafen gebildet und die spätere Einbauung eines zweiten Unterhauptes, behufs Bildung einer Schleppzugschleuse, erleichtert. Es ist z. B. am Main ein zweites Unterhaupt in 255 m Entfernung von der Schleuse errichtet, behufs Aufnahme des Schleppdampfers und sechs grofsen Lastschiffe von 1000 t Tragfähigkeit (Taf. XV, Fig. 2). Über niedrigen Grundschwellen aufgeführte Leitwerke vermögen keinen vollen Ersatz für Trennungsdämme zu bieten. Hat die Schleuse eine gröfsere Länge und wird das Wehr an die Mitte derselben geschlossen, so vermag zwar die Wehrströmung weniger nachteilig auf die Fahrzeuge einzuwirken, es sind aber auch bei dieser Anordnung Leitwerke, bzw. Trennungsdämme, für einen sicheren Schiffahrtsbetrieb und die Verminderung von Sinkstoff-Ablagerungen nicht zu entbehren. Der Anschluss des Wehres an die Mitte der Schleuse ist für den Verkehr zwischen dem Ufer und dem Wehre, welcher sich über die Thore des Ober- und Unterhauptes bewegt, weniger bequem, was für die rasche Bedienung der beweglichen Wehre bei plötzlich eintretenden Hochfluten nachteilig ist.

Je länger die Trennungsdämme sind, um so besser für die Schifffahrt, um so gröfser natürlich auch die Anlagekosten. Lange Schleusenkanäle vermindern das Wehr-

Fig. 21 u. 22.

Leitwerk am oberen Schleusenkanale (Maas).

Ansicht und Querschnitt.

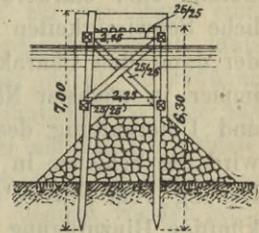
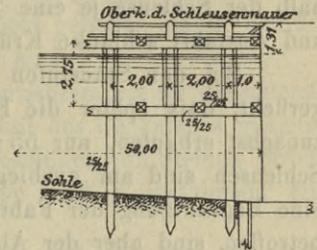
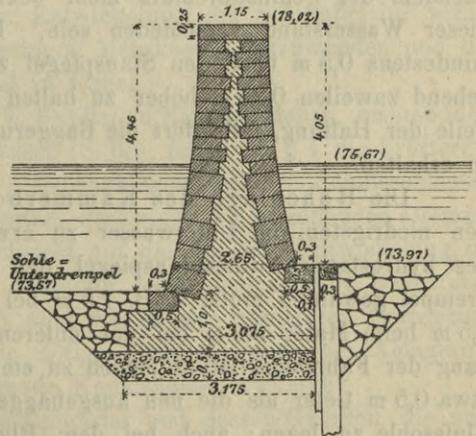


Fig. 23. Schutzmauer am Unterkanale zu Grandes Malades (Maas).



³⁴⁾ Über bezügliche Erfahrungen bei der Fulda-Kanalisation s. „Schiff“ 1896, No. 1.

gefälle, sie umgehen die Versandungen unter dem Wehre, sowie dessen Strömungen, geben gute Liegeplätze und erleichtern die spätere Verlängerung der Schleuse. Bei mehreren deutschen Kanalisierungen, wo die Dämme aus Sparsamkeitsrücksichten anfänglich nur eine geringe Länge erhalten hatten, sind sie in neuerer Zeit verlängert worden.

Der Schleusenkanal erhält in der Sohle etwa die doppelte Breite der Schleusenthorweite und wird mit seiner Achse etwas seitlich der Schleusenachse ausgeführt, damit das Ein- und Ausziehen der Schiffe durch die wartenden Fahrzeuge nicht behindert werde. Für einen sicheren Betrieb mit Schleppzügen ist es erwünscht, ober- und unterhalb der Schleuse je eine 150 bis 200 m lange gerade Strecke anzulegen und der Ein- und Ausfahrt schlanke Krümmungen zu geben.

Bei den Staustufen der Oder ist das Schleusenwärtergebäude so weit zurückgerückt, daß später die Errichtung einer Schleppzugschleuse zwischen ihm und der zunächst erbauten, nur 55 m langen, 9,6 m weiten Schleuse möglich ist. Die meisten Schleusen sind am ausbiegenden (konvexen) Ufer erbaut, sodafs die Schleusenkanäle eine Begradigung der Fahrstrafse herbeiführen; sie werden von der Strömung weniger betroffen, sind aber der Ablagerung von Sinkstoffen leicht ausgesetzt.

3. Falls die Flußstrecke unterhalb des Wehres Stromschnellen oder ein großes Gefälle oder stärkere Krümmungen u. s. w. besitzt, sodafs sie den Fahrzeugen erhebliche Schwierigkeiten bereitet, wird ein Schleusenkanal von größerer Länge ausgeführt, der dann den Charakter eines Seitenkanales annimmt (vergl. § 12) und auch nicht immer in nächster Nähe des Flusses zur Ausführung gebracht wird. Da die Anlage und Unterhaltung des Oberkanals weniger kostspieliger als die des Unterkanals ist, wird die Schleuse in der Nähe der unteren Ausmündung erbaut, jedoch in solcher Entfernung vom Flusse, daß ruhige Liegeplätze für die Fahrzeuge entstehen, auch die künftige Hinzufügung eines zweiten Unterhauptes behufs Einrichtung einer Schleppzugschleuse möglich ist. Die Ausmündung des Kanals an einem einbiegenden (konkaven) Ufer hat den Vorteil, daß daselbst Ablagerungen von Sinkstoffen vermieden werden.

Die Höhenlage der Kammerwände richtet sich nach dem höchsten Wasserstande, bei dem ein Durchschleusen der Fahrzeuge noch erforderlich werden kann. Je nachdem der Schiffsdurchlaß mehr oder weniger leicht befahren werden kann, wird dieser Wasserstand verschieden sein. Die Oberkante der Schleusenthore ist jedoch mindestens 0,5 m über den Stauspiegel zu legen, da dieser erfahrungsmäßig vorübergehend zuweilen 0,25 m höher zu halten ist, um die vollbeladenen Schiffe im oberen Teile der Haltung, falls dort die Baggerungen nicht rechtzeitig auszuführen waren, flott zu erhalten.

Die Höhenlage des Kammerbodens und des Unterdrempels wird durch den niedrigsten, im Unterwasser zu erwartenden Wasserstand bestimmt. Es ist dies der hydrostatische Rückstauspiegel, der noch die normale Fahrtiefe über dem Unterdrempel gewähren muß, z. B. 1,5 m bei den Schleusen der Fulda, 2 m bei der Oder, 2,5 m beim Main, 3,2 m bei der unteren Seine. In Rücksicht auf den künftigen Tiefgang der Fahrzeuge ist es jedoch zu empfehlen, die Kammer nebst Unterdrempel noch etwa 0,5 m tiefer als die neu ausgebagerte, zur Zeit des Baues für genügend erachtete Flußsohle zu legen; auch bei dem Rhein-Elbe-Kanal sollen die Drempel 0,5 m tiefer als die Kanalsohle erbaut werden. Eine aus wirtschaftlichen Gründen später geforderte größere Fahrtiefe ist nämlich durch Hebung des Stauspiegels schwer zu erreichen, da die Brücken die nötige Lichthöhe (3,5 bis 4,0 m) und die Grundstücke ihre Vorflut verlieren würden. Sie ist durch Ausbaggerung der Flußsohle in der Regel leichter herzustellen,

falls nur Schleuse und Durchlaß tief genug angelegt sind. Die größere Tiefe der Kammer ist auch insofern nützlich, als die Bewegungswiderstände beim Ein- und Ausziehen der Fahrzeuge geringer sind. Man vergleiche Kap. X, § 16.

Werden die Wehre im Winter in Rücksicht auf bessere Fortführung der Sinkstoffe auch zu Zeiten geöffnet, wo die Schifffahrt noch lebhaft betrieben wird, so tritt allerdings eine Senkung des Wasserspiegels unter den hydrostatischen Rückstauspiegel ein. Die Grenze für den Tiefgang der Fahrzeuge wird aber durch die Höhenlage der Flußsohle gebildet und diese liegt bei der Ausführung der Kanalisierung immer höher, als der Unterdrempel und muß erst durch Baggern auf diese Tiefe gebracht und dauernd erhalten werden. Immerhin ist bei solchen Verhältnissen Vorsicht geboten, da die Schiffer künftig eine Vertiefung des Fahrwassers zu fordern geneigt sind.

Besondere Vorsicht ist hinsichtlich der Höhenlage des Unterdrempels für die unterste Schleuse einer kanalisierten Strecke nötig, die nicht den Vorteil des Rückstaues genießt, bei der aber erhebliche Senkungen des Wasserspiegels durch Beseitigen von Steinen, Stromschnellen u. s. w., abgesehen von gewöhnlichen Vertiefungen und Korrekturen, eintreten können.

Der Oberdrempel muß die normale Fahrtiefe noch bei dem niedrigsten Oberwasserspiegel gewähren, der in der Regel 0,5 bis 1,0 m unter normalem Stauspiegel liegt. Er tritt zur Zeit der Anschwellungen ein, wo das Wehr zur Verhütung eines nachteiligen Rückstaues erheblich geöffnet und der Stauspiegel gesenkt werden muß, während der Durchlaß noch nicht befahren werden kann. Es ist jedoch zu erwägen, ob die Schifffahrt auch im Winter bei geöffnetem Wehr und gewöhnlichem Wasser ausgeübt werden wird, da alsdann das Oberwasser nur wenig höher als das Unterwasser steht und daher Oberdrempel, Kammer und Unterdrempel gleich hoch zu legen sind, sofern nicht etwa der Schiffsdurchlaß so tief gelegt ist, daß er benutzt werden wird. Durch die tiefe Lage des Oberdrempels werden verhältnismäßig geringe Mehrkosten hervorgerufen. Das Eintreiben von Stoffen in den Boden des Oberhauptes, wodurch die Bewegung der Thore erschwert werden kann, läßt sich durch Einlegen einiger Balken in den oberen Dammfalz oder durch die Errichtung einer kleinen, die Sinkstoffe zurückhaltenden Fallmauer leicht verhüten. Es ist daher, falls die Verhältnisse betreffs der winterlichen Ausübung des Staues und der Entwicklung der Schifffahrt im voraus schwer zu erkennen sind, vorzuziehen, die geringen Mehrkosten aufzuwenden und den Oberdrempel nicht höher als den Unterdrempel zu legen.

Im übrigen ist für die Schleusen das XIV. Kapitel zu Rate zu ziehen, insbesondere in § 3 desselben die Besprechung der Flußschleusen (S. 63), ferner in § 4 die Erörterung der Abmessungen (S. 68) und § 26 (S. 339) Nebenanlagen bei den Schiffsschleusen.

Die Höhenlage der Schleusenkanäle entspricht derjenigen der betreffenden Drempel, doch wird man sie, falls die Drempel in Rücksicht auf die künftige Entwicklung der Schifffahrt erheblich tiefer gelegt sein sollten, vorläufig nach dem zeitigen Bedürfnisse ausführen können. Für den Schifffahrtsbetrieb sind wegen der geringeren Bewegungswiderstände und der größeren Sicherheit, die nötige Fahrtiefe auch bei Ablagerung von Sinkstoffen zu behalten, möglichst tiefliegende Kanalsohlen erwünscht.

Das Beamtengebäude für den Schleusenmeister und dessen Gehilfen, die auch das Wehr bedienen, und der Schuppen zur Aufbewahrung der Geräte-Reserveteile, Dammbalken u. s. w. werden auf einer hochwasserfreien Fläche seitlich der Schleuse errichtet; durch einen hochwasserfreien Damm wird die Verbindung mit der Schleuse erhalten (Taf. XV, Fig. 9). Man vergleiche das XV. Kapitel, § 15 (Schleusen und ihre

Umgebung. Hochbauten). Wird das Wehr nicht in unmittelbarem Anschluß an die Schleuse erbaut, so ist ein besonderes Gebäude für den Wehrwärter und ein Schuppen für die Reserveteile des Wehres herzustellen.

§ 12. Seitenkanäle. Seitenkanäle treten teils als ein Zubehör der Flussskanalisierungen, teils als selbständige Anlagen auf. Das Nachstehende erstreckt sich auch auf die letzteren, weil sie bei Besprechung der Schiffahrtskanäle (Kap. XV) nur beiläufig erwähnt sind.

In der Regel wird der Fluß selbst auf ganzer Länge als Wasserstrasse benutzt und es wird nur ein kurzer Schleusenkanal zur Umgehung des Wehres angelegt. Besondere Seitenkanäle sind wegen der mit ihnen verbundenen großen Kosten nur aus triftigen Gründen, namentlich in den folgenden Fällen auszuführen.

1. Zur Umgehung einer mit erheblichen Schiffahrtshindernissen behafteten Flußstrecke, insbesondere einer Stromschnelle, und zur Vermeidung scharfer, einen weiten Umweg bildender Krümmungen. Ein Beispiel liefert die Mosel-Kanalisation zwischen Frouard und Metz (Taf. XVI, Fig. 14), bei der von der 58,6 km langen Strecke nur 10,45 km im Flußbett selbst liegen. Auch der westliche, zwischen der Spree bei Gr. Tränke und der Dahme gelegene Teil des sogenannten Oder-Spree-Kanals ist hierher zu rechnen. Taf. XV, Fig. 12 zeigt den Anschluß des genannten Kanals an die Spree.

2. Ein Seitenkanal wird ferner angelegt zur Umgehung einer bereits genügend belasteten, zur Aufnahme eines gesteigerten Verkehrs mit großen Fahrzeugen wenig geeigneten Flußstrecke. Beispiele sind der Landwehrkanal bei Berlin und der Großschiffahrtsweg bei Breslau.

Der Landwehrkanal zweigt oberhalb von Berlin aus der Oberspree ab und mündet bei Charlottenburg in die Unterspree, sodafs die Berliner Schleusen von dem durchgehenden Verkehr entlastet werden; er ist durch die Ausstattung mit zahlreichen Löschen- und Ladeplätzen und mit zwei Häfen auch von großer Bedeutung für den örtlichen Verkehr geworden, jedoch für gröfsere Fahrzeuge, die auf die Mühlendammenschleuse in Berlin angewiesen sind, nicht mehr ausreichend. Es ist deshalb in neuester Zeit der Teltower Kanal geplant, der in gröfserer Entfernung von Berlin aus der Oberspree abzweigen und in die Havel bei Potsdam münden, eine wirksame Umgehung Berlins bilden und auch für die Entwässerung, sowie Aufschliessung der von ihm durchzogenen weiteren Vororte von Bedeutung sein wird.³⁵⁾

Der Großschiffahrtsweg bei Breslau ist 1895 bis 1897 hergestellt, weil die Oder in der Stadt sehr unregelmäfsig verläuft, sich in mehrere Arme teilt und mit zwei Staustufen mit kleinen Schleusen und zahlreichen gewerblichen Anlagen versehen ist. Er umzieht die Stadt in einem 6 km langen Bogen, wobei auf der oberen Hälfte ein vorhandener Flutarm, die „Alte Oder“, benutzt, auf der unteren Hälfte ein besonderer Kanal ausgehoben ist. An der oberen Abzweigung ist eine Kammerschleuse, an der Abzweigung aus der „Alten Oder“, in der ein Nadelwehr errichtet wurde, eine Schutzschleuse erbaut zur Sicherung des Kanals vor der Hochflutströmung der „Alten Oder“. Endlich hat der Seitenkanal nahe seiner unteren Ausmündung eine Kammerschleuse erhalten.³⁶⁾

3. Es sind Seitenkanäle längs derjenigen Flußstrecken vorzuziehen, denen durch Gebirgsbäche viel Geschiebe zugeführt wird, sodafs die Räumung sehr erschwert wird.

4. Sie können in Flußstrecken mit sehr niedrigen Ufern und geringer Niedrigwassermenge, die sich weder für die Kanalisation noch für die Regulierung eignen, den Vorzug verdienen; hierher sind die Seitenkanäle der oberen Havel zu rechnen.

5. Seitenkanäle sind auch im oberen Laufe eines übrigens kanalisierten oder regulierten Flusses am Platze, wo die Haltungen wegen des großen Gefälles zu kurz

³⁵⁾ Entwurf von Havestadt und Contag. Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1898.

³⁶⁾ Der Breslauer Großschiffahrtsweg von Peschek im Centralbl. d. Bauverw. 1898, S. 53. — Auch Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1898.

werden würden, insbesondere wenn es sich um die Verbindung mit einem anderen Flusse handelt.

6. Endlich sind sie zur Umgehung von Seen oder von sehr breiten Flusstrecken ausgeführt, die bei heftigem Winde wegen der zu hohen Wellen von Binnenschiffen nicht mehr befahren werden können.

Beispiele sind der Seitenkanal zwischen Tancarville und Havre, der den Flussschiffen der Seine den Zugang bis zu den Hafenbecken von Havre gewährt, während sie früher in Rouen umladen mußten³⁷⁾ und der Seitenkanal von Oldersum bis Emden, der das unterste Stück des Dortmund-Ems-Kanals bildet. Dieser Kanal mußte erbaut werden, weil in der entsprechenden Strecke der Ems die Wellenbewegung häufig zu gefährlich für Kanalschiffe ist; er hat 9 km Länge erhalten und ist als Niedrigwasserkanal angelegt, sodafs er auch für die Vorflut von großem Nutzen sein wird. Nach dem anfänglichen Entwurfe von 1885 würde er als Hochwasserkanal der Vorflut durch Kreuzung der Binnen-Sieltiefe geschadet haben. Man vergleiche Kap. XV, S. 382, Fig. 20. Beim Marien-Flusssystem in Rußland sind 305 km Seitenkanäle zur Umgehung von Seen angelegt, wegen der heftigen Stürme und weil die Seen sehr lange mit Eis bedeckt bleiben.

Die Länge, Lage und Anordnung der Seitenkanäle ist abhängig von ihrem Zwecke und den örtlichen Verhältnissen. Die Länge ist zuweilen nicht erheblich größer, als bei dem gewöhnlichen Schleusenkanal, kann aber, namentlich wenn es sich um die Umgehung eines vielfach gekrümmten, mangelhaften Flusses handelt, viele Meilen betragen.

Was die Lage des Seitenkanals betrifft, so ist es zur Verminderung des Erdaushubes vorteilhaft, ihn in das Überschwemmungsgebiet des Flusses zu legen. Auf der oberen Strecke tritt dies gewöhnlich ein, in bebauten Ortschaften wird er wegen Mangels an Raum an der Abzweigung zuweilen in den Flussschlauch gelegt, wie z. B. in Pont à Mousson bei der Mosel-Kanalisation. Einige hundert Meter unterhalb der Abzweigung des Seitenkanals wird in der Regel ein bewegliches Wehr im Flusse erbaut (Taf. XV, Fig. 12). Es stellt die erforderliche Fahrtiefe in der oberen Flusstrecke her und ist auch deshalb vorteilhaft, weil die mit dem Flusse in freie Verbindung tretende Kanalhaltung in größerer Höhe, nämlich nach dem Stauspiegel (statt nach dem Niedrigwasserspiegel) auszuheben ist. Wo diese Rücksichten nicht zu nehmen sind, ist das Wehr entbehrlich, insbesondere ist es nicht nötig zur Speisung des Seitenkanals, d. h. zur Zuführung des geringen, für die Füllung der Schleuse u. s. w. erforderlichen Wassers. Das Wehr wird in einiger Entfernung unterhalb der Abzweigung errichtet, damit es in geöffnetem Zustande die Schiffe nicht gefährde, auch einiger Raum für die Ablagerung von Sinkstoffen verbleibe. Findet auf der zu umgehenden Flusstrecke ein beschränkter Schiffs- oder ein Floßverkehr statt, so ist neben dem Wehre noch eine Kammer- oder Floßschleuse oder ein Schiffsdurchlaß zu erbauen.

Der Seitenkanal muß vor der Strömung des Hochwassers des Flusses bewahrt werden. Zu diesem Zwecke wird gewöhnlich unweit der Abzweigung eine Kammerschleuse oder eine Schutzschleuse mit hochwasserfreiem Haupte erbaut und durch einen hochwasserfreien Deich mit dem höheren Ufer verbunden. Statt der Schleuse können aber auch Deiche längs des Kanals bis zu dem hochwasserfrei anzulegenden Oberhaupte der unteren Kammerschleuse geschüttet werden; das Hochwasser staut dann in den Kanal hinein, ohne dafs jedoch eine Strömung erfolgt. Beispiele für die erste Anordnung sind der Oder-Spree-Kanal (Taf. XV, Fig. 12), der Großschiffahrtsweg bei Breslau, die bei Hanekenfähr und bei Oldersum aus der kanalisierten Ems abzweigenden Seitenkanäle (Teile des Dortmund-Ems-Kanals) und der Landwehrkanal bei Berlin. Beim Oder-Spree-Kanal ist die Kammerschleuse gewöhnlich geöffnet, das Durchschleusen erfolgt nur bei höheren Wasserständen der Spree, die nicht in den Kanal eindringen dürfen. Ein Beispiel für die letztere Anordnung liefert der zu einem Hafen erweiterte Seitenkanal der Brahe-Mündung (s. Taf. XV, Fig. 5 bis 7). Die Kammerschleuse an der oberen Abzweigung des Seitenkanals weicht von den übrigen Schleusen nur insofern ab, als das Oberhaupt, oder was für den Betrieb bequemer ist, die ganze Schleuse bis über den Hochwasserspiegel geführt wird. Zuweilen befinden sich aber auch besondere Einrichtungen, die das Bauwerk als Sperrschleuse charakterisieren. Es ist z. B. die neue Sperrschleuse zu Hanekenfähr behufs Abschließung der 10 m weiten Thoröffnung gegen das Hochwasser der Ems mit einem aus Nadeln gebildeten Notverschluss ausgestattet, die der anschließenden langen Kanalhaltung selbst im entleerten Zustande Schutz gegen das Hochwasser gewährt und zugleich auch als Freiarche zur Speisung der Haltung

³⁷⁾ Schlichting. Wasserstraßen Frankreichs in der Zeitschr. f. Bauw. 1880; auch Centralbl. d. Bauverw. 1883, und Ann. des ponts et chaussées 1892, S. 633.

dient. Die Nadeln bestehen aus flusseisernen Röhren von 5,15 m Länge, 10,2 cm äußerem Durchmesser, 2 mm Wandstärke, werden bis 1500 kg/qcm beansprucht und legen sich gegen einen schwimmend eingebrachten eisernen Balken.³⁸⁾

Die Schutzschleuse (Taf. XVI, Fig. 13) ist gewöhnlich geöffnet und wird nur zum Schutze des Kanals gegen Hochwasser oder zu seiner Absperrung bei Reparaturen u. s. w. geschlossen. Sie besteht gewöhnlich aus einem Haupte, das mit Stemmtoren und Dammbalkenverschlüssen versehen ist, doch können, wie bei der oben erwähnten Sperrschleuse zu Hanekenfähr, auch andere Abschlüsse gewählt werden.

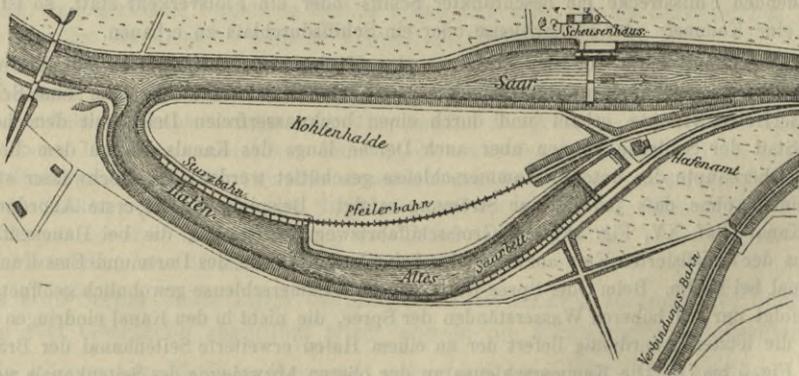
Ob hochwasserfreie Dämme im Anschluß an die untere Kammerschleuse notwendig sind, bedarf eingehender Erwägung; gewöhnlich erhält sie keine Fluthore. Es können dann allerdings unter ungünstigen Umständen, z. B. bei Eisversetzungen im Strome, Überflutungen des landseitigen Kanaldammes, Beschädigungen der Leinpfade und Kanalufer, sowie Ablagerungen von Sand und Geröll im Kanale eintreten. Ein vollständiger Abschluß des Hochwassers durch Fluthore und hochwasserfreie Anschlußdeiche verdient daher, wenn er nicht zu große Kosten erfordert, den Vorzug.

Besteht im Flusse zwischen der oberen Abzweigung und der unteren Einmündung des Seitenkanals ein größerer Höhenunterschied, so sind im Kanal noch andere Kammerschleusen, also mehrere Haltungen, anzulegen.

Zuweilen wird der Seitenkanal auch als Umflut, zur Entlastung des Flusses bei Hochwasser, benutzt; Beispiele sind der Landwehr- und der Schleusenkanal (Kupfergraben) zu Berlin. Handelt es sich um geringere Wassermengen, so können die Umläufe der Schleusen hierfür benutzt werden, andernfalls sind neben den Kammerschleusen besondere, durch Schützen zu verschließende Freiarchen anzulegen.³⁹⁾ Da der Seitenkanal die bestehenden Wege durchschneidet, sind bei ihm, wie bei sonstigen Schiffahrtskanälen, Brücken, Durchlässe, Veränderungen der Vorflutseinrichtungen u. s. w. erforderlich.

§ 13. Flufskanalisierungen im deutschen Reiche. Die älteren Kanalisierungen der Netze, Ruhr, Lahn u. s. w. sind ohne größere Bedeutung, dagegen sind aus den letzten Jahrzehnten wichtige Ausführungen zu erwähnen, bei denen fast immer Nadelwehre, ausnahmsweise, nämlich an der Spree und der Netze, auch Schützenwehre errichtet wurden. Nadelwehre verdienen den Vorzug, weil die Anschwellungen nicht sehr rasch eintreten und das Gefälle der Staustufen kein erhebliches ist; Überfallwehre neben den Nadelwehren sind nicht vorhanden.

Fig. 24. Stauanlage zu Saarbrücken. M. 1 : 10 000.



A. Saar. Im Anschluß an die französischen Ausführungen sind von 1862 bis 1866 drei Staustufen zu Gündingen, Saarbrücken (Fig. 24) und Louisenthal mit 1,6 m Fahrtiefe für 1,4 m tiefgehende Schiffe angelegt worden.⁴⁰⁾ Die Wehre schloßten sich entweder an die Schleusenmauer oder an den Trennungsdamm oberhalb der Schleuse. In den Jahren 1875 bis 1879 ist diese ältere Strecke jedoch bis 2 m

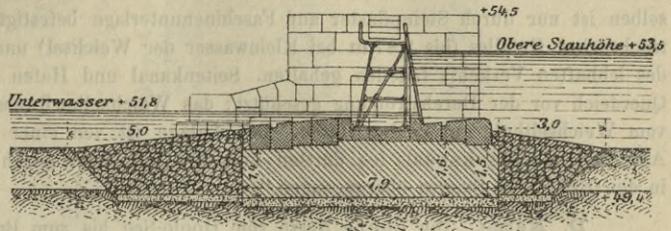
³⁸⁾ Mitteilung von Lieckfeldt im Centralbl. d. Bauverw. 1896, S. 302.

³⁹⁾ Im Centralbl. d. Bauverw. 1896, S. 26 ist das Segmentwehr des Kupfergrabens beim Nationaldenkmal veröffentlicht.

⁴⁰⁾ Aufsatz von L. Hagen in der Zeitschr. f. Bauw. 1866.

vertieft und gleichzeitig sind unterhalb derselben drei Staustufen, zu Wehrden, Bous (Fig. 6, S. 547) und Eusdorf (Fig. 25) errichtet worden, sodafs Schiffe mit 255 bezw. 316 t Tragfähigkeit verkehren können. Bei diesen drei Anlagen schliessen sich die Wehre an den Trennungsdamm oberhalb der Schleuse. Die Länge der sechs Haltungen beträgt 3,86 bis 7,25 m, das Gefälle der drei oberen Schleusen 2,1 bis 2,2 m, der drei unteren 1,7 m; die Oberdrempele liegen 2,1 bezw. 1,5 m höher als die Unterdrempele; die Schleusenweite ist 6,6 m. Die Nadelwehre bestehen aus zwei gleich hohen, aber nur 1,6 m bezw. 1,9 m unter dem Stauspiegel, 2,4 bezw. 1,8 über dem Unterdrempele liegenden Teilen; es fehlt der

Fig. 25. Nadelwehr zu Eusdorf (Saar). M. 1 : 215.



Schiffsdurchlass und der Verschluss erfolgt durch einfache Nadeln. Die älteren, nur 2 m hohen Wehrböcke sind ohne wagerechte Verriegelung aus \perp - und Winkeleisen, die neuen, 2,5 m hohen Böcke aus \perp - und Winkeleisen mit zwei wagerechten Riegeln hergestellt. Die Flufsregulierungen bestanden aus dem Ausbaggern von Kies, sowie Aussprengen von Fels aus den zu hohen Stellen der Flufssohle, Erweitern und Befestigen des Leinpfades, Ausgleichen von besonders unregelmässigen Leinpfads-Böschungen, Abpflasterung der Krone und Böschungen des Leinpfades in Strecken, die dem Angriffe des Wassers besonders ausgesetzt sind, Sichern des Uferfusses durch Bühnen, Stein- oder Schlackendeckwerke und Weidenpflanzungen.⁴¹⁾ Zum Aussprengen des Felsens wurden Thonfangedämme mit eisernen Stäben und Bohlentafeln errichtet.

Die Saar führt bei Niedrigwasser 7,7 bis 9,2, bei mittlerem Sommerwasser 18,5, bei Hochwasser = 310 bis 340 cbm; die Weite der Nadelwehre ist so bestimmt, dafs bei bordvollem Flufs kein merkbarer Aufstau erfolgt. Bei Saarbrücken ist das abgeschnittene Flufsbett für einen Kohlenhafen eingerichtet. Man begann mit dem Bau der Schleusen und ihrer Kanäle, führte nach dem Frühjahrs-Hochwasser zunächst die Landpfeiler und sodann nach und nach die mit Fangedämmen abgeschlossenen Teile des Nadelwehres aus.

B. Mosel (Taf. XVI, Fig. 14). Die Kanalisierung der Mosel zwischen Frouard und Metz ist 1867 begonnen und 1872 bis 1874 nach den französischen Plänen vollendet. Die 58,6 km lange Flufsstrecke liegt nur im unteren Drittel auf deutschem Gebiet; grösstenteils wurden Seitenkanäle hergestellt, die Mosel ist nur auf 10,45 m Länge benutzt worden. Die Nadelwehre bestehen, wie bei der Saar, aus zwei Abteilungen gleicher Bauart. Die Schleusen sind am unteren Ende des Seitenkanals angelegt, haben 39,95 m Nutzlänge, 6 m Breite, 2,15 m Wassertiefe über dem Drempele und 2,0 m Tiefe in den mit 12 bis 15 m Sohlenbreite, $1\frac{1}{3}$ fachen Böschungen angelegten Kanälen, sodafs Schiffe mit 1,8 m Tiefgang und bis 300 t Tragkraft verkehren. Am oberen Ende der Seinekäle sind Schutzschleusen gegen das Hochwasser errichtet.⁴²⁾

Die Bestrebungen, die Mosel auch zwischen Metz und Koblenz zu kanalisieren, sind noch nicht verwirklicht.⁴³⁾

C. Unter-Brahe (Taf. XV, Fig. 5 bis 7). Die Unter-Brahe, d. i. die 12 km lange Strecke der Brahe zwischen Bromberg und der Weichsel, ist 1876 bis 1879 nach einem vom Verfasser aufgestellten Entwurfe mittels zweier Nadelwehre kanalisiert worden. Diese haben zwei durch einen 3,6 m starken Mittelpfeiler (mit Fischpafs) getrennte Öffnungen von 10 und 15,9 m Weite. Die 10 m weite Öffnung liegt 0,7 m über mittlerem Sommerwasser, 1,8 m unter Stauspiegel und ist mit gewöhnlichen Poirée'schen Böcken und Nadeln ausgestattet, die 15,9 m weite Öffnung liegt 0,7 m unter Sommerwasser oder 3,2 m unter Stauspiegel und besitzt Böcke nach dem Muster der Maas-Wehre mit drehbarer Schiene und Kummer'scher Auslösung. Das obere Wehr ist nebst der anliegenden Schleuse etwa 6 km unterhalb Bromberg bei Karlsdorf erbaut; der Stau erhebt sich 2,5 m über das frühere Sommerwasser und 2,0 m über den Rückstauspiegel des unteren Wehres, das nahe der Mündung in einem Durchstiche im Trockenem gebaut werden konnte. Oberhalb dieses Wehres zweigt die 3 km lange Hafenstrasse ab, ein Seitenkanal,

⁴¹⁾ Mitteilung von Schönbrod in der Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1887, S. 159.

⁴²⁾ Mitteilung von Schlichting. Zeitschr. f. Bauw. 1874, S. 147.

⁴³⁾ Friedel. Das Projekt der Kanalisierung der Mosel von Metz bis Koblenz. Trier 1885. — Deutsche Bauz. 1886, S. 178 u. 278. — Wochenbl. f. Bauk. 1886, S. 109. — Das Schönbrod'sche Projekt in der Deutschen Bauz. 1890, S. 394.

der erst in größerer Entfernung unterhalb der Brahemündung in die Weichsel tritt und zu einem 6 km großen Sicherheits- und Flosshafen erweitert ist zum Schutze der Schiffe und Flöße gegen Hochwasser und Eisgang der Weichsel. Die Hafensfläche liegt 0,9 m unter dem Stauspiegel des unteren Wehres, vergl. Fig. 7, Taf. XV. Alle Fahrzeuge und Flöße müssen den Hafen passieren, in dessen Querdeich sich die zwischen dem Thore 9 m, in der Kammer 18,2 m weite, 60 m lange Schleuse befindet. Die Sohle derselben ist nur durch Steinpflaster auf Faschinenunterlage befestigt, hat sich aber trotz des nicht unbedeutlichen Gefälles (bis 3,87 m bei Kleinwasser der Weichsel) und trotz des feinsandigen Bodens, sowie des lebhaften Verkehrs tadellos gehalten. Seitenkanal und Hafen sind durch einen Längsdeich und den Querdeich vor der Durchströmung geschützt; das Weichselhochwasser staut aber sowohl vom Brahe-, als vom Weichselthale aus in den Hafen. Die Anlage ist von einer Aktiengesellschaft errichtet und nach Amortisierung des Kapitals (es durften nur 5% Dividende gezahlt werden) im Jahre 1899 kostenlos in den Besitz des Staates übergegangen.⁴⁴⁾

D. Netze. Die obere Netze vom Goplo-See bis zum Bromberger Kanale ist nach einem vom Verfasser aufgestellten Entwürfe 1879 bis 1882 auf 89,4 km Länge kanalisiert, von denen 58,6 km der Netze selbst, 14,8 km Seestrecken und der Rest einem 9 km langen Seitenkanale und dem für die Schifffahrt erweiterten Speisekanale des Bromberger Kanales angehören. Durch den Seitenkanal und den erweiterten Speisekanal werden Seestrecken und Flussstrecken mit starken Krümmungen umgangen. Es sind Schützenwehre, sowie 8 Schleusen von 5 m Weite, 42 m nutzbarer Länge, 1,5 m Tiefe unter Niedrigwasser erbaut, die denen des Bromberger Kanales entsprechen und für sogenannte finowkanalmäßige Kähne bestimmt sind. Den Kanälen ist zunächst nur 11,2 m Sohlenbreite, 1,2 m Tiefe unter Niedrigwasser und 16,0 m Wasserspiegelbreite gegeben.⁴⁵⁾

Auch an der unteren Netze bis zur Warthe sind von 1891 bis 1896 vier Schützenwehre nebst Kammerschleusen erbaut worden, durch die im Interesse der Kultur des breiten Wiesenthales den Nachteilen vorgebeugt werden soll, die aus den zahlreichen, der Schifffahrt wegen ausgeführten Begradigungen für die Wiesen befürchtet wurden. Durch die Wehre wird der gesenkte Wasserspiegel zeitweise wieder gehoben, namentlich die Überflutung des Wiesenthales in den Wintermonaten ermöglicht; unter Umständen kann die Hebung des Wasserspiegels aber auch der Schifffahrt von Nutzen sein.

E. Lahn. Für die Lahn ist im Jahre 1874/75 ein Kanalisierungsentwurf dem Landtage vorgelegt, aber nicht genehmigt worden. Um den Klagen der Montanindustrie und der Schiffer über die durch die Stromschnellen bei Niedrigwasser hervortretenden Verkehrshindernisse einigermaßen abzuhelfen, ist oberhalb Kalkofen ein Wehr nebst Schleuse in den Jahren 1879 bis 1882 erbaut (Taf. XVI, Fig. 5 bis 8). Das Wehr ist als massives Überfallwehr mit geschweiftem Profil hergestellt und erhebt sich 1,9 m über Niedrigwasser. Der Stau reicht 4,5 km aufwärts; die Stromschnelle hatte hier ein Gefälle von 1:275 mit nur 0,5 m Fahrtiefe bei Kleinwasser. Erstrebt wird eine Fahrtiefe von 1,5 m. Die Schleuse ist mit hochwasserfreiem Oberhaupte und anschließendem, längs des Schleusenkanals sich hinziehenden hochwasserfreiem Deiche hergestellt.⁴⁶⁾

F. Main (Taf. XV, Fig. 1 bis 4). Die 36 km lange Strecke zwischen Frankfurt und dem Rhein besaß bei 10,4 m Gefälle nur 0,9 m mittlere Fahrtiefe. Diese ist durch fünf, in den Jahren 1883 bis 1886 erbaute Wehre zunächst auf 2,0 m und nach weiterer Vertiefung der Flußsohle vor einigen Jahren auf 2,5 m gebracht worden, sodafs 1000 t-Schiffe vom Rhein bis Frankfurt in einem Tage gelangen können. Die Wehre liegen in den Flutgerinnen 2,5 m, in den Schiffsdurchlässen 3,1 m unter dem normalen Stauspiegel. Ihre Weite beträgt je nach der Breite des Flusses 108,4 bis 163,8 m und ist auf 2 bis 4 Öffnungen von 26,6 bis 59 m Weite verteilt; eine Öffnung von 47 bis 59 m Weite dient als Schiffsdurchlaß. Am rechten Ufer befindet sich noch ein 12 m weites, durch ein Trommelwehr geschlossenes Flösgerinne mit etwa 1:200 Neigung. Die Schleusen, welche 2,5 m Drempeltiefe, 10,5 m Weite und 80 m nutzbare Länge haben, sind durch eine längere Erdzunge vom Wehre getrennt. Ihre Höhenlage ergibt sich aus nachstehender Tabelle, die auch Angaben über die Länge der Schleusenkanäle, sowie über das Gefälle und die Gesamtweite der Wehre enthält.

⁴⁴⁾ H. Garbe. Der Weichselhafen Brahemünde und die Kanalisierung der Unter-Brahe i. Zeitschr. f. Bauw. 1888.

⁴⁵⁾ Mitteilung nach einem Vortrage des Verfassers in der Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1885, S. 188 und von Lieckfeldt im Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 392.

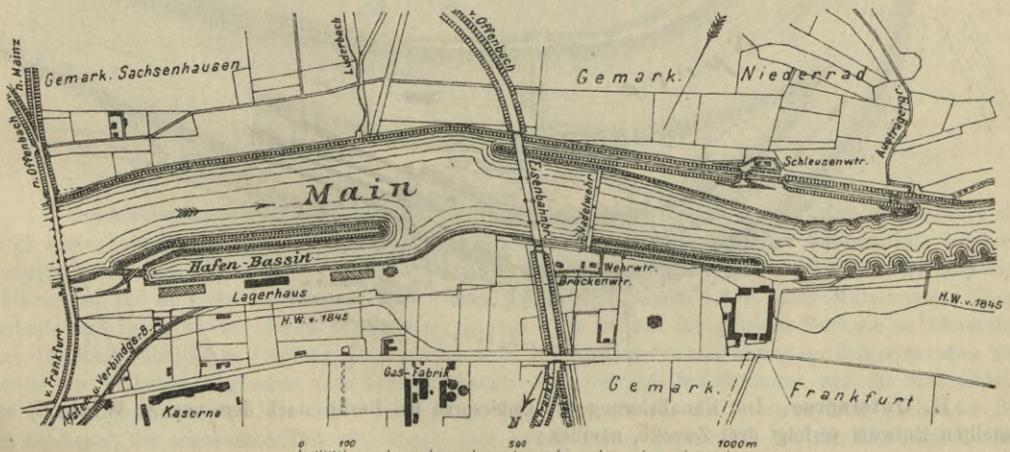
⁴⁶⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1883, S. 389. — Wochenschr. f. Arch. u. Ing. 1884, S. 272. — Mitteilungen des Westdeutschen Kanalvereins 1885, S. 22.

	Höhenlage des		
	Stauspiegels	Oberdremfels	Unterdremfels
	m	m	m
Frankfurt	+ 92,3	88,7	87,1
Höchst	+ 89,6	86,7	85,3
Okriftel	+ 87,8	84,9	83,5
Flörsheim	+ 86,0	81,7	81,7
Kostheim	+ 84,2	81,3	79,3

	Länge des		Gefälle	Weite des Wehres
	oberen Schleusenkanals	unteren		
	m	m	m	m
Frankfurt	570	330	2,7	160,4
Höchst	220	310	1,8	118
Okriftel	220	370	1,8	108,4
Flörsheim	220	310	1,8	163,8
Kostheim	220	1200	2,3	118

Vor einigen Jahren ist 255 m unterhalb jeder Schleuse ein neues, 12 m weites Unterhaupt hinzugefügt; hierdurch ist eine zur Aufnahme von sechs großen Rheinschiffen und dem Schlepper genügende Schleppzugschleuse geschaffen, während man früher fünf Füllungen für einen Zug bedurfte. Der bisherige, $1\frac{1}{2}$ fach geböschte, in der Sohle 20 m breite Unterkanal ist innerhalb der neugebildeten Schleuse, abgesehen von den untersten 1,5 m, mit 1:1 abgebösch, in Mörtel abgepflastert und mit Treppen versehen. Runde, eisenbeschlagene Hölzer dienen zum Abgleiten der Schiffe von den Böschungen; sie werden aber stark beschädigt und wohl besser durch feste, nur wenig vor dem Pflaster vorspringende Hölzer ersetzt. Die Achse der Schleusenkanäle ist zur Erleichterung des Ein- und Ausziehens der Fahrzeuge seitlich der Schleusenachse gelegt; zur raschen Füllung ist ein besonderer Umlaufkanal vom Main in die Schleppzugschleuse angelegt worden. Auf der untersten Strecke, zwischen der Schleuse Kostheim und dem Rheine,

Fig. 26. Stauanlage bei Frankfurt a. M.



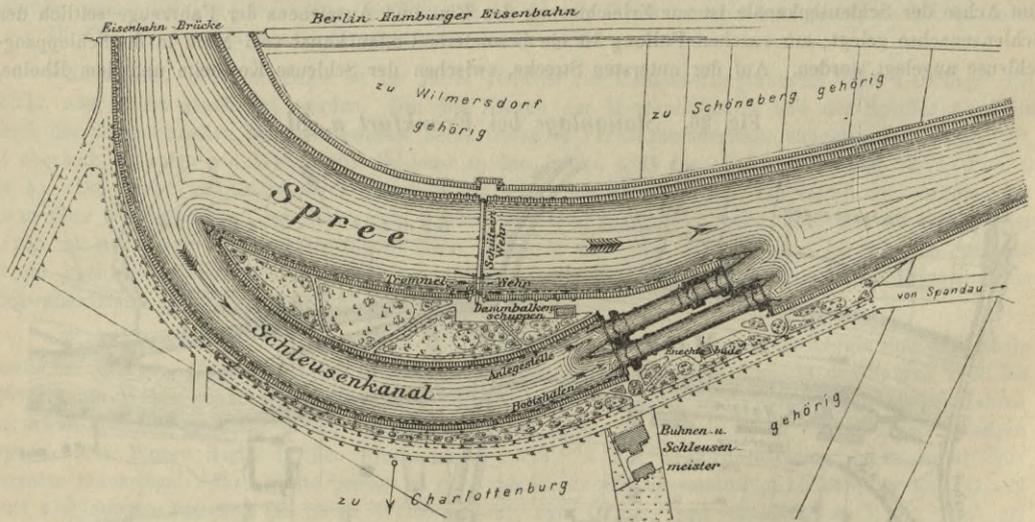
wird die Offenhaltung der ausgebaggerten Fahrrinne durch ein langes Leitwerk erreicht, das den Main bis auf 105 m einengt. Für den Flosverkehr ist ein besonderer Liege- und Handelshafen zwischen Kostheim und Kastel angelegt (s. § 16). Da durch die Kette aus der Flußsohle öfters Steine aufgekantet werden, ist die Sohle des Mains überall mindestens bis $2,5 + 0,3 = 2,8$ m unter dem Stauspiegel vertieft, die gewöhnliche Breite der Fahrrinne $b = 36$ m ist in Krümmungen auf $b + \frac{1600}{R}$ verbreitert, auch der Trennungsdamm nach oberhalb verlängert. Die Schleusen und die 3,5 m starken Wehrpfeiler liegen etwa 0,9 m über dem Stauspiegel, 3,2 m unter Hochwasser, nur die Oberhäupter der Schleusen sind hochwasserfrei erbaut, ausgenommen die Schleuse bei Flörsheim, bei der eine Beschränkung des Profils nicht

statthaft war. Die Schleusen befinden sich sämtlich am linken Ufer, das sich etwa 3,5 m über den ungestauten Wasserspiegel erhebt und deshalb durch die Anstauung in der Vorflut nicht gelitten hat. Seitens der Stadt Frankfurt ist ein Hafen von 560 m Länge, 70 m Breite, 2,5 m Tiefe bei niedergelegtem Wehr nebst Kai- und Gleisanlagen, Lagerhäusern und Ladeplätzen am rechten Ufer des Mains ausgeführt und es sind ausgedehnte Umschlageneinrichtungen auch für das linke Ufer geplant (Fig. 26). Infolge eines mit Hessen abgeschlossenen Vertrags findet eine Fortsetzung der Kanalisierung bis Aschaffenburg statt.⁴⁷⁾ Die weitere Kanalisierung bis Bamberg wird im Anschluß an das Donau-Main-Kanalprojekt erstrebt, da der im Jahre 1845 vollendete Donau-Main-Kanal nur für 120 t-Schiffe ausreicht.⁴⁸⁾

Auf dem kanalisiertem Main hat der Verkehr einen gewaltigen Aufschwung genommen; er betrug 1881/82 nur 312000 t/km, dagegen 1896 bereits 53,9 Millionen t/km.

G. Oberspree (Taf. XV, Fig. 12). Die Kanalisierung der Oberspree ist ein Teil des 87 km langen sogenannten Oder-Spree-Kanals (1887—1891). Es ist ein 24 km langer Seitenkanal von der Dahme (Spree) und dem Seddiner See bis zur Spree bei Gr. Tränke ausgeführt; am unteren Ende befindet sich die Wernsdorfer Schleuse mit 4,9 m Gefälle, am oberen die Gr. Tränker Schleuse. Die Spree, deren Wasserspiegel in Gr. Tränke durch ein Schützenwehr (daneben Schiffsdurchlaß) gehoben ist, steht mit diesem Seitenkanal gewöhnlich in freier Verbindung, nur bei höheren Spreeständen, die in den Kanal nicht eindringen dürfen, tritt die Kammerschleuse in Thätigkeit. Die Spree wird dann von Gr. Tränke über Fürstenwalde, wo sich ein Mühlenstau von 0,9 m größtem Gefälle (Schützenwehr nebst Schleusen) befindet, auf 20 km Länge bis Kersdorf verfolgt, wobei die Durchstiche mit 16 m Sohlenbreite, 2 fachen Böschungen, 2 m Tiefe unter NW. ausgeführt sind und die Sohle übrigens in 20 m Breite auf 2 m Tiefe unter Niedrigwasser ausgebagert wurde. Die Spreesohle ist mit einem Längengefälle 1:100000, die Kanalsohle mit 1:150000 angelegt worden. Man vergleiche Taf. XVI der 2. Hälfte der vorliegenden Abteilung und die unten vermerkten Mitteilungen über den Oder-Spree-Kanal.⁴⁹⁾

Fig. 27. Stauanlage bei Charlottenburg.



H. Unterspree. Die Kanalisierung der Unterspree bei Berlin nach dem von A. Wiebe⁵⁰⁾ aufgestellten Entwurf verfolgt drei Zwecke, nämlich:

1. Die Verbesserung der Wasserstraße zwischen Berlin und der Havel durch Vergrößerung der Fahrtiefe und Beseitigung zu scharfer Krümmungen,

⁴⁷⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1888. — Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 407. — Über Erweiterungsanlagen s. Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 30. Ferner Deutsche Bauz. 1887, S. 87; 1892, S. 60; 1896, S. 647 (Vortrag von Rößler).

⁴⁸⁾ Das Donau-Main-Kanalprojekt. Berlin 1897.

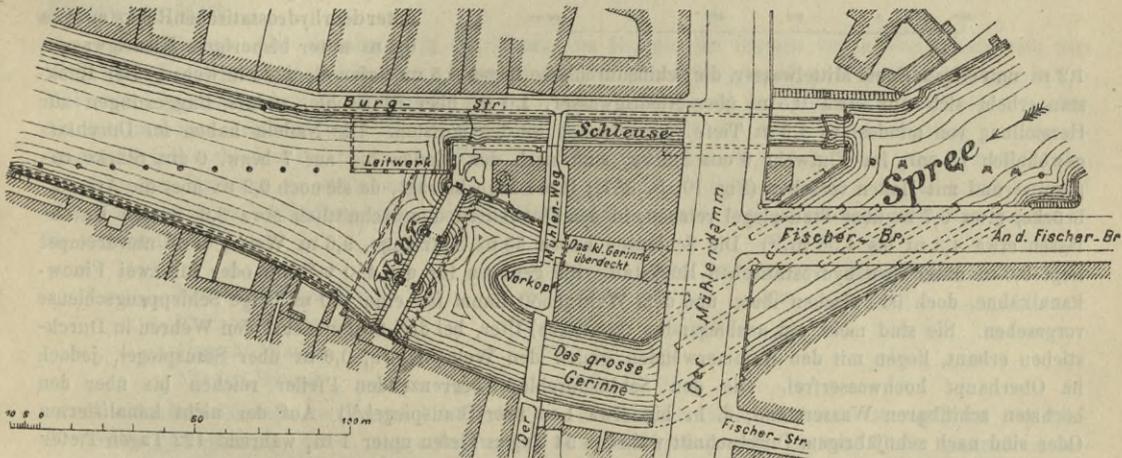
⁴⁹⁾ Der Oder-Spree-Kanal von Mohr. Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 369. — Génie civil 1888, S. 466. — Centralbl. d. Bauverw. 1888, S. 6. — Deutsche Bauz. 1888, S. 11.

⁵⁰⁾ Denkschrift von A. Wiebe im Centralbl. d. Bauverw. 1881 u. 1882, ferner 1888, 1894 u. 1896.

2. Herstellung einer für die Großschiffahrt geeigneten Wasserstrasse am Mühlendamm, wo eine große Schleuse erbaut wurde, und
3. die Verbesserung der Vorflut in Berlin, insbesondere die Senkung des Hochwasserspiegels am Mühlendamm durch die Errichtung des dortigen Wehres in genügender Weite und Tiefe sowie durch Vertiefung der Flußsohle. Die Arbeiten 2. und 3. erforderten 6,4 Millionen Mark und sind gemeinschaftlich vom Staate und der Stadt ausgeführt.

Bei Charlottenburg⁵¹⁾ ist 1883—1885 ein Schützenwehr mit vier Öffnungen von je 10 m Weite und ein 10 m weiter Schiffsdurchlafs (Trommelwehr) erbaut (Fig. 27), vergl. 1. Abt. 1. Hälfte, Taf. IX, Fig. 9 und Taf. XIV, Fig. 3. Letzterer wird jedoch nur wenig benutzt; im Jahre 1898 haben stromab von 10281 leeren Frachtschiffen nur 1370, von 4159 Dampfschiffen nur 2, von 309 Plätzen Floßholz nur 123 den Durchlafs, die übrigen die Schleusen befahren; stromauf ist der gesamte Verkehr durch die beiden neben dem Wehre erbauten Schleusen (Drempel = + 27,2) gegangen, deren Schleusenkanal 35,4 m Sohlbreite besitzt. Durch das Charlottenburger Wehr wird der Wasserspiegel der Spree mindestens in der Höhe des früheren Mittelwassers = + 30,4 NN. gehalten, während das Mühlendammwehr den Wasserspiegel dauernd auf + 32,28 NN. halten soll. Selbst bei Hochwasser (160 cbm), wo durch besondere Freiarchen im Landwehrkanal 15 cbm und im Spreekanal 25 cbm abgeführt werden, sodafs im Hauptarm 120 cbm verbleiben, soll der Stand von + 32,28 m nicht überschritten werden.

Fig. 28. Stauanlage am Mühlendamm zu Berlin.



Das Mühlendammwehr (Fig. 28) besitzt in drei Öffnungen zusammen 40 m Weite und zeichnet sich durch umlegbare Schütztafeln aus, die mittels Rollen auf Schienen derart geführt werden, daß die hochgezogenen Schützen behufs eines freieren Durchblicks eine wagerechte Lage erhalten. Die Kammer-
schleuse hat 110 m nutzbare Länge, 9,6 m Weite, die Drempel liegen 2,5 m unter Mittelwasser; Thore, Umläufe und Spille werden durch Wasserdruck bewegt. Sie ist wie die größere Schleuse zu Charlottenburg für Schiffe bis 1,75 m Tiefgang (Grundfläche 65.8 m) bestimmt⁵²⁾ und nimmt zur Zeit schon etwa zwei Drittel des Verkehrs (abgesehen vom Landwehrkanale) auf, nur ein Drittel kommt auf die Stadtschleuse (am Nationaldenkmale).⁵³⁾ Wie schon im § 12 erwähnt, wird ein für die Großschiffahrt geeigneter Umgehungskanal, der sogenannte Teltower Kanal, vom Kreise Teltow geplant.⁵⁴⁾ Da die Ein- und Ausfuhr in Berlin im Jahre 1898 schon 5,63 Millionen Tonnen betrug, so erscheint eine Entlastung der Berliner Wasserstrasse vom durchgehenden Verkehre, der im Jahre 1898 0,86 Millionen Tonnen betrug, erwünscht.⁵⁵⁾

⁵¹⁾ Mitteilung von Mohr in der Zeitschr. f. Bauw. 1886, S. 207.

⁵²⁾ Verbesserung des Spreelaufes innerhalb Berlins von Germelmann und Offermann. Zeitschr. f. Bauw. 1896, S. 45.

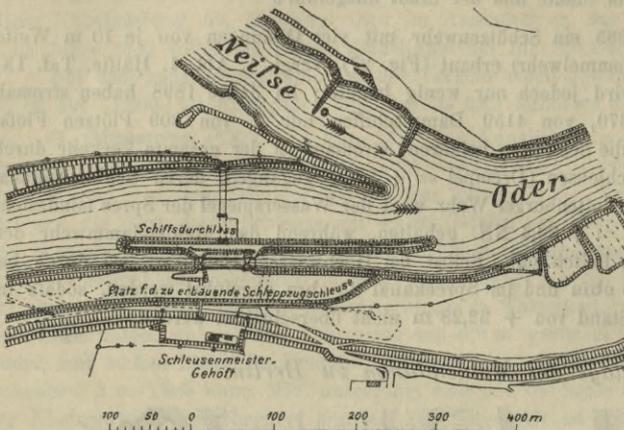
⁵³⁾ Dietrich. Kanalisierung der Spree. Centralbl. d. Bauverw. 1881, S. 261. — Deutsche Bauz. 1890.

⁵⁴⁾ Aufsatz von Havestadt in der Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1898.

⁵⁵⁾ Garbe. Wasserverkehr Berlins. Centralbl. d. Bauverw. 1899, S. 103.

J. Oder (Taf. XV, Fig. 8 bis 11 und Fig. 29). Die Kanalisierung der Oder von Kosel, wo ein Liege- und Umschlaghafen mit Eisenbahnanschlüssen und zahlreichen Kohlenkippern angelegt wurde, bis zur Neisseemündung ist 1891—1896 zur Ausführung gebracht. Es sind 12 Nadelwehre nebst Kammer-

Fig. 29.
Staustufe Neisseemündung.



schleusen, sowie auch grössere Schleusen neben den alten Mühlwehren zu Brieg und Ohlau neu erbaut, und ferner ist der Grossschiffahrtsweg bei Breslau (§ 12) hergestellt. Die Flussstrecke Kosel-Neisseemündung besitzt 82 km Länge und 1:3150 Gefälle. Die Wehre haben 1,75 bis 2,6 m Gefälle (Unterschied zwischen Stau und hydrostatischem Rückstau), 77,8 bis 125 m Weite; es wurden eine oder zwei Flutöffnungen, sowie ein Schiffsdurchlass von 25 m Weite ausgeführt. Das Durchflussprofil des Wehres entspricht dem vollbordigen Flufsprofil. Der Rücken der Flutgerinne liegt 0,4 bis 0,8 m, durchschnittlich etwa 0,7 m unter dem hydrostatischen Rückstau etwa 0,2 m unter bisherigem Niedrigwasser, 1,2 m unter bisherigem Mittelwasser, die Schiffsdurchlässe liegen 0,5 m tiefer als die Flutwehre. Der Rückstau erhebt sich nur etwa 0,5 m über Niedrigwasser, 1,0 m über Flufssohle, sodafs Baggerungen zur Herstellung von mindestens 1,5 m Tiefe vorgenommen werden mussten. Die Nadeln haben im Durchlass gewöhnlich 12 cm, im Flutwehr 9 cm Stärke, sind nach den Enden bis auf 7 bzw. 6 cm Stärke zugespitzt und mit Haken versehen (Fig. 10, S. 557); ihre Länge beträgt, da sie noch 0,2 m über die Arbeitsbrücke, etwa 0,7 m über Stauspiegel reichen, in den Flutwehren durchschnittlich etwa 3,8, in den Durchlässen etwa 4,3 m bis 4,56 m.⁵⁶⁾ Die Schleusen haben 55 m Nutzlänge, 9,6 m Weite, der Unterdrempel liegt 2,0 m unter dem hydrostatischen Rückstau. Sie genügen für ein 450 t-Schiff oder für zwei Finowkanalkähne, doch ist zwischen ihnen und dem Wehrgehöft Raum für eine 130 m lange Schleppzugschleuse vorgesehen. Sie sind meist am ausbiegenden (konvexen) Ufer, bei drei Stufen nebst den Wehren in Durchstichen erbaut, liegen mit den Kammerwänden gleich den Wehrpfeilern, 0,6 m über Stauspiegel, jedoch im Oberhaupt hochwasserfrei. Die den Schiffsdurchlass begrenzenden Pfeiler reichen bis über den höchsten schiffbaren Wasserstand, d. h. bis etwa 1 m über Stauspiegel.⁵⁷⁾ Auf der nicht kanalisierten Oder sind nach zehnjährigem Durchschnitt während 54 Tagen Tiefen unter 1 m, während 122 Tagen Tiefen von 1 bis 1,6 m bisher durch die Regulierung erzielt (Mitteilung von Pescheck 1897).

K. Fulda (Taf. XV, Fig. 14 u. 15). Behufs Ausdehnung der Weserschiffahrt und Hebung der gewerblichen Thätigkeit der Stadt Kassel ist die Fulda auf der 28 km langen Strecke mit 17 m Gefälle von Kassel bis zur Weser in den Jahren 1893—1895 kanalisiert worden. Es wurde das Mühlwehr zu Münden benutzt, ausserdem sind sechs Nadelwehre erbaut, deren zwei Öffnungen gewöhnlich 30,2 und 26,6 m weit sind, getrennt durch einen 6,2 m starken Pfeiler mit Fischpafs; die ungleiche Weite ist durch Vorflutrücksichten während des Baues veranlasst. Sie liegen mit dem Rücken in Höhe der bisherigen Stromstrich-Flufssohle, werden mit Hakennadeln gleich den Oder-Wehren geschlossen und haben ein Gefälle (vom Stauspiegel bis zum hydrostatischen Rückstau gemessen) von 2,0, 2,0, 2,46, 2,46, 2,81 und 3,2 m. Die Schleusen liegen im Flusse unmittelbar neben dem Wehre, das sich an das Unterhaupt schliesst; sie besitzen 8,6 m Weite, 63,85 m Länge von Drempel zu Drempel, liegen mit dem Unterdrempel 1,5 m unter dem hydrostatischen Rückstau und mit den Wänden 1 m über dem Stauspiegel. Da auch das Oberhaupt in Kammerhöhe liegt und das Hochwasser sich bis etwa 7 m über Niedrigwasser erhebt, werden Wehr und Schleuse alsdann in grösserer Höhe überflutet. Nachträglich

⁵⁶⁾ Mitteilung von Roloff im Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 209. — Verhandlungen des Brüsseler Binnenschiffahrts-Kongresses 1898.

⁵⁷⁾ Aufsatz von Mohr in der Zeitschr. f. Bauw. 1896. Ferner Mitteilung im Centralbl. d. Bauverw. 1894 und Deutsche Bauz. 1895, S. 47. — Schleusen zu Brieg und Ohlau. Centralbl. d. Bauverw. 1898, S. 53. — Ferner Allg. Bauz. 1898 u. Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1895/96, S. 110.

sind 40 bis 50 m lange obere Trennungswerke hinzugefügt zum Schutze der Schiffe vor der Wehrströmung, insbesondere bei heftigem Winde.

Die Fulda hatte auf der kanalisierten Strecke durchschnittlich 1 : 1600, an 20 Stellen mehr als 1 : 600, sogar 1 : 128 Gefälle, führt bei Kleinwasser nur 3,5 cbm und wurde zunächst im Stromstrich in 20 m Breite und mit Krümmungshalbmessern von mindestens 300 m bis 1 m unter Niedrigwasser ausgebaggert. Es ist jedoch eine weitere Vertiefung bis 1,5 m unter diejenigen Wasserstände in Aussicht genommen, bei denen diese Tiefe sich auch auf der Oberweser vorfindet, die gewöhnlich 1 m, bei Niedrigwasser nur 0,8 m Tiefe besitzt. Das mindestens 20 m breite Fahrwasser ist durch rote (rechts) und weiße (links), 5 m lange, an gußeisernen Platten befestigte Stangen in Abständen von 75 m bezeichnet.⁵⁸⁾

L. Ems. Die neue, im Jahre 1899 eröffnete Wasserstrasse von Dortmund nach Emden (der sogenannte Dortmund-Ems-Kanal) ist von Dortmund bis zur Ems unweit Lingen als neuer Kanal angelegt worden. Unterhalb Lingen wird eine kurze Strecke der Ems, dann bis Meppen der 18 km lange, im Jahre 1824 vollendete, neuerdings verbreiterte und vertiefte Seitenkanal von Hanekenfähr benutzt. Von Meppen bis Herbrun ist die Ems unter Beseitigung aller scharfen Krümmungen auf 48 km Länge kanalisiert. Die Anstauung des Wasserspiegels erfolgte durch fünf Nadelwehre mit zusammen 8 m Gefälle, deren Schleusen in Durchstichen erbaut sind. Die Schleusen sind für Schlepplüge eingerichtet und haben 10 m Weite, 165 m Kammerlänge. Von Herbrun bis Oldersum wird die freie Ems befahren, bei letztgenanntem Orte beginnt der in § 12 besprochene Seitenkanal Oldersum-Emden.⁵⁹⁾

Über Flussskanalisierungen des deutschen Reiches, welche zur Zeit (1899) geplant sind, ist das Folgende zu sagen.

A. Weser. Die Kanalisierung der Weser von Hameln bis Bremen ist in Verbindung mit dem Rhein-Elbe-Kanal geplant, auch ist ein Entwurf für die obere Strecke, Münden-Hamel, die nur 0,8 m Tiefe bei Kleinwasser besitzt, aufgestellt worden. Es soll hierdurch den Nachteilen vorgebeugt werden, die bei niedrigen Wasserständen der Landeskultur und der Schifffahrt durch die Entziehung des Speisewassers bei Rinteln drohen, indem die Weser bei Kleinwasser nur 25,4 cbm führt, von denen 7,1 bis 10 cbm zur Speisung zu entnehmen sind. Ferner soll eine Verbesserung der Weser-Schifffahrt und eine leistungsfähige Verbindung zwischen dem Mittellandkanal und der Unterweser geschaffen werden.⁶⁰⁾ Es betragen:

	Gefälle der Weser	Länge der Haltungen	Schleusenanzahl
Münden-Karlschafen . . .	1 : 2100	4 ¹ / ₂ km	10
Karlschafen-Hamel . . .	1 : 2800	5 ¹ / ₂ bis 6 "	16
Hamel-Minden . . .	} 1 : 3500 bis	6 "	10
Minden-Bremen . . .		1 : 8000	10 "

Oberhalb Hameln werden 1,5 bis 1,7 m Tiefe erstrebt, ein höherer Anstau ist wegen der niedrigen Ufer nicht gut zugänglich, durch Baggerungen wird aber schwerlich eine gröfsere Tiefe dauernd zu erreichen sein. Unterhalb Hameln sind 2,5 m Tiefe und in Rücksicht auf das Vorbeifahren zweier Schlepplüge 30 bis 40 m Fahrwasserbreite geplant.

Es sind Nadelwehre nach Art der Oderwehre vorgesehen. Das Gefälle der Wehre beträgt unterhalb Hameln durchschnittlich und möglichst gleichmäfsig 2,4 m. Die Schleusen sollen wegen der bis 11,1 m breiten Weserschiffe 12 m Weite und 3,0 m Dremptiefe, oberhalb Minden 67 m, unterhalb Minden 200 m Länge (Schlepplug-Schleusen) erhalten und in längeren Schleusenkanälen mit hochwasserfreiem Oberhaupt erbaut werden. Durch diese Kanäle wird der Flußlauf von 236 auf 210 km abgekürzt.

B. Emscher. Die Kanalisierung der Emscher ist als ein Teil des Dortmund-Rhein-Kanals geplant, der von Herne mittels zweier Schleusen von 6 und 5 m Gefälle in das Thal der Emscher abfällt, dann an deren linkem Ufer mittels dreier Haltungen bis Oberhausen geführt werden und von hier bis zum Rhein unweit Laar die Emscher selbst, in der zwei Staustufen anzulegen sind, verfolgen soll. Die sieben Schleusen erhalten zusammen 33,5 m Gefälle, der Kanal 18 m Sohl-, 30 m Wasserspiegelbreite, 2,5 m Tiefe.⁶¹⁾

⁵⁸⁾ Mitteilung von Schattauer im Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 172. — Schiff 1896, No. 1. — Ausführliche Beschreibung in der Zeitschr. f. Bauw. 1899, S. 401.

⁵⁹⁾ Der Dortmund-Ems-Kanal. Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 389. — Schiff 1892, S. 525.

⁶⁰⁾ Schiff, Dez. 1897 (Vortrag von Schelten). — Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1899. — Deutsche Bauz. 1899. — Drucksachen des Preussischen Landtags 1899.

⁶¹⁾ Drucksachen des Abgeordnetenhauses, sowie Auszüge daraus im Centralbl. d. Bauverw., der Deutschen Bauz. u. s. w. von 1899.

C. Lippe. Auch die Kanalisierung der Lippe in ihrem unteren Laufe zwischen dem Dortmund-Ems-Kanal und dem Rheine bei Wesel ist seitens der Provinz Westfalen behufs besserer Verbindung des Unterrheins mit dem Mittellandkanale geplant.⁶²⁾ Es soll nach dem im Wettbewerb mit der Emscher-Thallinie aufgestellten Entwürfe vom Jahre 1895 mittels zweier Schleusen ein Abstieg vom Dortmund-Ems-Kanale bis zur Lippe ausgeführt, sodann dieser Fluß bis Wesel mittels neun Nadelwehren von 55 m Weite und durchschnittlich 2,7 m Gefälle kanalisiert werden, im ganzen sind auf 64 km Länge mit 39 m Gefälle 11 Schleusen geplant. Die Haltungen erhalten oberhalb Dorsten 6,5 km, unterhalb Dorsten bis Wesel 7,5 km Länge.

D. Ruhr. Für die Kanalisierung der Ruhr auf der 83 km langen Strecke von Wetter bis Ruhrort mittels 21 Nadelwehre, Verbreiterung des Flusses auf 55 m Spiegelbreite und Erbauung von Schleusen mit 12 m Weite und 120 m Nutzlänge (die alten Schleusen haben nur 5,65 m Weite, 45 m Länge) mit 2,5 m Fahrtiefe bei Kleinwasser ist gleichfalls ein Entwurf aufgestellt.⁶³⁾

§ 14. Kanalisierungen in Österreich, Frankreich, Belgien und Amerika.

A. Österreich. Der Donaukanal bei Wien wird durch Kanalisierung in einen Handels- und Winterhafen umgewandelt, zugleich erhält die Stadt Wien sicheren Schutz vor höheren Wasserständen und Eisgefahren. Das Sperrschiff (Schwimmthor, vergl. S. 297) an der Abzweigung des Kanals bei Nufsdorf, das für die Regelung des Wasserzufflusses und die Zurückhaltung des Hochwassers nicht ausreicht, bleibt zwar bestehen, um den Andrang der Eismassen aufzunehmen; es ist aber etwa 100 m unterhalb des Sperrschiffes zu seiner Unterstützung ein Schützenwehr mit eisernen drehbaren Pfosten (nach Art der Wehre zu Pretzien und Poses), sowie unweit des Wehres in einem besonderen Kanale eine Kammer- schleuse errichtet worden, s. Taf. XV, Fig. 13. Ferner sind 5 bezw. 8 km unterhalb Nufsdorf noch zwei andere Wehre nebst Schleusen im Donaukanale in Aussicht genommen, durch die zu allen Zeiten mindestens 2 m Tiefe, bei Kleinwasser, geschaffen werden soll. Um den Kanal auch bei Eisversetzungen in strengen Wintern sicher speisen zu können, ist ein sehr tief liegender, überwölbter Speisekanal ausgeführt. Das Nufsdorfer Wehr soll gewöhnlich geöffnet sein und nur bei Wasserständen, die sich über den mittleren Stand erheben, zum Teil geschlossen werden. Wegen des sehr durchlässigen groben Kieses erfolgte die Gründung mittels Preßluft. Auch der tiefliegende lange Speisekanal wurde pneumatisch fundiert, ein ähnlicher Kanal wird auch neben der Schleuse ausgeführt.⁶⁴⁾

Über die im Jahre 1898 begonnene Kanalisierung der Moldau und der Elbe von Prag bis Aussig vergleiche man die untenstehenden Quellen.⁶⁵⁾

Bei dem Donau-Moldau-Elbe-Kanal wird erstrebt, einen Kanal von Wien bis zur Moldau bis Budweis zu führen, sowie die Moldau von Budweis bis Prag auf 2,1 m Minimalwassertiefe zu kanalisieren für Schiffe von 60,5 m Länge, 8,0 m Breite, 1,75 m Tauchtiefe und 3,6 m größter Erhebung über dem Wasserspiegel.⁶⁶⁾

B. Frankreich. Die französischen Flüsse sind seit der Erfindung der neuen beweglichen Wehre in größerer Zahl kanalisiert worden⁶⁷⁾, an erster Stelle steht die Seine.

Oberer Seine. Auf der 98 km langen Strecke der oberen Seine (vergl. Fig. 1 und 2, S. 536) zwischen den Einmündungen der Yonne bei Montereau und der Marne bei Paris (20 m Gefälle, 27 cbm Kleinwasser-, 45 cbm gewöhnliche Niederwasser- und 1200 cbm Hochwassermenge, 100 bis 150 m Breite) sind in den Jahren 1860 bis 1868 12 Staustufen errichtet worden. Hierdurch wurde eine Fahrtiefe von 1,6 m erzielt, während früher in den Sommermonaten nur 0,5 m vorhanden war, sodaß nur eine intermittierende Schifffahrt mittels Flutwellen ausgeübt werden konnte. Durch die in den Jahren 1879 bis 1882

⁶²⁾ Kanalisierung der Lippe von Prüsmann. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1896/97, S. 288. — Schiff 1893, S. 103.

⁶³⁾ Denkschrift von J. Greve. Berlin 1887, auch Wochenbl. f. Bauk. 1887, S. 425.

⁶⁴⁾ Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1899, No. 14 u. 15. — Aufsatz von Brennecke im Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 41, 54, 78. — Allg. Bauz. 1892, S. 1. — Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1887, S. 312.

⁶⁵⁾ Kanalisierung der Moldau und Elbe von Mrasick. Allg. Bauz. 1897, S. 127, ferner Deutsche Bauz. 1897, S. 284 u. 289. — Vorschlag zur Kanalisierung der Moldau bei Prag. Allg. Bauz. 1896, S. 61, sowie Techn. Blätter 1891. — Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1884, S. 177. — Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 272.

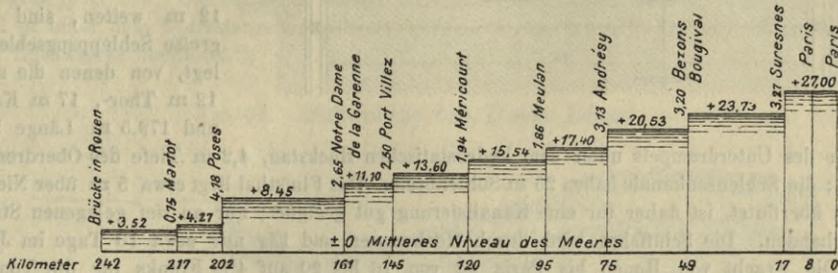
⁶⁶⁾ Das Donau-Moldau-Elbe-Kanalprojekt. Berlin 1897.

⁶⁷⁾ Lagrené. Cours de navigation. Paris 1873.

ausgeführten Arbeiten ist die Fahrtiefe von 1,6 auf 2,0 m gebracht worden⁶⁵); zu diesem Zwecke wurde in den oberen beiden Haltungen eine Vertiefung der Sohle, in den 10 unteren Haltungen eine Hebung der Stauspiegel vorgenommen. Die Wehre haben bis 3 m Gefälle.

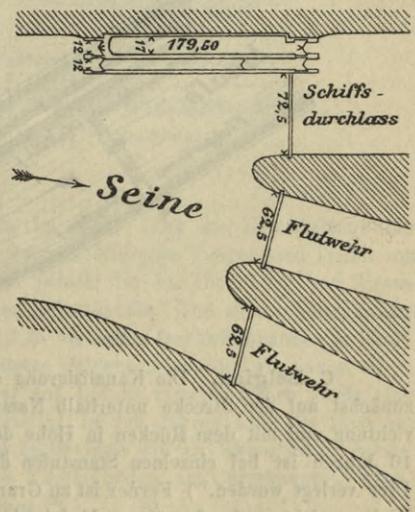
Die wichtigste der zwölf Staufufen ist die von Port à l'Anglais unmittelbar oberhalb Paris (Taf. XVI, Fig. 9 bis 12). Die linke, 54,7 m weite Öffnung diente anfänglich als Schiffsdurchlaß, später ist die rechte Öffnung mit der Sohle 0,7 m unter dem hydrostatischen Rückstau als Schiffs- und Grundablaß (*pertuis*) ausgeführt. Als Flutwehr dient die mittlere 37,9 m weite, 1 m über dem Rückstau gelegene Öffnung. Das Wehr schließt sich an das Unterhaupt der mit 12 m Thor- und 16 m Kammerweite errichteten Schleuse. Die Klappen der linken Öffnung waren 3 m hoch, 1,2 m breit, der mittleren 2 m hoch, 1,3 m breit, der rechten 3,7 m hoch, 1 m breit. Für die letztere sind später nach der Angabe Boulé's auch Schütztäfelchen vor Nadelwehrböcken zum Verschluss verwendet worden.

Fig. 30. Untere Seine von Paris bis Rouen.



Untere Seine. Die Kanalisierung der unteren Seine ist von besonderem Interesse, weil bei ihr die früher gemachten Erfahrungen benutzt und verschiedenartige, zum Teil neue Konstruktionen zur Ausführung gebracht sind. Der 235 km lange, vielfach gekrümmte Lauf der Seine zwischen Paris und Rouen besitzt 25 m Gefälle, hat oberhalb der Oise-Mündung 150 bis 200 m, unterhalb derselben 200 bis 300 m Breite, führt bei Niedrigwasser 60 bezw. 80 cbm, bei Hochwasser 1600 bezw. 2200 cbm und hatte bis 1840 nur 0,7 m Wassertiefe im Sommer. Er ist von 1838 bis 1853 durch fünf Nadelwehre auf 1,6 m Tiefe kanalisiert worden. Später sind nach und nach vier Wehre hinzugefügt, die älteren Wehre zum Teil umgebaut, die Stauspiegel erhöht und ausgedehnte Baggerungen ausgeführt, wodurch das Fahrwasser allmählich von 1,6 auf 2,0 und schließlich auf 3,2 m zu dem Zweck vertieft wurde, die kleineren, für den Verkehr an der Küste und nach England bestimmten Seeschiffe mit 3 m Tiefgang bis Paris zu führen (Fig. 30). Das größte Gefälle, nämlich 4,18 m, besitzt das Wehr zu Poses, sodann kommen Suresnes, Bézons und Andrézy mit Gefällen von 3,27 bezw. 3,20 und 2,84 m, bei denen teils Roll-, teils Schütztäfelchen von Boulé verwendet werden. Die Rolltäfelchen legen sich beim Wehr zu Poses gegen bewegliche, am Untertur der Brücke aufgehängte Drehpfosten. Solche Drehpfosten und Rollläden finden sich auch bei den Wehren von Meulan (Gefälle 1,76 m), Méricourt (Gefälle 2,50 m) und La Garenne (Gefälle 2,63 m). Die übrigen Wehre haben meist Nadelwehrböcke. Beim Wehr von Suresnes unmittelbar unterhalb Paris (Fig. 31 und 32) mit drei Öffnungen von 72,5 bezw. 62,5 und 62,5 m Weite, deren Rücken 2,21 bezw. 0,44 und 1,7 m unter dem hydrostatischen Rückstau liegen, haben die Böcke bis 6,06 m Höhe und wiegen bis 1800 kg. Der Verschluss wird hier teils durch Rollläden, teils durch Schützen bewirkt; in dem 72,5 m weiten Durchlasse wechseln diese beiden

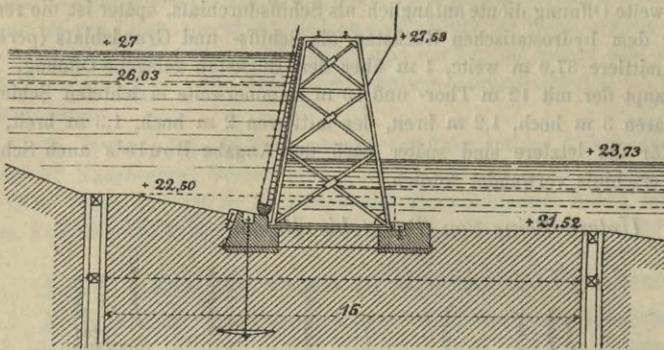
Fig. 31. Stauanlage zu Suresnes.



⁶⁵) Diese Arbeiten sind von Lavollée in den Ann. des ponts et chaussées 1883, I. S. 622 und 1884, II. S. 272 beschrieben.

Verschlüsse ab (Fig. 16 und 17, S. 560). Ähnlich ist die Anordnung beim Wehre von Villez. Beim Wehre von Martot, mit nur 0,75 m Gefälle, wo drei Arme zu schliessen waren, sind dagegen zwei Überfallwehre und zwei Schiffsdurchlässe angeordnet, das untere Wehr liegt in Höhe des Stauspiegels, das obere besitzt noch Klappen, während die Schiffsdurchlässe durch Nadeln geschlossen werden. Ferner sind Nadeln an den Wehren von Bézons und Andrézy, bei dem letzteren auch Klappen verwendet, sodass fast sämtliche Verschlüsse vorkommen. Neben den älteren 12 m weiten, sind noch neue große Schleppzugschleusen angelegt, von denen die zu Suresnes 12 m Thor-, 17 m Kammerweite und 179,5 m Länge besitzt, mit

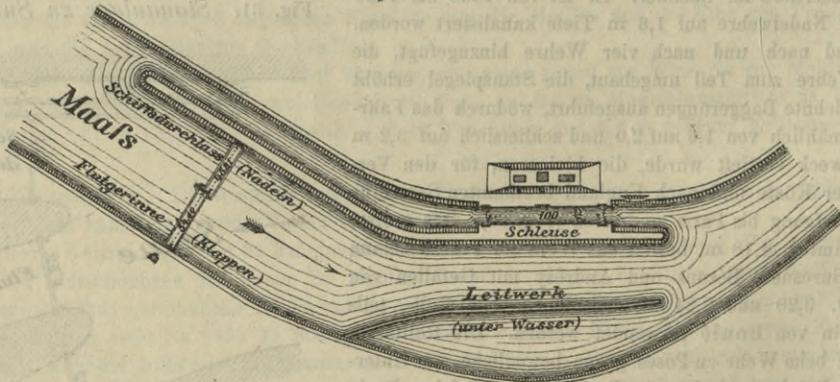
Fig. 32. Schiffsdurchlässe zu Suresnes.



3,2 m Tiefe des Unterdrempels unter dem hydrostatischen Rückstau, 4,2 m Tiefe des Oberdrempels unter Stauspiegel; die Schleusenkanäle haben 25 m Sohlenbreite. Das Flussthal liegt etwa 5 m über Niedrigwasser, wird selten überflutet, ist daher für eine Kanalisierung gut geeignet; nur an tief gelegenen Strecken sind Deiche vorhanden. Die Schifffahrt wird durch Hochwasser und Eis nur etwa 10 Tage im Jahre unterbrochen. Die Fracht von Rouen bis Paris ist von 16 bis 20 auf $4\frac{1}{2}$ Franks für die Tonne zurückgegangen.⁶⁹⁾

Ferner ist die Maas von Verdun bis zur belgischen Grenze durch Nadelwehre, deren Rücken 1,8 m unter dem Stauspiegel liegt, auf 2,0 m Tiefe kanalisiert worden. Das Gefälle von 99,6 m wird durch 41 Schleusen von 5,7 m Weite und 45,3 m nutzbarer Länge überwunden.

Fig. 33. Stauanlage zu Hun an der Maas.



C. Belgien. Die Kanalisierung der Maas (Taf. XVI, Fig. 1 bis 4) für 2,1 m Fahrtiefe erfolgte zunächst auf der Strecke unterhalb Namur durch Nadelwehre, denen ein 150 m langes, in der Flussrichtung und mit dem Rücken in Höhe des Oberwassers liegendes Überfallwehr zugefügt war. Vor etwa 10 Jahren ist bei einzelnen Staustufen die im Flusse erbaute Schleuse aus Vorflutrücksichten nach dem Ufer verlegt worden.⁷⁰⁾ Ferner ist zu Grandes Malades (Taf. XVI, Fig. 4), ein neues Nadelwehr von 30 m Weite errichtet, da das ältere Nadelwehr mit zwei Öffnungen von je 35 m Weite nicht genügte. Statt

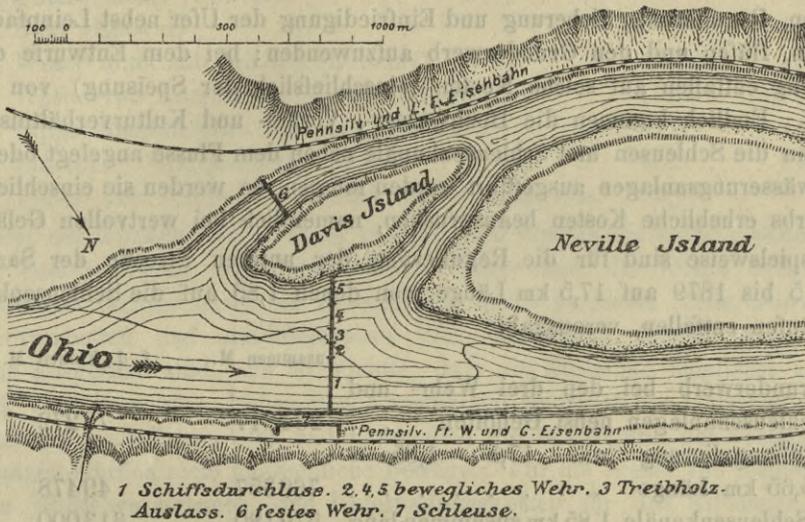
⁶⁹⁾ Wehr bei Suresnes. Ann. des ponts et chaussées 1889, S. 49. — Wehr zu Poses. Nouv. ann. de la constr. 1889, S. 18. — Deutsche Bauz. 1881, S. 497. — Génie civil 1889. — Die Wasserstraßen Frankreichs von Schlichting. Zeitschr. f. Bauw. 1880. — Travaux publics de Belgique 1880. — Centralbl. d. Bauverw. 1883. — Schiff 1891, S. 313. — Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1890, S. 231.

⁷⁰⁾ Deutsche Bauz. 1891, S. 247.

der beseitigten älteren Schleuse von 56,75 m Länge, 9 m Breite, die sich neben dem Überfallwehr befand, ist eine neue Schleuse von 100 m Länge, 12 m Weite erbaut worden.

Auf der Flussstrecke oberhalb Namur (Taf. XVI, Fig. 1 bis 3) wurde 1866 mit dem Bau von drei Klappenwehren nach Art der Wehre der oberen Seine begonnen, später aber wurde das Wehr wegen der mit den Klappen gemachten ungünstigen Erfahrungen (vergl. § 10) in den Schiffsdurchlässen mit Nadeln ausgestattet, deren obere Stangen Kummer'sche Auslösung besitzen. Diese Konstruktion ist auch für die übrigen sechs Wehre gewählt, deren Weite nach der Flussform so bestimmt wurde, daß kein merkbarer Stau bei Hochwasser entsteht. Die Schiffsdurchlässe haben 41 bis 45,8 m Weite und liegen mindestens 0,6 m unter Niedrigwasser, ferner 3,1 m unter dem Oberwasser, die Flutwehre besitzen unterhalb der Einmündung des Flusses Lesse 54,6 m Weite und liegen auf Niedrigwasserhöhe. Die Wehre sind stets am oberen, die Schleusen am unteren Punkte einer Stromschnelle erbaut, auch sind bei einzelnen Stautufen längere Schleusenkanäle behufs Umgehung von schwierigen Flussstrecken ausgeführt, wie bei der Anlage zu Hun (Fig. 33). Die Schleusen haben durchschnittlich 2,3 m Gefälle, liegen mit dem Unterdrempel 2,1 m unter dem hydrostatischen Rückstaupiegel, besitzen 12 m Weite und 50 m Nutzlänge und werden bei Hochwasser überflutet.⁷¹⁾

Fig. 34. Stauanlage bei Davis Island.



D. Nordamerika. In den Vereinigten Staaten betrug im Jahre 1889 die Betriebslänge der kanalisierten Flüsse 1725 km mit 89 Schleusen, einem Verkehr von 6,9 Millionen Tonnen und Tiefen von in der Regel 1,2 bis 2,1 m. Von noch größerer Bedeutung sind jedoch die zur Umgehung von Stromschnellen in den Vereinigten Staaten und in Kanada ausgeführten Seitenkanäle. Die sieben Seitenkanäle des St. Lorenzstromes haben 27 Schleusen und werden bis auf 4,2 m vertieft. Der Seitenkanal von Sault-Sainte-Marie ist im Jahre 1855 mit zwei hintereinander geschalteten Schleusen von 106 m Länge, 21 m Breite und je 2,75 m Gefälle hergestellt worden. 1881 wurde er auf 4,88 m vertieft, ferner wurde eine Schleuse von 5,5 m Gefälle, 24,4 m Breite, 157 m Länge hergestellt. In den Jahren 1889 bis 1895 hat dieser Wasserweg 6,1 m Tiefe, 90 m Spiegelbreite erhalten und es ist eine 270 m lange, 20 m breite, 6,2 m tiefe Schleuse erbaut, die am Oberhaupte 2 Thorpaare und 2 Abfallböden, am Unterhaupte 3 Thorpaare besitzt; sie läßt sich mittels 6 Umläufen in 8 Minuten füllen.⁷²⁾

Sehr bemerkenswert sind auch das Klappenwehr am St. Mary's Fall-Schiffskanal⁷³⁾, und das Klappen-

⁷¹⁾ Führer zum internationalen Binnenschiffahrts-Kongress in Brüssel 1898. — Gründung eines Maas-Wehres mittels Druckluft. *Nouv. ann. de le constr.* 1893.

⁷²⁾ *Ann. des ponts et chaussées* 1891, S. 564.

⁷³⁾ *Zeitschr. f. Bauw.* 1890, S. 478.

wehr nebst Schleuse zu Davis-Island im Ohioflusse (Fig 34).⁷⁴⁾ Der Wellandkanal zur Umgehung des Niagara-Falles⁷⁵⁾ ist ein Seitenkanal mit 25 Schleusen, 4,27 m Wassertiefe und für Schiffe bis 1500 t fahrbar.

Über sonstige Flußkanalisierungen des Auslandes vergleiche man die untenstehenden Quellen.⁷⁶⁾

§ 15. Kanalisierungskosten. Die Kosten der Kanalisierung eines Flusses hängen naturgemäß von den örtlichen Verhältnissen ab. Sie wachsen im allgemeinen mit dem Gefälle des Flusses, von dem die Anzahl der Staustufen abhängt, ferner mit der Breite und Hochwassermenge des Flusses, die bestimmend für die Abmessungen der Wehre sind, ferner mit der Größe und dem Tiefgange der Fahrzeuge, von denen die Größe der Schleuse, die Breite und Tiefe der Schleusenkanäle und die Arbeiten für das Fahrwasser abhängen. Von großem Einfluß auf die Kosten ist ferner der Zustand des Flusses. Ist derselbe wenig reguliert oder soll ein kleiner Fluß mit einem viel verschlungenen Laufe zu einer Wasserstraße ersten Ranges ausgebildet werden, so entstehen weit erheblichere Kosten, als bei einem größeren Flusse (Main oder Mosel), dessen Fahrwasser im wesentlichen beibehalten werden kann und nur streckenweise zu vertiefen ist. Denn es sind bedeutende Kosten für Durchstiche, sonstige Begradigungen und Vertiefungen, Regulierung, Sicherung und Einfriedigung der Ufer nebst Leinpfaden, sowie für Brücken, Häfen und den Grunderwerb aufzuwenden; bei dem Entwurfe der Lippe-Kanalisierung entfallen auf solche Kosten (einschließlich der Speisung) von 31,5 Mill. 17 Mill. M. Endlich kommen die Hochwasser-, Vorflut- und Kulturverhältnisse in Betracht; wenn die Schleusen und Schleusenkanäle neben dem Flusse angelegt oder umfangreiche Entwässerungsanlagen ausgeführt werden müssen, so werden sie einschließlic des Grunderwerbs erhebliche Kosten beanspruchen, namentlich bei wertvollen Geländen.

Beispielsweise sind für die Regulierung der unteren Strecke der Saar in den Jahren 1875 bis 1879 auf 17,5 km Länge, von denen 1,85 auf die Schleusenkanäle der drei Staustufen entfallen, verausgabt:

	zusammen M.	f. d. Einheit M.
1. Grunderwerb bei den drei Wehr- und Schleusenanlagen nebst Gehöften	234817	78272
2. Flußregulierung auf 17,5 — 1,85 = 15,65 km Länge	769357	49478
3. 3 Schleusenkanäle, 1,85 km zusammen lang	579180	313000
4. 3 Schleusen, davon eine mit Brücke	424676	132437 bzw. 159802
5. 3 Nadelwehre	304529	101510
6. 3 Schleusenwärter-Gehöfte, davon eines mit Aufseherwohnung	77909	21511 bzw. 34887
7. Verwaltungskosten	47641	2722
8. Insgemein	105637	6036
zusammen	2543726	
oder auf 1 km Flußlänge		145356

⁷⁴⁾ Engng. news 1886, S. 306. — Roloff. Nordamerikanisches Wasserbauwesen. Berlin 1895.

⁷⁵⁾ Engng. 1881, S. 79 und Centralbl. d. Bauverw. 1881, S. 361.

⁷⁶⁾ Kanalisation der Moskwa nach Janicki von Klett. Zeitschr. f. Bauk. 1881, S. 410. — Die Wasserstraßen Nord-Europas von v. Weber. Leipzig 1881. — Die Marien-Wasserstraße zwischen der Wolga und St. Petersburg, wobei auch Flüsse kanalisiert sind. Centralbl. d. Bauverw. 1889, S. 474, siehe auch eine Schrift von v. Hörschelmann. — Kanalisierung des Stromthals von Ulefos nach Strengea in Norwegen. Centralbl. d. Bauverw. 1890, S. 276. — Regulierung und Kanalisierung der Tjonger in Friesland. Tijdschr. van het koningl. inst. van ing. 1890/91, S. 201. — Die Binnenschifffahrt in Europa und Nordamerika von Eger. Berlin 1899.

Die Kosten betragen, bezw. sind veranschlagt bei der	Mill. M.	auf 1 km Länge M.
Mosel von Frouard bis Pont à Mousson	2,172	113242
Mosel von Pont à Mousson bis Arnaville	1,988	145752
Yonne von Auxerre bis Montereau	—	124300
Obere Seine, Tiefe 1,6 m	11,8	120000
„ „ „ 2,0 m	16,6	169000
Untere Seine, Tiefe 2,0 m	18,4	80000
„ „ „ 3,2 m	70,4	300000
Maas in Belgien	—	135000
Obere Netze	4,5	50000
Untere Netze	8	—
Brahe ohne Hafen	1,8	150000
Main	—	210000
Fulda	3,10	117000
Untere Mosel (Entwurf)	—	189000
Ruhr (Entwurf)	—	126000
Weser unterhalb Minden (Entwurf)	42,628	285000
Weser von Hameln bis Minden (Entwurf)	19,751	323000
Lippe einschließlich Speisung (Entwurf)	31,5	491000
Emscher (Dortmund-Rhein-Kanal)	45,3	1 147000
Flüsse der Vereinigten Staaten von Nordamerika	72,185	42000

Bei der Unterhaltung eines kanalisiertes Flusses muß die größte Sorgfalt den Wehren und Schleusen zugewandt werden. Namentlich die Wehre bedürfen größerer Aufwendungen für die dauernde Unterhaltung der beweglichen Teile, sowie der Abfallböden, Sturzbetten und anschließenden Ufer, die einem starken Angriff durch die Strömung ausgesetzt sind. Es ist wichtig, daß die Strömung möglichst auf das ganze Bauwerk verteilt werde. Neben den Kunstbauten erfordert die Unterhaltung der durch Hochwasser angegriffenen Ufer und namentlich die Beseitigung der Verlandungen durch Baggerungen jährlich nicht unerhebliche Beträge. Für die Weser von Hameln bis Minden sind die jährlichen Betriebs- und Unterhaltungskosten für das Kilometer auf 4500 M. geschätzt. Die gewöhnliche Unterhaltung von Kanälen und kanalisiertes Flußstrecken hat in Preußen auf den Hauptwasserstraßen 1830 M., auf den Nebenwasserstraßen 1043 M., durchschnittlich 1420 M. jährlich für das Kilometer erfordert.

XII. Kapitel.

Deiche.

Bearbeitet von

H. Garbe,

Geheimer Baurat und Professor in Berlin.

(Hierzu Tafel XIX u. XX, sowie zahlreiche Textfiguren.)

§ 1. Flufs- und Seedeiche. Zweck der Deiche. Marsch. Geest. Polder. Deiche sind Erddämme, welche längs der Flüsse und der Seeküste angelegt werden, um die Hochwasser der Flüsse bezw. die höheren Fluten des Meeres von den niedrigen Grundstücken fern zu halten oder zu „kehren“.¹⁾ Die Deiche sind hiernach entweder **Flufs-** oder **Seedeiche**.

Die Flufsdeiche sind bereits im XI. Kapitel als ein wichtiges Mittel zur Regulierung der Flüsse erwähnt worden. Es ist hervorgehoben, daß sie das Hochwasser in einem engeren Profile zusammenhalten und dadurch die Fortführung der abgelagerten Sinkstoffe begünstigen, also einer Erhöhung der Flufssohle entgegenwirken. Sie verhindern ferner bei zweckmäßiger Lage, daß sich der Stromstrich zur Zeit des Hochwassers in einer vom Stromschlauch abweichenden Richtung ausbildet und dadurch Sinkstoffablagerungen, Verwilderungen und Abbrüche hervorruft.

Der wichtigste Zweck der Deiche ist jedoch die landwirtschaftliche Verbesserung oder Melioration der unter dem Hochwasserspiegel gelegenen Niederungen in den Flufsthälern und an der Seeküste. Diese Niederungen sollen:

1. zu einer geregelten, ungestörten Bewirtschaftung, namentlich zum Anbau von Getreide und anderen Kulturgewächsen, welche eine Überschwemmung nicht ertragen können, eingerichtet werden, um höhere und mehr gesicherte Erträge zu erzielen, als sie Wiesen und Weiden gewähren können, welche der Überschwemmungsgefahr ausgesetzt sind,
2. den Beschädigungen entzogen werden, welche bei einer heftigen Überströmung durch Hochwasser oder Hochfluten erfolgen, indem Teile des kultivierten Landes fortgespült, Löcher oder selbst neue Rinnen eingerissen und — bei Flufsdeichen — Ablagerungen von Sand und Gerölle veranlaßt werden,
3. vollständiger entwässert,
4. in Betreff der Bewohnbarkeit verbessert werden.

¹⁾ Dieser Ausdruck ist aus dem Holländischen in unsere Sprache übergegangen.

An der Küste sind die Deiche zum Schutze der aus den Alluvionen der Flüsse entstandenen Niederungen, falls solche einer höheren Kultur zugeführt werden sollen, gleichfalls unentbehrlich, da sich diese Niederungen nur wenig über den gewöhnlichen Wasserstand der See erheben, also gegen die höheren Sturmfluten der See zu schützen sind. Da diese höheren Fluten von der See in die Flüsse eindringen, müssen die See-
deiche auch längs der offen in die See einmündenden Flüsse stromaufwärts weiter geführt werden, bis sie allmählich in Flufsdeiche übergehen. Sofern die höchsten, für die Deichhöhe maßgebenden Wasserstände ausschließlicly oder überwiegend durch die Hochfluten der See hervorgerufen werden, sind die Deiche als Seedeiche anzusehen, und falls sie durch das Hochwasser des Flusses bedingt werden, als Flufsdeiche.

Im nordwestlichen Deutschland nennt man die Niederungen an der See und im unteren Laufe der Flüsse „Marschen“; im Gegensatz zu ihnen heißt der sandige Höhenrand, welcher über den höchsten Wasserständen gelegen ist und in der Nähe der Flufsmündungen und der See früher die Begrenzung der letzteren bildete, die „Geest“. Der fruchtbare, hauptsächlich aus Thon mit Sandbeimischungen bestehende Boden der Marsch wird Klai genannt und ist an der See am mächtigsten und thonreichsten. Zwischen der Marsch und der Geest liegen oft im unteren Laufe der Flüsse und namentlich dort, wo der Geestrand weit zurückspringt, Moorflächen, sogenannte Randmoore. Polder nennt man im allgemeinen alle Flächen, welche mit Deichen zur Abwehrung der hohen Wasserstände der Flüsse (Strompolder) oder der See (Seepolder) umgeben sind. Der Name wird jedoch in Deutschland hauptsächlich an der See und zwar für die jüngeren eingedeichten Flächen, sowie für diejenigen Niederungen gebraucht, die wegen ihrer tiefen Lage einer künstlichen Entwässerung mittels Schöpfmaschinen bedürfen und innerhalb der übrigen, höher gelegenen Marsch besonders umdeicht sind, um vor deren Wasser geschützt zu werden. Bildete die Niederung vor der Einpolderung eine seeartige, tiefe Wasserfläche, so nennt man sie in den Niederlanden und der benachbarten deutschen Küste „Meer“. Solche trocken gelegte Meere finden sich namentlich in den Provinzen Nord- und Südholland; das bekannteste ist das Haarlemer Meer.

A. Flufsdeiche und sonstige Mittel zur Bekämpfung des Hochwassers.

§ 2. Einteilung der Flufsdeiche. Flufsdeiche sind entweder Winterdeiche (Hauptdeiche, Banndeiche), welche die höchsten, überhaupt zu erwartenden, entweder im Frühjahr zur Zeit des Schneeschmelzens oder nach heftigen, länger andauernden Niederschlägen eintretenden Wasserstände kehren sollen, oder Sommerdeiche, welche den Grundstücken nur Schutz vor den während der Sommerzeit gewöhnlich vorkommenden Hochwasserständen gewähren, dagegen von dem höheren Wasser überflutet werden.

Die Sommerdeiche erfüllen also nicht vollständig die im Landeskultur-Interesse an Deiche überhaupt zu stellenden Forderungen, sind aber wegen ihrer geringeren Abmessungen weit billiger in der Anlage, beschränken das Durchflufsprofil weniger und entziehen den Ländereien nicht die fruchtbringenden, den Boden erhöhenden Überschlickungen der Hochgewässer, sodafs die Nachteile der Winterdeiche (s. § 4) nur zum Teil eintreten können. Auf die Fortbewegung der im Flufsschlauche abgelagerten Sinkstoffe üben sie zur Zeit der mittleren Hochfluten durch die infolge der Profileinschränkung gesteigerte Geschwindigkeit einen sehr günstigen Einflufs aus. Die Sommerdeiche werden gewöhnlich im Anschlufs an schon bestehende Winterdeiche hergestellt, indem sie Vorkländer der letzteren schützen; sie finden sich alsdann nicht in ganzer Erstreckung vor

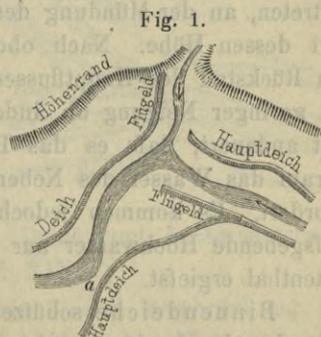
den Winterdeichen, sondern nur insoweit, als die Vorländer eine große Breite besitzen (vergl. Fig. 7 u. 9, Taf. XIX). Nur selten kommen die Sommerdeiche allein ohne Winterdeiche vor.

Ferner unterscheidet man geschlossene und offene Deiche. Die ersteren schliessen sich an hochwasserfreie Höhen, Ufer oder Deiche, sodass die Niederung den gewünschten Schutz von allen Seiten erhält. Die offenen Deiche enthalten große Lücken, gewähren mithin keinen Schutz vor Überschwemmung, halten vielmehr nur die Strömung mit ihren nachteiligen Sand- und Geröllablagerungen, sowie Bodenbeschädigungen von den Ländereien ab; sie erfüllen also im wesentlichen nur die vom Standpunkte der Flußregulierung an die Deiche zu stellenden Bedingungen.

Die offenen Deiche werden hauptsächlich an den scharfen Krümmungen der Flüsse angelegt, indem sie, ähnlich dem Flügeldeiche in Fig. 1, an der oberen Seite der vorspringenden Halbinsel längs des Ufers geführt werden, um zu verhindern, daß die Hauptströmung zur Zeit des Hochwassers das gekrümmte Flußbett verläßt, die Serpentine abschneidet, das Grundstück mit großer Heftigkeit überströmt und abspült, vielleicht sogar einen Durchbruch veranlaßt. Das Wasser strömt allerdings am unteren Ende einer solchen offenen Deichstrecke lebhaft ein, auch wenn der Deich daselbst flach in das Ufer ausläuft; da hierdurch leicht Ausspülungen und Versandungen hervorgerufen werden, sind solche Deiche oft im Laufe der Zeit immer weiter verlängert worden.

Ferner sind offene Winterdeiche mit größeren Lücken an solchen Gebirgsflüssen angelegt, bei denen man die Verheerungen des sich bei einem Durchbruche in die Niederung mit Heftigkeit stürzenden Stromes wegen des großen Gefälles des Flusses besonders fürchtete, auch die befruchtende Wirkung des sich rückwärts über das Gelände ausbreitenden Hochwassers nicht entbehren wollte; durch Flügeldeiche (s. Fig. 1 oben), oberhalb deren dann gewöhnlich die Nebengewässer einmünden, wird verhindert, daß sich das Hochwasser hinter den Deichen durch die Niederung bewegt (vergl. auch Fig. 11 u. 12, Taf. XIX).

In ähnlicher Weise sind auch bei Niederungen im mittleren und unteren Flußlaufe, welche stark unter Kuperwasser oder fremdem Wasser leiden, die Deiche am unteren Ende offen gelassen worden, damit das fruchtbare Flußwasser eintrete und rückstauend eine Überschiebung hervorruft. Es ist jedoch zu beachten, daß der wohlthätige Einfluß einer rückstauenden, sich nicht erneuernden Wasserschicht sich nach oberhalb, wo diese Schicht keine erhebliche Stärke mehr besitzt, also nur ein geringer Niederschlag von befruchtenden Sinkstoffen stattfindet, so sehr vermindert, daß er in keinem Verhältnis mehr zu den Nachteilen der gestörten Bewirtschaftung steht. Die wertvollsten schwebenden Sinkstoffe werden schon in der Nähe der Deichlücke niedergeschlagen, die im Wasser aufgelösten Stoffe kommen überhaupt nicht zur Wirkung. Ein weit größerer Erfolg ist dadurch zu erzielen, daß am oberen Ende der Niederung ein Überlauf oder besser eine Einlaßschleuse im Hauptdeiche angelegt wird, sodass eine befruchtende Bewässerung mit Hochwasser während längerer Zeit erfolgt. Die Lücken der offenen Deiche werden deshalb in der Neuzeit vielfach geschlossen und neue Eindeichungen werden in der Regel geschlossen ausgeführt. Es war z. B. die in Fig. 9, Taf. XIX dargestellte Niederung zwischen Weser und Aller, welche durch



den hochwasserfreien Eisenbahndamm in zwei getrennte Verbände geteilt wird; früher oberhalb der Allermündung bei Hutbergen, sowie oberhalb Verden bei Wahnebergen offen. Später sind jedoch diese Deichlücken geschlossen und das fremde Wasser, welches früher in die Niederungen trat und die Menge des Kuverwassers sehr vermehrte, ist längs des Eisenbahndammes durch einen besonderen, für sich eingedeichten Graben unabhängig von der Niederung in die Aller abgeleitet worden.

Rückdeiche oder Rückstaudeiche erstrecken sich längs eines Nebenflusses, um das aus dem Hauptflusse zurückstauende Hochwasser von der Niederung fern zu halten (Fig. 2, S. 611, und Fig. 6, Taf. XIX). Sie müssen bei geschlossenen Deichanlagen angelegt werden, falls die Hochwassermenge des Nebenflusses sehr groß ist, also im Hauptdeiche eine weite, kostspielige Deichschleuse erforderlich wäre. Die Rückstaudeiche schliessen sich, sofern nicht etwa hochwasserfreie Höhen als Verbindungsglied auftreten, an der Mündung des Nebenflusses unmittelbar an den Hauptdeich und erhalten dort dessen Höhe. Nach oberhalb steigt der für die Deichhöhe maßgebende, durch den Rückstau des Hauptflusses im Nebenflusse erzeugte Hochwasserspiegel in der Regel mit geringer Neigung an, indem das Hochwasser des Hauptflusses gewöhnlich so lange Zeit andauert, daß es das Thal des Nebenflusses bis zu seiner vollen Höhe anfüllt, worauf das Wasser des Nebenflusses für seinen Ablauf noch ein sehr geringes Gefälle erfordert. Es kommen jedoch auch Fälle vor, wo das für die Höhe der Rückdeiche maßgebende Hochwasser nur kurze Zeit anhält und sich mit geringem Gefälle in das Seitenthal ergießt.

Binnendeiche schützen die Niederung gegen das Hochwasser der vom rückwärts liegenden Lande kommenden Gewässer; auch werden diejenigen Deiche so genannt, welche die zu einer Hauptwasserschaft gehörenden Flächen zu größerer Sicherheit oder zur Erzielung einer besseren Entwässerung in einzelne Abteilungen trennen.

Schaar- oder Gefahrdeich nennt man an einem Flusse denjenigen Deich, vor dem sich kein genügend breites Vorland findet, der also den Angriffen der Strömung unmittelbar ausgesetzt ist (vergl. die mit *a* bezeichnete Stelle der Fig. 1, S. 609, und Fig. 7, Taf. XIX, Deich am rechten Ufer vor dem Orte Duurstede). Ein Schaardeich bedarf einer besonders guten Sicherung der Aufsensböschung und es muß das schmale Vorland durch Uferdeckwerke oder Buhnen vor dem ferneren Abbruch geschützt, auch thunlichst durch Regulierung des Flusses auf Ausbildung des Vorlandes hingewirkt werden, um die erheblichen Unterhaltungskosten des Schaardeiches zu vermindern und die mit ihm verbundenen Gefahren zu beseitigen.

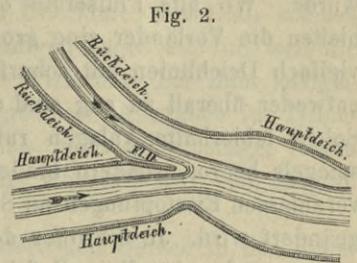
Schlafdeiche sind alte, hinter dem Hauptdeiche liegende Deiche, welche in früheren Zeiten, ehe der neue Hauptdeich geschüttet wurde, den Schutz der Niederung bewirkten.

Flügeldeiche sind kurze Deiche, welche im Anschluß an den Hauptdeich oder das Hochufer hauptsächlich in den folgenden Fällen vorkommen:

1. Bei vorspringenden Deichecken, indem sie bis zum Vorlande in geringer Länge hinabgeführt und auf der Oberwasserseite abgepflastert sind, um den Stofs des Eises aufzunehmen und die Hochwasserströmung in die Richtung des Stromlaufs zu weisen, was zur Milderung des schroffen Überganges und Verhütung von Eisversetzungen, namentlich beim Übergang von weiten in enge Profile, notwendig sein kann;
2. als Dämme, welche von dem Hauptdeiche aus in deklinanter Richtung und gewöhnlich in geringer Höhe auf einem Teil des Vorlandes (selten bis an

die Stromrinne) geführt sind, um niedrigere Teile des Vorlandes vor heftiger Durchströmung zu schützen (vergl. Fig. 1, S. 609, und Fig. 9, Taf. XIX, die Deiche an der Weser darstellend); namentlich finden sie sich, falls alte verlassene Flusarme vorhanden sind, deren erneute Ausbildung zum Hauptarme und in Verbindung damit ein stärkerer Angriff des Hauptdeiches gefürchtet wird. Sind Flügeldeiche der letzteren Art von erheblicher Länge und weit niedriger als der Hauptdeich, so nennt man sie wohl Leitdämme oder Leitdeiche;

3. oberhalb der Einmündung von Nebenflüssen (Fig. 2), um eine Vereinigung der beiden Flüsse unter spitzem Winkel auch zu Hochwasserzeiten herbeizuführen, mithin Versandungen möglichst zu verhüten und auch den Rückstau, welcher alsdann nur bei dem weiter stromabwärts gelegenen Endpunkte des Flügeldeiches beginnen kann, zu mäfsigen. Um den Rückstau des Stromes weiter abwärts zu verlegen, kommen sie auch im Anschluß an den Hauptdeich oder das Hochufer vor, indem sie unten offen sind;



4. als Verbindungsglied (Frontdeich) zwischen Deich und hochwasserfreier Höhe (vergl. Fig. 1, S. 609, und Fig. 12, Taf. XIX).

Die Flügeldeiche können zwar in den Fällen 1 bis 3 eine Beschränkung des Hochwasserprofils herbeiführen, auch sind sie in der Regel heftigen Angriffen ausgesetzt; bei älteren Deichanlagen mit unregelmäßigen Profilen sind sie aber für den Schutz der Hauptdeiche gegen Hochwasser und Eisgang von großem Nutzen.

Ringdeiche umschließen Ortschaften eines Flussthales, das entweder gar nicht, oder in unzureichender Weise gegen Hochwasser geschützt ist.

§ 3. Geschichtliches über Flusdeiche. Die Niederungen wurden anfänglich, als die Bevölkerung dünn und die Bodenkultur wenig entwickelt war, nur als Wiese oder Weide benutzt. Wo sie weite Flächen bildeten, wie im unteren Laufe der Flüsse, unweit der See, wurden die Wohnungen auf einzelnen hochwasserfreien, künstlich aufgeworfenen Höhen errichtet, den Worthen oder Wurthen, in den Niederlanden Woerden, Wierden oder Terpen genannt. Erst später, z. B. an der unteren Weichsel im 13. Jahrhundert, führte das Bedürfnis nach einem gesicherten Ertrage der Grünlandflächen oder nach einer Benutzung derselben als Ackerland zu der Anlage von schwachen Deichen an solchen Punkten der Niederung, wo öftere Überflutungen deren Mangel besonders fühlbar machten. Sie wurden dann planlos entweder als offene Deiche, um nur die Strömung mit ihren verheerenden Einflüssen fern zu halten oder auch als für sich bestehende Stropolder, welche die höheren, zum Ackerbau zu benutzenden Ländereien und die Ortschaften umgaben, angelegt. Indem man die offenen Deiche immer mehr verlängerte und die einzelnen Stropolder miteinander verband, entstanden die jetzigen Flusdeiche, jedoch in weit geringerer Stärke und Höhe, als sie zur Zeit besitzen. Es entwickelten sich vielmehr die jetzigen Deichprofile erst im Laufe der Jahrhunderte aus den ursprünglich geringfügigen Anfängen. Die Bewohner wurden nämlich zu der fortgesetzten Erhöhung und Verstärkung der Deiche durch die allmähliche Steigerung des Hochwassers genötigt, sowie durch das mit der fortschreitenden Kultur und Koloni-

sation der eingedeichten Niederung wachsende Bedürfnis nach immer größerer Sicherheit vor Deichbrüchen und Überschwemmungen. Die älteren Profile sind zuweilen noch zu erkennen an den nicht entfernten alten Grasnarben, welche als dunkler gefärbte, humusreiche Lagen von den später aufgebrauchten Erdschichten zu unterscheiden sind.

Da man die Deiche anfänglich nur an solchen Orten ausführte, wo sie besonders nötig erschienen oder am leichtesten herzustellen waren, wählte man für die Deichlinie Bodenerhebungen, vermied tiefere Senkungen, verfolgte wohl sogar den durch das Austreten des Flusses am meisten erhöhten Uferrand, ohne Rücksicht auf die Breite, Lage und Richtung des Flusses, dessen Höhenlage und Gefälle damals auch andere waren, unbekümmert darum, ob das Hochwasserprofil des Flusses eng oder weit wurde. Wo alte Flusläufe oder ähnliche Unregelmäßigkeiten vorhanden waren, erhielten die Vorländer eine große, wo sie fehlten, eine geringe Breite. So entstanden vielfach Deichlinien mit scharf vorspringenden Ecken und mit Hochwasserprofilen, die entweder überall zu eng sind oder bei denen enge und weite Profile schroff abwechseln. Solche fehlerhafte Anlagen rufen nicht nur eine bedeutende Hebung des Hochwasserspiegels hervor, sondern hindern auch die regelmässige Fortbewegung des Eises und veranlassen Eisstopfungen an Stellen, wo die Strömungsrichtung durch den Deichvorsprung geändert wird. Je schroffer der Wechsel zwischen engen und weiten Hochwasserprofilen, um so größer ist diese Gefahr, die man später durch Anlegung von Flügeldämen zu mildern suchte. An diesen ursprünglichen Deichlinien hielt man, da das Aufgeben derselben zu kostspielig war, bei den späteren Verstärkungen und bis auf unsere Tage fest, obgleich sie immer größere Gefahren und Lasten für die Niederungen hervorriefen. Nur verhältnismässig selten sind Deichlinien mit großen Unregelmäßigkeiten und ungenügenden Hochwasserprofilen später reguliert worden. Das hervorragendste Beispiel aus neuester Zeit bildet die Zurücklegung des linksseitigen Deiches oberhalb der neuen Weichselmündung. Eine Regulierung stößt wegen der sich widerstreitenden Interessen der beteiligten Grundbesitzer meist auf große Schwierigkeiten, ist auch oft der Ortschaften wegen überhaupt kaum ausführbar oder erfordert erhebliche Kosten, welche in der Regel nur durch die Hilfsleistung des Staates aufzubringen sind. Trotzdem ist sie bei vielen Flüssen eine immer brennender werdende Frage geworden.

Aber selbst da, wo die Deichlinie richtig gewählt worden ist, sind vielfach erhebliche Mifsstände infolge der Eindeichung allmählich hervorgetreten (vergl. § 4). Es ist daher natürlich, daß sich an vielen Orten Stimmen erheben, welche die jetzigen wasserwirtschaftlichen Verhältnisse und namentlich das System der hochwasserfreien Deiche angreifen und die Forderung aufstellen, statt der bisherigen Wasserabwehrung, die sich im Laufe der Zeit immer schwieriger gestalten werde, die Wasserableitung einzuführen, d. h. den Hochfluten räumlich möglichst ausgedehnte Flächen wieder zu eröffnen. Zugleich werden die verschiedensten Mittel vorgeschlagen, um nicht allein der weiteren Steigerung der Hochwasser entgegen zu wirken, sondern auch die atmosphärischen Niederschläge im Quellgebiete zurückzuhalten, namentlich ihr rasches Abströmen von den Gebirgen und Abhängen zu verhüten und dadurch die Hochwassermenge, sowie die mitgeführten Geschiebe zu vermindern. Diese in den §§ 18 bis 21 näher besprochenen Mittel werden aber doch nur ausnahmsweise ein völliges Niederlegen der alten hochwasserfreien Deiche in den bewohnten Marschen als thunlich erscheinen lassen, wohl aber ihre Nachteile erheblich mäßigen können. Denn es sind diese Deiche mit der Kulturentwicklung und der Geschichte der Niederungen zu eng verknüpft, sie bilden das wirksamste Mittel gegen Überschwemmungen, erst sie ge-

wären die Möglichkeit einer für jede höhere Kultur unentbehrlichen Herrschaft über den Boden und einer freien Bewegung auf demselben. Eine gänzliche Abtragung der Winterdeiche würde daher in der Regel gleichbedeutend mit einem Zurückgehen in ältere, schlechtere Kulturverhältnisse und deshalb ein Schritt sein, der jetzt, wo diese Flächen bevölkert sind, unmöglich ist. Solange, und zwar unter Berücksichtigung nicht etwa einzelner schlimmen, nur nach längeren Zwischenräumen wiederkehrenden, außerordentlichen Notjahre, sondern einer längeren Jahresreihe, die wirtschaftlichen Vorteile der Eindeichung nicht erheblich geringer sind, als die mit ihnen verknüpften Nachteile, Lasten und Gefahren, wird man sich schwerlich entschließen, im Interesse künftiger Generationen den ererbten Zustand aufzugeben. Es kommt vielmehr die Erhöhung vorhandener Sommerdeiche und die Schließung bestehender Überläufe selbst an solchen Orten, wo die Niederung als Weide benutzt wird, noch heutigen Tages oft vor, weil die durch höhere Sommerfluten veranlafsten Störungen in der Wirtschaft bei dem jetzigen intensiveren Betriebe schwerer zu ertragen sind, als die größeren Ausgaben für Deichunterhaltung. Tritt nämlich nach einer Sommerüberflutung nicht bald heftiger Regen ein, der das Gras von dem daran haftenden Schlick reinigt, so muß das Vieh längere Zeit im Stalle gefüttert werden.

Man wird deshalb auch die bestehenden hochwasserfreien Deiche in der Regel erhalten, jedoch den arg bedrohten eingedeichten Niederungen zu Hilfe kommen müssen und zwar durch Herstellung genügender Hochwasserabflußprofile mittels teilweiser Zurücklegung der Deiche, Abtragung zu hoher Vorländer und Beseitigung der Abflußhindernisse auf den Vorländern, ferner durch Erhöhung und Verstärkung der Deiche, durch Regelung des Flussschlauchs, auch wohl durch Entlastung enger Flußstrecken mittels Einrichtung von Überläufen oder Einlässen in den Deichen oder mittels Anlage von Flut- oder Umlaufkanälen, wo sie nach den örtlichen Verhältnissen nicht zu entbehren sind. Wo erhebliche Eisgefahren bestehen, wie an der Weichsel und Elbe, wird man ihnen durch die Thätigkeit zahlreicher Eisbrechdampfer begegnen. In Ortschaften ist allmählich eine hochwasserfreie Lage der Wohnhäuser und Straßen herbeizuführen, nötigenfalls auch eine schützende Umwallung, also ein Ringdeich, anzulegen. Daneben wird man durch geregelte Einführung des befruchtenden Hochwassers auf eine Steigerung der Ertragsfähigkeit und auf die Erhöhung der Niederungen hinwirken, durch Bewaldung der Höhen und thunlichste Zurückhaltung des Wassers im Quellgebiete die verheerenden Hochwasser einschränken — also das Wasser möglichst beherrschen müssen, statt ihm die Niederungen ohne weiteres zu übergeben. Neue Deichanlagen kommen jedoch in den Kulturländern fast nur noch an kleineren Flüssen vor, da sie an den größeren Flüssen größtenteils ausgeführt sind. Zu den neueren Ausführungen gehört die Eindeichung des Memeldeltas, bei der 18500 ha vor Versumpfung und Überschwemmung geschützt sind.²⁾

§ 4. Nachteile der Flußdeiche. Die nachteiligen Einwirkungen der hochwasserfreien Deichanlagen bestehen hauptsächlich in:

1. Der Steigerung des Hochwassers, d. h. der Hebung des Wasserspiegels und der Verstärkung der Strömung,
2. der Entziehung der Sinkstoffablagerungen, welche früher die Niederung befruchteten und namentlich auch erhöhten,
3. der Verminderung der bisherigen Vorflut der Niederung,

²⁾ Centralbl. d. Bauverw. 1896, S. 498.

4. dem Hervorrufen von Deichbeschädigungen und Deichbrüchen, also von immer mehr wachsenden Lasten und Gefahren,
5. der Qualmwasserbildung,
6. der Unterbrechung der Entwässerung.

Zu 1. Neue Deiche bewirken durch die Verengung des bisherigen Hochwasserprofils (gleich jedem anderen Einschränkungswerke) eine Erhebung des Hochwasserspiegels. Eine fernere, wenn auch geringere Erhöhung des Hochwasserspiegels wird dadurch hervorgerufen, daß sich das Wasser nicht mehr wie früher auf den weiten Flächen der Niederung ausbreiten kann; die der Überflutung entzogenen Niederungen bildeten gewissermaßen Sammelbecken. Deiche, deren Höhen nach den früher beobachteten Hochwasserständen ohne Rücksicht auf die eintretende Erhöhung bestimmt wurden, werden also überflutet werden. Diese Steigerung des Hochwassers kann die schlimmsten Zustände namentlich an Flüssen mit schweren Eisgängen und unregelmäßigen, die Eisversetzungen begünstigenden Hochwasserprofilen herbeiführen, wie z. B. am Unterrhein und an der unteren Weichsel. Setzt sich die aus dem zusammengeschobenen Grundeise entstandene Eisdecke beim Tauwetter in Bewegung und tritt alsdann an unregelmäßigen Hochwasserprofilen, besonders beim schroffen Übergange eines engen in ein weites Profil, wo sich die Geschwindigkeit der Eismassen mäfsigt, oder an Stellen mit großen Sandbänken, welche die Eisschollen aufhalten, eine Verstopfung oder Versetzung ein, wobei sich das bisherige Durchflußprofil immer mehr durch das nachkommende Eis anfüllt, so ist eine Anstauung des am Abflusse gehinderten Wassers die Folge. Durch das zwischen den Deichen immer höher und rasch ansteigende Wasser wird entweder ein so starker Druck erzeugt, daß eine Lösung der Versetzung erfolgt oder es tritt zuerst ein Überlauf und dann bald ein Durchbruch des Deiches ein. Zerstörungen und Versandungen, sowie zuweilen monatelange Überschwemmungen der Niederungen sind die Folge der Durchbrüche, deren Schließung große Opfer erfordert.

Durch die Einengung des Hochwasserprofils steigert sich auch die Geschwindigkeit des Hochwassers, sodafs Uferabbrüche und Versandungen veranlaßt werden können, falls nicht durch eine Regulierung des Flufsschlauchs diesen Übelständen vorgebeugt wird. Für die Ausbildung der Schiffahrtstiefe, die Fortbewegung der Sinkstoffe und die Vertiefung der Flufssohle ist dagegen die gesteigerte Geschwindigkeit sehr günstig und es bilden gut angelegte, dem Stromschlauch parallel geführte Deiche auch insofern ein wichtiges Regulierungsmittel, als sie die Hochwasserströmung zusammenhalten, daher die Ausbildung anderer Rinnen und die Versandung des Stromschlauchs verhindern.

Zu 2. Ferner müssen die eingedeichten Niederungen die frühere Bewässerung, namentlich die Sinkstoffe entbehren, die während der Überschwemmungen abgelagert wurden und ihnen Fruchtbarkeit verliehen. Es tritt ein Rückgang in den landwirtschaftlichen Erträgen ein, namentlich auf denjenigen Flächen, die als Wiesen genutzt und nicht gedüngt werden. Im Gegensatz dazu sind die Erträge aus den Aufsendeichflächen überall da sehr groß, wo sich der Schlick ruhig absetzen kann, ohne wieder fortgespült zu werden. Sie liefern oft mehr als den doppelten Ertrag der eingedeichten Grundstücke, ohne mit deren Lasten behaftet zu sein und die Ernte wird bei genügender Höhenlage oft nur etwa alle 10 Jahre durch Sommerhochfluten vernichtet.

Zu 3. Wegen des Fehlens der Sinkstoffe ist die eingedeichte Niederung aber auch verhindert sich zu erhöhen, sie senkt sich vielmehr durch die verbesserte Entwässerung und Austrocknung und zwar besonders da, wo der Boden weich war oder wo der thonige Alluvionboden eine größere Mächtigkeit besafs, was im unteren Laufe, oberhalb

der Mündung in die See, bei größeren Flüssen gewöhnlich der Fall ist. Im Gegensatz hierzu wird das Vorland (Aufsendeichsland oder der Aufsendeich) durch die Ablagerung der Sinkstoffe in der Regel erhöht und in vielen Fällen erhöht sich auch die Sohle und der gewöhnliche Wasserstand des Flusses. Solche Erhöhung tritt namentlich im unteren Flusslaufe ein, indem die vom Flusse mitgeführten Sinkstoffe an der Mündung niedergeschlagen werden, mithin eine Verlängerung des Flusslaufs herbeiführen, die eine Erhebung der Sohle und des Wasserspiegels des Flusses zur Folge hat behufs Gewinnung des für die Wasserabführung auf der größeren Länge nötigen Gefälles. Sehr erheblich ist die Hinausschiebung der Mündung z. B. beim Po.³⁾ Durch die Deichanlage wird die Verlängerung des Flusslaufs noch insofern begünstigt, als sich die Sinkstoffe nur noch auf den schmalen Vorländern ablagern können und auch dort, wegen der größeren Geschwindigkeit, nur in geringerem Grade, während sie ohne die Deiche auf der weiten Niederungsfläche besser zur Ablagerung gelangten. Dies ist z. B. im Weichseldelta deutlich zu erkennen, indem die ältere Mündung bei Neufahrwasser eine verhältnismäßig nur geringe Ausbiegung der Küstenlinie veranlaßt hat, während bei der im Jahre 1840 entstandenen Mündung bei Neufähr eine erhebliche Halbinselbildung hervorgerufen worden ist. Die vereinte Wirkung der Senkung der Niederung und der Hebung der Flußsohle und der Vorländer ist in allen Flußdeltas, welche schon vor Jahrhunderten eingedeicht wurden, zu beobachten, z. B. am holländischen Rheindelta, dessen Deiche meist aus dem 12. Jahrhundert stammen und am Weichseldelta, dessen Hauptarme, die Weichsel und Nogat, im 13. Jahrhundert mit Schutzdämmen gegen die Wasserfluten versehen wurden. Beide fruchtbare Niederungen liegen jetzt großenteils nicht allein unter dem gewöhnlichen Wasserspiegel der Flüsse, sondern sogar unter demjenigen der See, sodafs die verloren gegangene Vorflut nur durch künstliche Entwässerung wieder beschafft werden kann. Der Höhenunterschied zwischen dem hohen Flußwasserspiegel und der eingedeichten Niederung ist immer größer geworden, die Schöpfmaschinen müssen mit der Zeit immer länger in Thätigkeit bleiben, erfordern also immer größere Betriebskosten.

Auch im mittleren und oberen Flusslaufe ist einerseits eine allmähliche Erhöhung der Flußsohle durch die auf ihr abgelagerten Sinkstoffe zu befürchten, andererseits wird dieser Erhöhung aber gerade durch die Eindeichung und Regulierung des Flusses entgegengewirkt, welche durch die Verminderung der Hochwasserprofile die Hochwassergeschwindigkeit, mithin die Sinkstoffbewegung erheblich steigert. Ob der erstere oder der letztere Einfluß überwiegt, hängt hauptsächlich von dem Gefälle, der Menge und Beschaffenheit der Sinkstoffe, der Größe der Hochwasserprofile und der Dauer der Hochfluten ab. Eine etwaige allmähliche Erhöhung der Flußsohle hat auch die Verminderung der Vorflut der eingedeichten Niederung zur Folge.

Zu 4. Durch die Unterhaltung und Verteidigung, die Erhöhung und Verstärkung der Deiche, die Schließung der Deichbrüche und die künstliche Trockenhaltung der Grundstücke erwachsen nicht unerhebliche Lasten, ohne dafs sie die Gefahren, die den Bewohnern an ihrem Leben und Eigentum bei Deichbrüchen drohen, ganz abzuwenden vermögen. Diese Gefahr ist namentlich in solchen Niederungen erheblich, wo Eisversetzungen im Flusse zu befürchten sind oder die Deiche kein genügendes Vorland besitzen, heftiger Strömung und Wellenschlag ausgesetzt, aus schlechter Erde oder auf zu weichem

³⁾ Fischer. Die Gesamtursachen der stetigen Erhöhung der Deiche im Unterlauf der Ströme. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1890, S. 37.

Untergrunde geschüttet sind. Selbst bei günstigen Deich- und Flussverhältnissen ist eine Überschreitung des höchsten beobachteten Wasserstandes infolge außerordentlicher meteorologischer Ereignisse möglich. Diese Lasten und Gefahren haben sich im Laufe der Zeit mit der zunehmenden Höhe der Deiche gesteigert. Es ist jedoch in neuerer Zeit vielfach gelungen, den durch Eisversetzungen drohenden Gefahren mittels der Eisbrechdampfer vorzubeugen und auch die sonstigen Gefahren durch Regelung der Hochwasserprofile und Herstellung kräftiger, gut unterhaltener Deiche erheblich zu vermindern.

Zu 5. Falls die Deiche aber auch vor dem Durchbrechen bewahrt werden, so ruft bei lang andauerndem Hochwasser das Quellwasser (Qualm-, Küber-, Dräng-, Truh-, Druck- oder Kör-Wasser) große Nachteile für diejenigen Niederungen hervor, deren Boden aus wasserdurchlässigen Ablagerungen besteht. Es ist dies das aus dem sandigen Untergrunde aufsteigende Wasser, dessen Menge um so größer wird, je bedeutender der Höhenunterschied zwischen Außen- und Binnenwasser, je durchlassender die obere, den Sandboden bedeckende Alluvionschicht ist und je mehr Löcher oder Gräben sich finden, welche bis in den sandigen Untergrund hinabreichen. Besonders nachteilig wirken die durch Entnahme von Boden in der Nähe des Deiches ausgehobenen Löcher und Vertiefungen, weil sie die Durchquellungen begünstigen und auch Versackungen des Deiches hervorrufen können. Das magere Quellwasser, dem durch die Bodenfiltration alle fruchtbaren Stoffe entzogen wurden, laugt die Grundstücke aus, indem es von unten nach oben sich bewegt. Es wird noch vermehrt durch das Wasser, welches den Deich durchquillt, falls er aus Sand oder auf sandigem Boden geschüttet ist, sowie durch das am Abfluß gehinderte Regen- und durch das der Niederung von außen zuströmende sogenannte fremde Wasser. Das Quellwasser bedeckt bald alle niedrigen Flächen in weiter Ausdehnung und auf längere Zeit, wodurch beim Eintritt warmer Witterung die jungen Saaten leicht vollständig zu Grunde gehen.

Zur Verminderung der Qualmwassermenge sind die größeren, in den sandigen Untergrund reichenden niedrigen Flächen, insbesondere die bei Deichbrüchen entstandenen Kolke mit kleinen Deichen, den sogenannten Küberdeichen, zu umziehen, die kleinen niedrigen Flächen und Wasserlöcher mit undurchlässigem Boden zu verfüllen, auch die sandigen Teile der tief eingeschnittenen Gräben mit Lehm auszufüllen. Vorteilhaft wirkt auch ein mit Lehm ausgefüllter tiefreichender Schlitz am äußeren Deichfuß, ferner die Anlegung von Bermen an der niedrigen Binnenseite des Deiches, sowie die Schaffung von Vorlandsflächen an den Schaardeichen. Durch Aufstellung eines kräftigen Schöpfwerkes läßt sich die Niederung zwar vom Küberwasser freihalten, doch wird dessen Menge infolge des größeren Wasserdruckes gesteigert und die schädliche Auslaugung des Bodens noch erhöht. Es ist deshalb vorzuziehen, das Schöpfwerk nur in der Vegetationsperiode in Betrieb zu setzen, dagegen durch Erbauung einer oberen Einlaß- und einer unteren Auslaßschleuse für Zuführung schlickreichen Wassers zu den tief gelegenen Wiesen zu sorgen (vergl. § 20, 4.).

Zu 6. Die Nachteile, welche die eingedeichte, auf natürlichem Wege mittels Sielen entwässernde Niederung dadurch erleidet, daß diese Entwässerung wochen-, ja monatelang unterbrochen wird, treten namentlich bei langgestreckten Niederungen hervor, in deren unterem Ende das gesamte Wasser zusammenläuft. Diese Nachteile sind aber erheblich geringer als die durch das Küberwasser hervorgerufenen Verluste. Sie lassen sich nur durch Aufstellung eines Schöpfwerkes verhüten.

Die oben geschilderten Nachteile wachsen an denjenigen Flüssen zu großer Höhe, deren Deichlinien anfänglich fehlerhaft gewählt wurden, wie z. B. an der Loire, wo die

Vorländer ganz fehlen oder viel zu schmal sind, um ein heftiges Hochwasser überhaupt zwischen den Deichen fassen zu können, oder am Unterrhein und im Weichseldelta, wo große Unregelmäßigkeiten im Hochwasserprofile bestehen und die Gefahren durch Eisversetzungen erheblich gesteigert werden können. Dazu kommt, daß der Körnerbau durch den Wettbewerb anderer Länder (Amerika, Rußland, Ungarn) weniger einträglich als früher geworden ist. Im Gegensatz hierzu finden Gras- und Futtergewächse eine günstigere Verwertung, namentlich für die höhere Kultur der sich vielfach in der norddeutschen Tiefebene an die Flusnniederungen schließenden Heide- und Moorstrecken, die zur intensiven Düngung die Haltung starker Viehstämme erfordern.

Die besprochenen Nachteile lassen sich durch die im vorigen Paragraphen am Schluß erwähnten Maßnahmen einigermaßen einschränken.

Handelt es sich aber um neue Deichanlagen, so werden in der Regel nur diejenigen zu empfehlen sein und sich auch auf lange Zeit als höchst segensreich erweisen, welche:

1. breite Vorländer, also große Hochwasserprofile erhalten, mithin nur geringe Erhebungen des Hochwassers durch Profileinschränkung und Wasserflächenverminderung hervorrufen;
2. Grundstücke einschließen, die vollkommen reif für die Eindeichung sind, d. h. nach ihrer Höhenlage und zwar auch unter Berücksichtigung der künftigen Senkung, sicher entwässert werden und nach ihrer Bodenbeschaffenheit die fruchtbaren Überschlickungen einigermaßen entbehren können, indem andernfalls eine sofortige Bewässerung und Kolmation einzurichten ist;
3. Niederungen begrenzen von solcher Breite, daß ihre landwirtschaftliche Ausnutzung ohne besondere Deiche wegen der Entlegenheit der Wirtschaftsgebäude nicht wohl möglich ist, oder von solcher Bodenbeschaffenheit, daß die Abhaltung der Überströmung durchaus geboten erscheint;
4. Gelände schützen sollen, deren Oberfläche aus thonigem, das Qualmwasser nicht durchlassendem Boden besteht, indem andernfalls die Nachteile des Qualmwassers die Vorteile der Eindeichung überwiegen können;
5. für die Flusregulierung sich als unbedingt notwendig erweisen, was namentlich bei Eindeichungen der Gebirgsflüsse und in den oberen Teilen des Flusgebietes der Fall ist.

In den mittleren und unteren Flusgegenden sollten dagegen Niederungen von nicht bedeutender Breite nicht eingedeicht werden, weil sie nach Belassung genügend breiter Vorländer zu schmal werden, um die bedeutenden Anlage- und Unterhaltungskosten der Deiche zu tragen; zu berücksichtigen sind hierbei die für die Zukunft vielleicht zu erwartende Steigerung des Hochwassers und die Verminderung der Fruchtbarkeit infolge der Entziehung der Schlickablagerungen. Sind solche Uferflächen so niedrig, daß sie zu oft vom Sommerwasser überflutet werden und daher zu geringe Erträge liefern, so wird an Stelle von Winterdeichen die Anlage von Sommerdeichen vorzuziehen sein, die jedoch keinesfalls über das notwendigste Höhenmaß aufgeführt werden dürfen und in denen die Wirtschaftsgebäude entweder auf Hügeln (Worthen) oder auf hochwasserfreien Fundamenten errichtet werden. Der in einzelnen Jahren durch höheres Wasser eintretende Verlust der Ernte wird ausgeglichen durch den Gewinn der alljährlichen Winterüberflutung, sowie dadurch, daß sich die zu niedrigen Teile der Fläche, namentlich Sümpfe und verlassene Flusarme, durch die Kolmation nach und nach in fruchtbare Gelände verwandeln. Man muß sich jedoch hüten, den Sommerdeichen durch allmäh-

liche Erhöhung ihren Charakter zu nehmen, indem sonst die Schäden und Verluste unerwartet eintreffen, gröfser und empfindlicher sind.

Bei sehr verschiedener Höhenlage der Niederung kann es sich auch empfehlen, nur die niedrigeren Teile durch einzelne, nicht zusammenhängende Deiche, welche zwischen den höher gelegenen Teilen und in deren Höhe geschüttet werden, vor frühzeitigen Durchströmungen und Versandungen zu schützen. Insbesondere können breite Vorländer statt durch Sommerdeiche durch Ausschüttung der tiefen Stellen der Uferborde vor den Schäden der frühzeitigen Ausuferung bewahrt bleiben (vergl. § 11).

Flufsthäler, deren obere Schichten nicht in genügendem Grade thonig sind, sollten in Rücksicht auf das Qualmwasser nur mit Sommerdeichen oder mit Winterdeichen, welche Überläufe oder Einlafsschleusen besitzen, geschützt werden. Winterdeiche ohne Einlafsvorrichtungen sind bei sandigem Boden nur dann zweckmäfsig, falls das Hochwasser in der Regel eine so kurze Dauer hat, dafs die nachteilige Qualmwasserbildung nicht in erheblichem Grade zu erwarten ist. Durch die vorstehend (zu 5) aufgeführten Mafsnahmen wird aufserdem die Qualmwasserbildung auf das geringste Mafs einzuschränken sein.

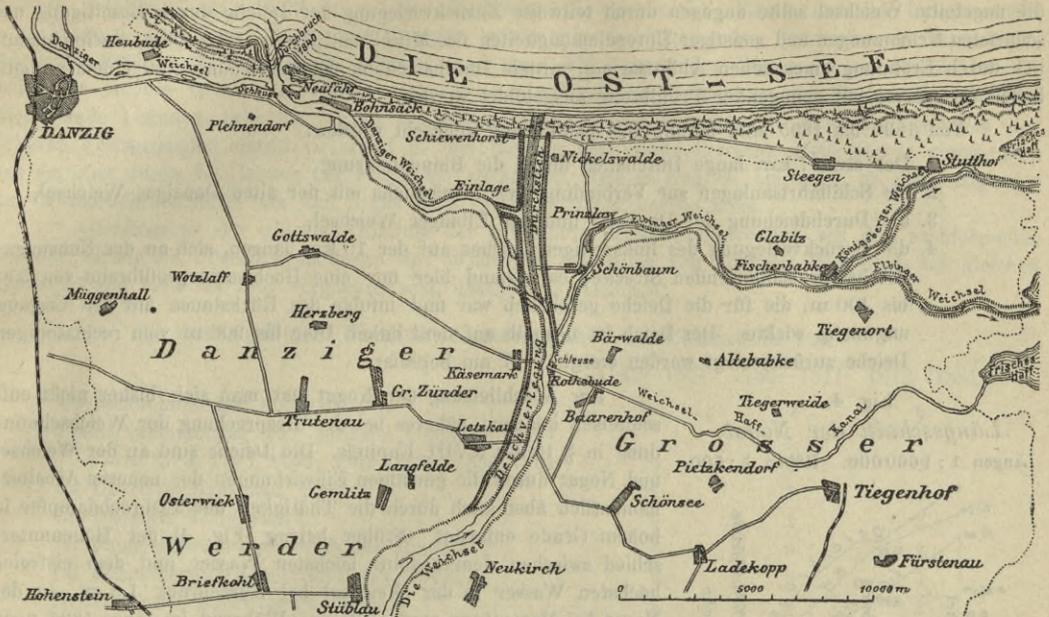
§ 5. Deichverhältnisse des Weichseldeltas, des Unterrheins, der Elbe und Weser, der Loire, des Po und der Theifs. In den nachstehenden Beispielen werden die Übelstände, welche die älteren Deichanlagen im Gefolge haben, deutlich hervortreten.

1. Von den deutschen Flüssen besitzt die Weichsel in ihrem unteren Laufe sehr schwierige Verhältnisse, die allerdings durch die in neuester Zeit vorgenommenen Arbeiten schon erheblich verbessert worden sind. Die wichtigeren Nebenflüsse, welche mit Ausnahme des Narew sämtlich am Nordabhange der Karpathen entspringen, haben etwa gleiche Länge; ihre Hochfluten treffen zur Zeit der Schneeschmelze mit denjenigen des Hauptflusses zusammen, ohne dafs sie, wie beim Rhein, durch gröfsere Seebecken gemäfsigt würden. Ferner wird die etwa $3\frac{1}{2}$ Breitengrade betragende südlichere Lage desjenigen Teiles des Quellgebietes, das die plötzlichen Anschwellungen hervorruft (von den Karpathen bis zur polnischen Tiefebene), nicht durch eine gröfsere Höhenlage ausgeglichen, sodafs das Tauwetter in jenem oberen Gebiete früher als im unteren eintritt. Sodann ist die Eisbildung bei der nordöstlichen Lage des Flusses und dem festländischen Klima eine sehr kräftige, die Schneedecke verschwindet nicht vorzeitig, sondern verstärkt sich bis zum Frühjahr, alsdann beginnt das Abschmelzen des Schnees von Süden her, während der Unterlauf noch die Eisdecke trägt. Infolge dieser ungünstigen Umstände sind die Eisverhältnisse an der Weichsel, obgleich die gewöhnliche Wassermenge des Flusses wegen des Fehlens von grossen Gletscherfeldern verhältnismäfsig geringfügig ist, höchst gefährlich und die hohen und kräftigen Deiche, welche seit dem 13. Jahrhundert überall zum Schutz der Niederungen angelegt sind, wurden fast nur infolge von Eisverstopfungen gebrochen.

Unweit der Montauer Spitze (vergl. XI. Kapitel, S. 511, Fig. 259), in gerader Entfernung etwa 45 km von dem Dünenrande der Ostsee entfernt, erweitert sich das Thal, und eine breite, durch die Alluvionen des Flusses aus dem früheren Seebecken gebildete Niederung beginnt, s. Fig. 3. An jenem Punkte nimmt die Deltabildung des Flusses ihren Anfang, indem er sich in zwei Hauptarme teilt, die Nogat und die geteilte Weichsel. Die Nogat ergiefst sich westlich von der Stadt Elbing in das Frische Haff, führt bei Niedrigwasser nicht $\frac{1}{3}$, bei Mittelwasser $\frac{1}{3}$, bei eisfreiem Hochwasser etwa $\frac{2}{7}$ der Gesamtmenge ab, die 260 bzw. 1878 und 7883 cbm beträgt. Die Weichsel teilte sich, etwa 9 km von der Ostsee, wieder in zwei Arme, nämlich die Danziger Weichsel, die bei Neufährwasser in die Ostsee floss, und die Elbinger Weichsel, die sich in das Frische Haff ergofs, zu denen infolge eines Durchbruches durch die Dünen bei einer Eisversetzung im Jahre 1840 noch ein dritter Arm gekommen war. Dieser führte bei Neufähr der Ostsee die grösste Wassermenge zu, während die Danziger und die Elbinger Weichsel ihre Bedeutung für die gewöhnliche Wassermenge gänzlich und für Hochwasser erheblich verloren hatten.

Wie bei vielen alten Eindeichungen, finden sich sowohl an der Nogat wie an der geteilten Weichsel grosse Unregelmäfsigkeiten in Betreff der Breite des Hochwasserprofils, das bei der ungeteilten Weichsel 1050 bis 1480, bei der geteilten Weichsel 380 bis 2080, bei der Danziger Weichsel 270 bis 1120, bei der

Fig. 3. Der nördliche Teil des Weichseldeltas.



Elbinger Weichsel 320 bis 880, bei der Nogat 174 bis 2670 m breit ist. Diese Unregelmäßigkeiten, sowie das geringe Gefälle des unteren Laues geben zu Eisversetzungen sehr leicht Veranlassung, die nicht allein beim Frühjahr-Eisgange, sondern auch im Winter selbst einzutreten pflegen und wobei gewaltige Eismassen auf kurzen Strecken angehäuft werden. Dazu kommt, daß das Frische Hafl, welches nur bei Pillau in einer schmalen Rinne mit der offenen See in Verbindung steht, sich sehr früh mit Eis bedeckt, die Eisbildung schreitet von hier aus bald nach der Nogat fort, und das Hafl ist beim Aufbruche des Eises im Strome noch mit einer festen Eisdecke bedeckt. Vor dieser Eisdecke schiebt sich das Stromeis zusammen und bildet Eisversetzungen, die sich weiter stromaufwärts fortpflanzen, durch das nachfolgende Grundeis dichter werden, also den Abflus des Wassers immer mehr verstopfen, sodafs selbst kleine Hochwasser mit mäfsigem Eisgange schon einen bedeutenden Aufstau mit Überströmung der Deiche herbeiführen können. Man hat dem Eise dadurch ein Ablagerungsbecken zu verschaffen gesucht, daß der linksseitige Nogatdeich in einer Länge von mehreren Meilen im untersten Laufe zurückgelegt und durch einen Sommerdeich ersetzt ist. In diesem, wie auch in dem gegen die höheren Ostseestände erforderlichen Hafldeiche werden 3 Ein- bzw. 5 Auslässe von gröfserer Länge im Herbste durch Abtragen des Deiches gebildet, und ein großes seitliches Einlaßbecken, „die Einlage“ genannt, geschaffen. Diese Fläche hat sich aber im Laufe der Jahre erheblich erhöht und es wird die Wirkung der Einlässe durch das unterhalb derselben auf den höheren Stellen liegende Eis sehr beeinträchtigt, sodafs oft nur verhältnismäfsig wenig Wasser zum Abflus gelangen kann. Wegen des starken Gefälles des zur Nogat führenden, erst 1859 hergestellten Weichsel-Nogat-Kanals nimmt gerade die Nogat den gewöhnlichen Eisgang zuerst auf und erst dann, wenn sich die Nogat ganz mit Eis bis zum Teilungspunkte versetzt hat, pflegt der Wasserdruck grofs genug zu sein, um das Eis der getheilten Weichsel in Bewegung zu setzen.

Erfolgte ein Deichbruch in den oberen Stromgegenden des Deltas, so waren die Beschädigungen durch die Strömung des Wassers, das sich bis zur Mündung des Beckens bis Neufähr unweit Danzig bzw. bis zum Hafl ergoß, außerordentlich grofs, indem eine Ausfüllung des Beckens, wie dies bei Poldern von geringer Länge im mittleren Flußlaufe möglich, nicht eintreten konnte. Erfolgte ein Deichbruch in der Nähe der Mündung, so war zwar die Strömung geringer, aber das Wasser mußte mittels Schöpfmaschinen größtenteils aus der künstlich entwässerten Niederung geschöpft werden, was grofse Kosten und namentlich eine längere Zeit in Anspruch nahm. Aus der 500jährigen Periode von 1376 bis 1876 werden 74 Bruchjahre für die Nogat und 43 für die Weichsel gemeldet, von denen 15 bzw. 8 Jahre auf das letzte Jahrhundert fallen, sodafs durchschnittlich in 7 bzw. 12 Jahren Katastrophen zu befürchten waren.

Nach dem Alsen-Fahl'schen Regulierungsprojekte⁴⁾ sollte die Nogat für die Abführung des Weichselwassers ganz geschlossen, jedoch nach Kanalisierung als Schifffahrtsstrasse beibehalten werden; die ungeteilte Weichsel sollte dagegen durch teilweise Zurückverlegung der Deiche durch Beseitigung der schärfsten Krümmungen und sonstiger Unregelmäßigkeiten des Mittel- und Hochwasserprofils, sowie namentlich durch Eröffnung eines neuen Abflusarmes, mittels Durchstechung der Ostseedünen, zu einem einheitlichen Stromarme mit genügender Profildbreite ausgebildet werden.

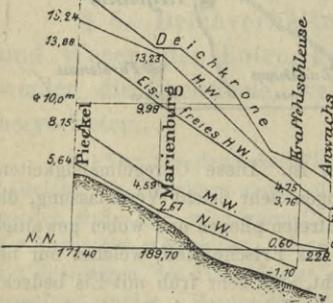
Von 1890 bis 1895 sind bereits zur Ausführung gebracht worden:

1. Der etwa 7 km lange Durchstich durch die Binnennehrung,
2. die Schifffahrtsanlagen zur Verbindung des Durchstichs mit der alten Danziger Weichsel,
3. die Durchdeichung der Danziger und der Elbinger Weichsel,
4. die Zurückverlegung des linksseitigen Deiches auf der 10 km langen, sich an den Nehrungsdurchstich schließenden Strecke; es bestand hier nur eine Hochwasserprofilbreite von 350 bis 400 m, die für die Deiche gefährlich war und infolge des Rückstaues auf den Eisgang ungünstig wirkte. Der Deich ist deshalb auf dem linken Ufer bis 900 m vom rechtsseitigen Deiche zurückverlegt worden (vergl. § 17 am Schluss).

Fig. 4.

Längsschnitt der Nogat.

Längen 1 : 1 660 000. Höhen 1 : 500.



Zur Abschließung der Nogat hat man sich bisher nicht entschließen können; näheres bei der Besprechung der Weichselmündung in § 10 des XVIII. Kapitels. Die Deiche sind an der Weichsel und Nogat durch die günstigen Einwirkungen der neueren Arbeiten, namentlich aber auch durch die Thätigkeit der Eisbrechdampfer in hohem Grade entlastet. Früher betrug (Fig. 4) der Höhenunterschied zwischen dem absolut höchsten Wasser und dem eisfreien höchsten Wasser in der Weichsel bei Kurzebrack 1,5 m, in der Nogat bei Marienberg sogar 3,25 m. Während im Jahre 1825 noch 51 Deichbrüche vorkamen, ist 1888 nur ein einziger schwerer Deichbruch an der Nogat bei Jonasdorf und seitdem überhaupt keine schwerere Katastrophe vorgekommen.⁵⁾ Die Zurücklegung des Weichseldeiches auf der Strecke bis zur Montauer Spitze, im Anschluss an die bereits regulierte Strecke, ist durch das Gesetz von 1900 verfügt worden.

2. Am Rhein mit seinen verschiedenen Mündungen treten in den Niederlanden zur Zeit des Eisgangs ähnliche Verhältnisse wie an der Weichsel ein, auch leiden die Niederungen zum Teil sehr stark unter Qualmwasser. Es ist dort wiederholt der Vorschlag gemacht worden, Überlaufdeiche in großer Anzahl anzulegen, die sich nur etwas über das Sommerhochwasser erheben und mit 15 bis 20 facher Binnenböschung in Rasendecke möglichst vor hochgelegenen und wenig bewobneten Hinterlande auszuführen seien. Man wollte hierdurch die Durchbrüche der Hauptdeiche, die bei Eisstopfungen in verheerender Weise stattfinden, verhüten und gleichzeitig auch durch das Einlassen von schlickreichem Wasser dem höchst nachteiligen, unfruchtbaren Qualmwasser entgegenwirken. Diese Entwürfe sind aber bisher noch nicht zur Ausführung gelangt, da die Gegner hervorheben, dass die Nachteile der alsdann jedes Jahr eintretenden Überschwemmungen größer sein würden als der allerdings sehr erhebliche Schaden eines nach etwa 20 bis 25 Jahren sich wiederholenden Durchbruchs; auch seien die Kosten für Anlage und Unterhaltung der Überlaufdeiche, der um die Ortschaften in der Niederung anzulegenden neuen Schutzdeiche, der Worten oder Hügel für die einzelnen Gehöfte, sowie der großen Abflussschleusen zur Wiederbeseitigung des übergelaufenen Wassers sehr bedeutend.

⁴⁾ Alsen u. Fahl. Haupt-Erläuterungsbericht zu den Projekten der Regulierung der Weichselmündungen. Danzig 1877. — Gutachten der Akademie des Bauwesens über den Einfluss der Absperrung der Nogat auf das Pillauer Fahrwasser vom 28. März 1881. Abgedruckt in „Preussens landwirtschaftliche Verwaltung in den Jahren 1878 bis 1880. Berlin 1881. — Licht. Regulierung der Weichselmündungen. Zeitschr. d. Westpreussischen Arch.- u. Ing.-Ver. 1881. — Besprechung des Regulierungs-Projektes in der Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1888, S. 475, sowie in der Deutschen Bauz. 1888, S. 133. — Spätere Gutachten der Akademie des Bauwesens im Centrbl. d. Bauverw. 1890, S. 77 und 1898, S. 113.

⁵⁾ Görz und Buchheister. Das Eisbrechewesen im Deutschen Reiche. Berlin 1900. — Müller. Regelung der Weichselmündung. Centrbl. d. Bauverw. 1895, S. 133. — Rudolph. Regelung der Weichselmündung. Zeitschr. f. Bauw. 1897, S. 379.

Im Gegensatz zu den geplanten Überlaufdeichen versucht man daher in den Niederlanden Eisstopfungen dadurch möglichst zu verhüten, daß die Flüsse reguliert, die Deiche in gleicher Höhe aufgeführt, die Bewegungswiderstände auf den Vorländern (Sommerdeiche, Bäume, Gehöfte, Umzäunungen, hohe Wege u. s. w.) und die Stromspaltungen, welche die verhängnisvollen Eisstopfungen begünstigen, möglichst beseitigt werden; ferner erstrebt man neue Ableitungen des Wassers nach der Zuider-See. Jedenfalls ist die Gefahr, in welcher sich die von zahlreichen Flußarmen des Rheins durchfurchten Niederlande befinden, falls der Strom bei hohem Wasserstande zufriert und dann Tauwetter in den höheren Flußgegenden eintritt, während in den unteren noch Kälte herrscht, stets eine so große, sich mit der Zeit durch die Hebung der Flußsohle steigende, daß es fraglich erscheint, ob die jetzige Art der Wasserkehrung nicht zum Teil früher oder später verlassen werden muß.

Allerdings ist der günstige Einfluß der erwähnten Regulierungsarbeiten aus der nachfolgenden Tabelle, in der die Überschwemmungen des 50jährigen Zeitraums von 1762 bis 1811 und des gleichen Zeitraums von 1812 bis 1861 verglichen sind, deutlich zu erkennen:

Anzahl der Überschwemmungsjahre im Zeitraume von

	1762—1861	1762—1811	1812—1861
Überschwemmungen überhaupt	16	10	6
Überschwemmungen von großem Umfange (1764, 1769, 1784, 1795, 1799, 1809, 1820, 1855, 1861)	9	6	3
Im Distrikte Maas und Waal	11	7	4
Im Distrikte Tielerwaard	6	3	3
Im Bommelerwaard oberhalb des Meydijk	4	3	3
Im Bommelerwaard unterhalb des Meydijk	6	3	3
Nederbetuwe, Buren und Culenburg	7	5	2
Overbetuwe	5	4	1
Maasland	4	2	2

Am meisten hat hiernach der Distrikt Maas und Waal, mit 4 Überschwemmungen in 50 Jahren, zu leiden; in diesem ist deshalb seit 1861 eine Anzahl Fluthügel angelegt worden (vergl. § 21).

Am preussischen Niederrhein, zwischen Wesel und der niederländischen Grenze, beträgt die Hochwasserprofilbreite zwischen den Banndeichen 1100 bis 6900 m.⁶⁾ Diese Ungleichheit ist teils durch Nebenläufe und Altwasser des Rheins, teils durch die planlose, allmähliche Entstehung der Deiche zu erklären. Indem sie anfänglich als Flügeldeiche (offene Deiche) zur Abhaltung der Strömung von den vorzugsweise bedrohten Flächen angelegt wurden, finden sie sich in den Konkaven des Rheins meist in unmittelbarer Nähe des Flußbettes, während sie in den bei Hochwasser heftig überströmten Konvexen weit zurücktreten. Die Sommerpolder vor den Banndeichen stehen durchschnittlich in größerer Blüte als die im Rückgange befindlichen Winterpolder; in den ersteren liegen die Wohnräume hochwasserfrei, das Vieh wird während des Hochwassers auf erhöhte Böden gestellt. Die Sommerdeiche besitzen sämtlich Überläufe, in der Neuzeit sind aber auch Einlaßschleusen mit niedrigen Drempeln angelegt und Auslaßschleusen mit solchen Verschlussvorrichtungen, die zugleich eine Bewässerung gestatten, eingerichtet, sodaß auch niedrigere Winterfluten ihren Schlick ablagern können. Die Sommerpolder leiden wegen ihrer höheren Lage und ihrer Verwendung als Viehweide nur wenig durch Quellwasser; Wintergetreide wird in ihnen wegen der Überströmung gar nicht, Sommergetreide nur wenig gebaut. Die Banndeiche liegen mit ihrer Krone großenteils auf + 8,8 bis + 9,1, d. h. 1,3 bis 1,6 m über dem höchsten eisfreien Wasserstande (+ 7,5), um gegen Überströmungen bei Eisversetzungen thunlichst geschützt zu sein; dieser Wasserstand erhebt sich 4,25 m über dem mittleren Wasserstand des Februar (+ 3,27 m), in welchem Monate die höchsten Fluten einzutreten pflegen. Die Sommerdeiche liegen auf + 5,24 m.

3. Die Deiche der Elbe⁷⁾ sind vielfach mit ungenügenden Hochwasserprofilen und schroffen Übergängen von weiten zu engen Profilen angelegt, zu deren Milderung dann öfters Flügel- und Leitdeiche geschüttet wurden. Ferner finden sich auf den Vorländern zahlreiche Abflußhindernisse und Unregelmäßigkeiten, insbesondere Waldungen, dichte Holzbestände und hohe Weidenkulturen, Gebäude, gewerbliche Anlagen u. s. w., die auf den regelmäßigen Abfluß des Hochwassers und Eises, sowie die Ausbildung

⁶⁾ J. Schlichting. Die Deiche am Unterrhein. Zeitschr. f. Bauw. 1881. — Graf. Die Deichschauen am Niederrhein. Berlin 1899, auch Centralbl. d. Bauverw. 1899, S. 451.

⁷⁾ Rust. Das Deichwesen an der unteren Elbe. Berlin 1870. — Der Elbstrom, sein Stromgebiet und seine wichtigsten Nebenflüsse (Elbstromwerk). Berlin 1898.

einer einheitlichen Strömung ungünstig einwirken. Im Frühjahr 1888 fanden ausgedehnte Zerstörungen der Deiche statt, deren Wiederholung wegen des inzwischen eingerichteten Eisbrechdampferdienstes jedoch nicht wahrscheinlich ist. Viele Niederungen, z. B. bei Neuhaus und bei Dannenberg, leiden empfindlich unter Qualmwasser.

4. An der Weser ist die Profilbreite ober- und unterhalb der Aller-Mündung unweit Verden eine so enge, daß eine Zurückverlegung der Deiche an den schlimmsten Stellen, wie solches aus der Taf. XIX, Fig. 9 zu ersehen, geplant worden ist. Für die linksseitige Niederung in den Ämtern Bruchhausen und Syke, deren Fruchtbarkeit durch die fehlende Überschlückung so sehr gelitten hat, daß die Erträge zum Teil nur halb so groß als die des Aufsendeiches sind, ist eine Stauberieselung mittels Zuführung des Wassers durch eine unweit Hoya zu erbauende Einlaßschleuse für eine sehr große Fläche ausgeführt, vergl. Kap. IX, S. 65.

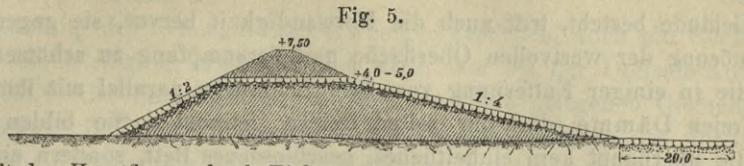
5. An der Loire⁶⁾ bestehen von der Mündung des großen Nebenflusses Allier bis zur Stadt Nantes unweit des Meeres, auf 487 km Länge ungünstige Zustände. Die Gebirge des Quellgebietes haben undurchlässigen Boden und fallen steil ab, sodafs die Niederschläge dem Flusse sehr rasch zugeführt werden. Beim Hochwasser von 1856 ist die Wassermenge an der Alliermündung zu 9000 cbm beobachtet, erheblich größer als weiter unterhalb bei Orleans, wo sie 7500 cbm und unweit des Meeres bei Nantes, wo sie nur 6115 cbm betragen haben soll, was teils in dem raschen Zuströmen des Wassers, teils darin begründet ist, daß die Flutwelle nach Durchbrechung aller Deiche die Niederungen füllte und erst allmählich zum Abfluß gelangte. An der einen Seite wird der Fluß gewöhnlich von Felsabhängen begrenzt, sodafs sich die Niederung mit ihren Deichen in der Regel auch nur an einer Seite findet und die Länge der Deiche nur 484 km beträgt. Die mittlere Breite der eingedeichten Niederung beträgt 1970 m und zwar in den breiten Thälern bei Orléans und Saumur 3680, in den übrigen Strecken 1260 m. Die Deiche sind fast überall in unmittelbarer Nähe des Ufers angelegt, sodafs die durchschnittliche Profilbreite nur 1090 m beträgt, sich aber an vielen Stellen auf 300 bis 500, an einzelnen auf 250 und 230 m vermindert, während die mittlere natürliche Breite des Hochwasserspiegels vor der Eindeichung 3100 m war und nur bis auf etwa 1700 m hätte eingeschränkt werden dürfen. Ferner finden sich in dem verwilderten Flusse infolge der Veränderlichkeit des Flußbettes, dessen Ufer fortwährend von der Strömung an den konkaven Stellen abgebrochen werden, sowie der großen Sinkstoffmassen und der geringen Niedrigwassermenge viele Hunderte von größeren Inseln, welche mit ihren Gebäuden, Bäumen und Gesträuchen der Bewegung des Hochwassers sehr hinderlich sind und die Strömung oft unmittelbar auf die Deiche leiten.

Die Hochfluten haben sich in älteren Zeiten durchschnittlich 5 m über Niedrigwasser erhoben; im Jahre 1706 stiegen sie bis etwa 6 m und es wurden die Deiche auf 7 m normiert. Beim Hochwasser von 1846 entstanden zahlreiche Deichbrüche, das Wasser vermochte sich wieder in die weiten Ebenen zu ergießen, überstieg aber trotzdem die Höhe der Deiche. Man erhöhte sie um 1 m, erkannte aber beim Hochwasser von 1856, welches von neuem argen Schaden im Betrage von etwa 150 Millionen Mark anrichtete, indem 160 Deichbrüche stattfanden und 300 Häuser zerstört wurden, daß man sie 2,5 bis 3,5 m hätte erhöhen müssen, um das Hochwasser innerhalb der Deiche fassen zu können. Beim Hochwasser von 1866 wiederholten sich dieselben schlimmen Erscheinungen, 35 Deichbrüche, 50 Zerstörungen von Häusern mit einem Schaden von 80 Millionen Mark wurden hervorgerufen. Alle diese Katastrophen wurden nicht beim Eisgang, der an der Loire nur geringfügig ist, sondern durch starke und anhaltende, entweder nur das obere, undurchlässige und stark geneigte oder das gesamte Flußgebiet treffende Regen, die mehrere Tage hindurch täglich 4 bis 5 cm Niederschlagshöhe brachten, bei offenem Wasser hervorgerufen; die Höchstwassermenge von 1856 entsprach einem auf das Gesamtgebiet fallenden Niederschlage von 6 cm.

Wegen der zahlreichen Dörfer und Städte, die dicht an, teilweise sogar auf den Deichen liegen, ist deren Zurücklegung unmöglich, auch eine Erhöhung mit den größten Schwierigkeiten verknüpft. Zum Teil hat man eine solche Erhöhung mittels Aufmauerungen oder Steinpflasterungen nur auf der äußeren Deichkante vorgenommen, siehe Taf. XX, Fig. 2^{a-d}. Man hat vorgeschlagen, 85 Stück größere Becken, nämlich 22 an der oberen Loire, 63 am Allier, mit zusammen 520 Mill. cbm Inhalt, in den Thälern durch Erbauung von Thalsperren herzustellen. Da ihr Einfluß aber nur für die obere Loire erheblich sein kann, so sind für den mittleren und unteren Teil des Flusses noch verschiedene andere Entlastungsanlagen empfohlen: Überlaufdeiche, deren gepflasterte, 8 m breite Krone 4 bis 5 m über Niedrigwasser

⁶⁾ Röder. Die Loire. Zeitschr. f. Bauw. 1867 und Separatabdruck, Berlin 1867. — Comoy. Mémoires sur les défenses contre les inondations. Paris 1868. — Debauve. Manuel de l'ingénieur, XIX. fascicule. Paris 1877. — Ann. des ponts et chaussées 1881, S. 273.

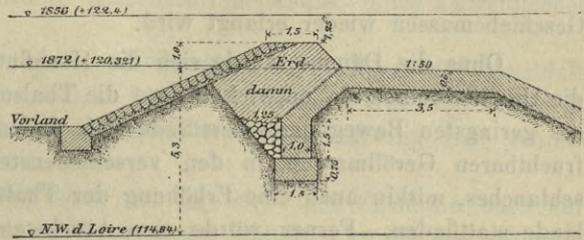
liegt und für gewöhnlich durch einen bis $\pm 7,5$ m reichenden leichten Kadedeich erhöht wird (Fig. 5); 0,5 m über Terrain liegende, durch Balken zu schließende Überfälle; eine große Anzahl von Seitenbecken in den Poldern behufs Aufnahme des Hochwassers; ferner eine Vermehrung der Geschwindigkeit der Nebenflüsse durch Reinigung derselben u. s. w. und eine Verminderung der Geschwindigkeit des Hauptflusses durch Einbaue, um ein gleichzeitiges Zusammentreffen der Hochwässer zu verhüten. Der Überfall bei Ouzouer ist 0,6 m stark in Mörtel abgeplastert, Fig. 6;



erhebt sich 1 m über Deichkrone und wird bei der Überflutung im oberen Teile fortgespült. Bei Jargeau oberhalb Orléans ist ein 600 m langer Überlauf ausgeführt, dessen 5 m breite, 5 m über N. W. liegende Krone nebst Böschung und Sturzbett mit Quadern in Mörtel abgeplastert und gewöhnlich durch eine Erdkade bis 7 m über N. W. erhöht ist.

Auch die Deichgesetzgebung der Loire ist höchst mangelhaft, sodafs das Deichprofil in Bezug auf Höhe, Stärke und Sicherung der Oberfläche sehr große Abweichungen zeigt, wie solche bei den unter der Aufsicht des Staates stehenden deutschen Deichen nicht vorkommen.

Fig. 6. Überlauf von Ouzouer (Loire).



6. Am Po, vergl. Fig. 6, Taf. XIX, haben sich die Verhältnisse infolge der in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts ausgeführten Regulierungen der Deiche erheblich gebessert. Früher wurden sie bei jedem bedeutenden Hochwasser zerstört, sodafs sich die Hochfluten wieder ausbreiten konnten, seit 1840 sind jedoch Deichdurchbrüche nur selten vorgekommen.⁹⁾ Infolge des starken Vorrückens der Mündung tritt im Delta eine erhebliche Erhöhung der Flußsohle und aller Wasserstände ein; deutlich zeigt sich die Steigerung des Hochwassers, das sich bei Ponte Lagoscuro, unweit Ferrara, im Jahre 1706 auf 6,82 m, 1801 auf 7,69 m, dagegen 1839 auf 8,58 m erhob. Die Breite des eingedeichten Hochwasserprofils beträgt von der Einmündung des Tessin bis zum Panaro durchschnittlich 2180 m, ohne jedoch eine gleichmäßige zu sein, indem sie in den fünf Abteilungen dieser langen Strecke 2150 m, 4530 m, 3260 m, 2360 m, 1130 m, beträgt. Trotz der großen Vorlandsbreite ist die mittlere Breite der eingedeichten Niederungen noch 6300 m, sodafs mit 514 km Deichlänge 3245 qkm eingedeicht worden sind. Die fruchtbaren Vorländer sind durch Sommerdeiche geschützt, die in der Krone höchstens 1,5 m unter den Hauptdeichen liegen und bei mittleren Hochfluten auch sehr günstig auf die Fortführung der Sinkstoffe des Flusses gewirkt haben.¹⁰⁾ An der Einmündung der Nebenflüsse sind die Deiche weiter zurückgelegt, sodafs dort weite Flächen von 4 bis 6 km Breite entstehen, welche durch die Aufspeicherung des Wassers auf die Mätsigung der Hochfluten vorteilhaft einwirken; dies ist namentlich für die rechtsseitigen Nebenflüsse, welche nicht durch Seen fließen, von Wichtigkeit.

7. Die über die Stadt Szegedin an der Theiß¹¹⁾ im Frühjahr 1879 ausgebrochene Katastrophe liefert den Beweis, wie verderbbringend es wirken kann, falls Durchstiche im oberen Laufe in großer Ausdehnung, aber unzureichendem Profil ausgehoben werden, ohne sie im unteren Laufe entsprechend fortzusetzen, falls Deiche nach dem Gutdünken der einzelnen Deichverbände mit ungenügender Vorlandsbreite angelegt und Bahndämme mit zu engen Brücken hergestellt werden. Von der 720 ha umfassenden Stadt sind infolge der Deichbrüche nur 3 bis 4 ha, von 6000 Häusern nur 314 unversehrt geblieben. Durch Vervollständigung und namentlich auch durch Fortführung der Flußregulierungen im unteren Laufe, durch Zurücklegung der zu eng angelegten Deiche, Erhöhung und Verstärkung derselben, Erweiterung der Durchflußprofils u. s. w. an den Brücken wird man der Wiederholung ähnlicher Verheerungen vorbeugen können.

⁹⁾ Mitteilungen von E. Lombardini im Politecnico 1873, 1874, 1876; ferner Annales des ponts et chaussées 1875. — Aufsatz von Fischer in der Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1890, S. 37.

¹⁰⁾ Bericht des Generals Morin. Technologiste 1879.

¹¹⁾ Engng. 1879. — Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1880. — Deutsche Bauz. 1879 u. 1880. — Zeitschr. f. Luuw. 1880. — Riedel. Untergang Szegedins. Wien 1880. — Lanfranconi. Rettung Ungarns vor Überschwemmung. Pest 1882. — Deutsche Bauz. 1887, S. 3. — Centralbl. d. Bauverw. 1887, S. 235. — Ann. des ponts et chaussées 1890, II. S. 512.

§ 6. **Deiche an Gebirgsflüssen.** Sobald die Thalsohle der Gebirgsflüsse eine größere Breite annimmt und aus fruchtbarem, unter dem Hochwasserspiegel liegenden Gelände besteht, tritt auch die Notwendigkeit hervor, sie gegen Überschwemmung, Zerstörung der wertvollen Oberfläche und Versumpfung zu schützen. Dies geschieht durch die in einiger Entfernung vom Stromschlauche parallel mit ihm angelegten hochwasserfreien Dämme (dort nur selten Deiche genannt). Sie bilden bei denjenigen Flüssen, die überhaupt kein einheitliches, geschlossenes Bett, sondern ein breites Schotterbett mit mehreren, unbeständigen Rinnsalen haben, ein wichtiges Regulierungsmittel, indem sie den Fluß tiefer einbetten, damit er nicht ausschweife und die Geschwindigkeit des Hochwassers so sehr steigern, daß die Kraft zur Fortbewegung der größeren, schweren Geschiebemassen wieder erlangt wird.

Ohne die Dämme würde sich die Hochflut über das ganze Thal ausbreiten und die Hauptströmung da entwickeln, wo die Thalsohle am niedrigsten ist oder wo zufällig die geringsten Bewegungswiderstände sich finden. Es würde eine Ablagerung der unfruchtbaren Geröllmassen in den verschiedensten Teilen des Thales und des Flußschlauches, mithin auch eine Erhöhung der Thalsohle, sowie eine Versumpfung der Gelände stattfinden. Ferner würde eine Abschwemmung und Zerstörung der durch die feineren, fruchtbaren Sinkstoffe entstandenen und kultivierten Flächen an solchen Stellen eintreten, welche durch die heftige Hochwasserströmung getroffen werden. Es könnte auch das alte Flußbett streckenweise ganz verlassen und ein neues Bett gebildet werden, wobei die Wohnstätten der Menschen stets bedroht, der Wohlstand und die Gesundheitsverhältnisse arg geschädigt wären.

Die Dämme sind hochwasserfrei und in größerer Entfernung von dem eigentlichen, für die Abführung der gewöhnlichen Wasserstände erforderlichen Flußbette, also mit genügend breiten Vorländern anzulegen. Wegen des großen Gefälles und der daraus sich ergebenden großen Geschwindigkeit des Flusses zur Zeit des Hochwassers, sowie bei dem raschen Ansteigen desselben muß ein Überströmen der Dämme vermieden werden.

Die Dämme sind entbehrlich, falls das Bett tief eingeschnitten und mittels der im § 18 zu 5. angegebenen Mittel derart zu regulieren ist, daß es ein gewöhnliches Hochwasser ohne auszufern abführen kann. Die Nachteile der selten vorkommenden außerordentlichen Hochfluten sind dann in der Regel geringer als die Kosten und die wirtschaftlichen Nachteile der Dämme. Vielfach sind die Täler auch so verbaut und wirtschaftlich in Anspruch genommen, daß der für die Dämme und die Vorländer erforderliche Raum überhaupt nicht zu gewinnen ist. Kommen wichtige Interessen in Betracht, so wird die nicht im bordvollen Flußschlauche abzuführende, schädliche Hochwassermenge in Sammelbecken thunlichst zurückzuhalten sein. Ein Beispiel hierfür bilden die im § 18 besprochenen schlesischen Gebirgsflüsse.

Die Einleitung der wichtigeren Nebengewässer erfolgt gewöhnlich ohne Schleusen, durch freie Einmündung. Sie werden durch Leitdämme (Rückdeiche), die sich an die Dämme des Hauptflusses schliessen, begrenzt, um das Eindringen der Hochfluten in das Thal zu verhüten und auch die Fortbewegung der Sinkstoffe des Nebenflusses zu ermöglichen. Falls das Gefälle und die Geschiebeführung des Nebenflusses sehr erheblich sind, so werden die Leitdämme an der Wasserseite auch wohl durch Mauern eingefasst, wie solches bei den Nebengewässern des Var¹²⁾, Fig. 10^{1-c}, Taf. XIX, zur Ausführung gebracht ist. Die Leitdämme sind hier anfänglich in der Höhe der Hauptdämme fort-

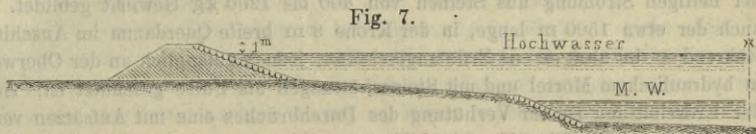
¹²⁾ Ann. des ponts et chaussées 1871.

geführt, steigen dann aber in Rücksicht auf künftige Erhöhung der Sohle nach dem hochwasserfreien Ufer mit $\frac{1}{40}$ Neigung an.

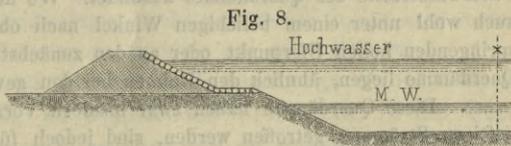
Ist die Geschiebeführung des Nebengewässers weniger erheblich, auch ein Rückstau des Hauptflusses in die Niederung erwünscht, so wird, wie bei der Dreisam-Korrektion¹³⁾, Fig. 11, Taf. XIX, der Leitdamm nur an der unterhalb gelegenen Uferseite des Nebengewässers angelegt. Bei einem Dambruch am Hauptflusse kann das durchbrechende Wasser durch die Einmündung des Nebengewässers zurückfließen. In gleicher Weise werden auch gewöhnlich die zahlreichen kleineren Seitenzuflüsse, nachdem sie an der Thalseite in einem Kanale zusammengeleitet worden sind, der für die niedrigen Grundstücke ohnehin erforderlich ist, weiter unterhalb im Schutze eines Flügeldeiches offen in den Hauptfluß eingeführt.

Am oberen Ende jeder Dammanlage ist durch einen Flügeldamm der Anschluß an das hochwasserfreie Ufer, mithin der Abschluß der Niederung zu gewinnen; vergl. Fig. 12, Taf. XIX, woselbst an der linken Uferseite, wo die Niederung sehr schmal ist, der Damm zum Teil ganz fehlt.

Da die Ufer gewöhnlich zu niedrig sind, um im bordvollen Zustande auch nur die gewöhnlichen Anschwellungen (mittleren Hochwässer) abführen zu können, so wird in der Regel, z. B. bei den Schwarzwaldflüssen, ein Doppelprofil, Fig. 7, hergestellt, d. h. die Dämme erhalten ein



größeres Vorland, werden also nicht wie beim einfachen Profil, Fig. 8, durch Erhöhung der Ufer oder Parallelwerke gebildet. Beim einfachen Profile ist bei den gewöhnlichen Wasserständen die Breite zu groß, die Geschwindigkeit dagegen zu klein, um die Sinkstoffe regelmäsig abführen zu können. Sie lagern sich hoch und unregelmäsig im Flußbette ab, erzeugen ein ungleichmäsiges Sohlengefälle, sind bei Hochfluten der Bewegung des Wassers sehr hinderlich und veranlassen Uferabbrüche, sowie eine die Dämme gefährdende heftige Strömung unmittelbar vor denselben. Beim Doppelprofile mäsigen die Vorländer die Geschwindigkeit vor den Dämmen und gewähren ihnen in jeder Beziehung eine grössere Sicherheit. Die Vorländer werden gegen den Angriff der Strömung gewöhnlich durch Traversen (Querwurten) geschützt und in Grünland unterhalten. Ist der Boden nicht geeignet zum Graswuchs, so müssen sie durch Berauhwehrung oder dergl. gesichert werden. Auf den Vorländern geht deshalb ein großer Teil der lebendigen Kraft des Wassers verloren, worauf bei der Wahl des Profiles Rücksicht zu nehmen ist, da die räumende Kraft der Strömung für die Geschiebeführung erhalten werden muß. Es sind jedoch Engstellen zu verbreitern, übermäsig breite Stellen einzuschränken, abbrüchige Ufer abzufachen oder zu sichern, sowie die im § 18 unter 5. aufgeführten Arbeiten auszuführen.



Beispiele solcher im Kap. XI näher besprochenen Regulierungen mit Hilfe von hochwasserfreien Deichen bei Gebirgsflüssen bilden der Töfsfluß, Taf. XIX, Fig. 4, bei welchem zuerst die Traversen (so genannten Querwurten) und erst später die Hochwasserdämme ausgeführt wurden, ferner der Glatfluß in der Schweiz, Taf. XIX, Fig. 3^{a u. b}, dessen Profil zugleich mit den Deichen hergestellt wurde, der Rhein oberhalb des Bodensees im Kanton St. Gallen, Taf. X, Fig. 4 bis 8, welcher teils mit ein-

¹³⁾ Binnenflüsse im Großherzogtum Baden 1865.

fachem Profil, also ohne Vorländer, teils nach dem Doppelprofile reguliert worden ist, wobei Parallelwerke (sogenannte Längswurten) den eigentlichen Flussschlauch begrenzen. Auch die Rhone-Korrektion¹⁴⁾, welche ohne Parallelwerke und nur mit Hilfe von Deichen und buhnenartigen Traversen ausgeführt ist, bildet ein beachtenswertes Beispiel. Ferner ist die Regulierung der Etsch in Tyrol und Italien zu erwähnen, bei der durch eine örtlich bis zu 2 m getriebene Vertiefung des Flussbettes, durch Begradigung des Laufes und Errichtung von Hochwasserdämmen der Versumpfung mit Erfolg entgegengetreten wurde.¹⁵⁾

Abweichend von dem obigen Systeme der Längsdämme ist das System der hochwasserfreien Querdämme, welche vom hochwasserfreien Ufer bis zum Flussschlauche reichen und hier mit kurzen Flügeln versehen sind. Solche Querdämme sind zum Schutze der fruchtbaren Thäler der Durance¹⁶⁾ schon im vorigen Jahrhundert, namentlich aber seit 1843 im Departement der Vaucluse in Entfernungen von 800 bis 1000 m angelegt. Sie sollen die Strömung des Bergflusses mäfsigen, der das fruchtbare Thal durch seine Hochfluten verwüstete, und zugleich Kolmationsbecken zwischen den Dämmen bilden (Fig. 13^{a-c}, Taf. XIX). Die Durance besitzt ein Gefälle von etwa 0,003 und führt bei Niedrigwasser 50 cbm, bei Hochwasser 5000 cbm.

Der obere Arm des Flügels ist 60 bis 80 m, der untere 25 bis 30 m lang, beide liegen beim Anschluß an den Querdamm gleich diesem 0,5 m über Hochwasser und fallen nach dem Ende bis 1,5 m unter Hochwasser ab. Sie haben 3 m Kronenbreite, 1 m breite Bankette in halber Höhe und sind wegen der heftigen Strömung aus Steinen von 400 bis 1200 kg Gewicht gebildet. In gleich starker Weise ist auch der etwa 1500 m lange, in der Krone 3 m breite Querdamm im Anschluß an den Flügel hergestellt, während er im übrigen aus Erde angeschüttet, jedoch anfänglich an der Oberwasserseite mit Steinpflasterung in hydraulischem Mörtel und mit Steinschüttungen am Fusse geschützt ist. Zwischen der Steinpackung und der Erdschüttung ist zur Verhütung des Durchbruches eine mit Aufsätzen versehene Mauer in Kreuzform eingeschaltet. Die Flügeldämme bilden nur kurze Stücke eines Längsdeiches, sollen aber für die Ausbildung des Flussschlaches genügen. Durch den oberen Arm wird der Querdamm geschützt und die Kolmation sehr befördert, durch den unteren Teil verhütet, daß sich eine gefährliche Strömung an der Unterwasserseite des Querdammes ausbildet. Wo die Ebene gar zu breit ist, hat man den Querdamm auch wohl unter einem beliebigen Winkel nach oberhalb abgeschwenkt, um ihn an irgend einen vorspringenden hohen Uferpunkt oder an den zunächst oberhalb gelegenen Querdamm anzuschließen. Die Querdämme liegen, ähnlich den Bühnen bei den gewöhnlichen Flussskorrekturen, einander gegenüber. —

Diese Querdämme haben zwar insofern Vorzüge, als nur kürzere Strecken der Dämme von der heftigen Strömung getroffen werden, sind jedoch für die geregelte Fortführung der Sinkstoffe im Flussschlauche weniger günstig und gewähren dem Thale einen geringeren Schutz, sodafs Längsdeiche, gegen die Strömung durch Abpflasterung geschützt, mit genügenden Vorländern und Einrichtungen zur Bewässerung und Erhöhung der eingedämmten Fläche in der Regel vorzuziehen sind.

Vom italienischen Ingenieur Negretti sind bei der Bormida-Brücke mit günstigem Erfolge buhnenartige Einbauten mit kurzen Querflügeln oberhalb der Brücke angelegt, um schiefe Strömungen in der Brücke zu verhüten. Bei einer Lichtweite der Brücke = l befanden sich die Bühnen in der Entfernung l oberhalb der Brücke, und die lichte Weite betrug zwischen den Querdämmen ebenfalls l .

§ 7. Lage der Flufsdeiche. Bei der Anlage neuer oder der Verlegung älterer Winterdeiche sind bezüglich der Deichlinie die folgenden Bedingungen zu erfüllen:

1. Die Entfernung der Deiche von einander, oder, falls der Deich nur an einem Ufer errichtet werden soll, die Entfernung des Deiches von dem gegenüberliegenden hochwasserfreien Gelände, muß überall so groß sein, daß das Hochwasser-Durchflußprofil nicht zu klein werde. Wird diese überaus wichtige Bedingung nicht genügend beachtet, so tritt eine erhebliche Steigerung des Hochwasserstandes und der Hochwasser-

¹⁴⁾ Allg. Bauz. 1878.

¹⁵⁾ Aufsatz von Weber von Ebenhof in der Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch-Ver. 1892, S. 493.

¹⁶⁾ Ann. des ponts et chaussées 1876 u. 1892. — Über die Anwendung von Querdeichen bei der Regulierung von Flüssen vergl. auch den Attaché-Bericht No. 99 aus Italien. Ferner Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1887, S. 631 und Centralbl. d. Bauverw. 1892.

geschwindigkeit ein, welche große, im Laufe der Zeit wachsende Gefahren für die Deiche selbst, für die bestehenden Ortschaften, Brücken und sonstigen Bauwerke, sowie für die Ufer und Vorländer herbeiführt.

Zur Bestimmung der normalen Hochwasserprofilbreite werden in der Regel vorhandene Flussstrecken einen unmittelbaren Anhalt bieten, sofern die Hochwassermenge, das Hochwassergefälle, die Breite des Flussbettes und die Höhenlage der Vorländer dieselben sind, andernfalls ist die Profilbreite auf dem Wege der Rechnung zu bestimmen.

Man ermittelt zunächst die Hochwassermenge Q des Flusses und zwar möglichst aus Konsumtionsmessungen, die zur Zeit des höchsten oder eines diesem nahestehenden Wasserstandes an geeigneten Punkten der Flussstrecke, namentlich bei den Brücken, angestellt werden. Beim Fehlen solcher unmittelbaren Beobachtungen muss die Ermittlung auf dem Wege der Rechnung erfolgen, wobei verschiedene Methoden möglich sind, nämlich:

- a) aus der Größe des Flussgebietes (s. Kap. II),
- b) aus den Hochwasserquerprofilen, mit Hilfe von Geschwindigkeitsformeln, indem:

$$Q = f' v' + f'' v'' + f''' v''' + \dots,$$

wobei das Profil in eine größere Anzahl von Flächen $f' f'' \dots$ derartig zerlegt wird, dass die Wassertiefe in jeder Fläche annähernd gleich groß ist. Für diese Flächen wird nach Einführung der mittleren Tiefe:

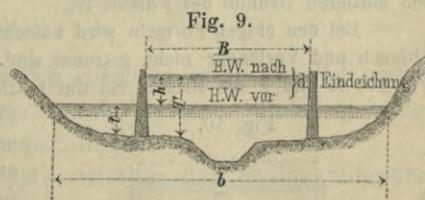
$$R' = \frac{f'}{p'} \quad R'' = \frac{f''}{p''} \dots$$

und des Koeffizienten $c' c'' \dots$ die Geschwindigkeit $v' v''$ aus dem Gefälle J berechnet. Bei der Berechnung ist das Flussbett gesondert von den Vorländern zu betrachten, da im Flussbett nicht allein die Wassertiefe, mithin die Geschwindigkeit weit größer ist, sondern die letztere auf den Vorländern noch durch mannigfache Bewegungshindernisse vermindert wird, die sich nur dadurch berücksichtigen lassen, dass der für die Vorländer benutzte Koeffizient nach Schätzung niedriger angenommen wird, als in den im II. Kapitel angegebenen, aus Beobachtungen in verschiedenen Flussläufen abgeleiteten Formeln. Die Rechnung muss für eine größere Anzahl von Querprofilen ausgeführt und aus den für Q gefundenen Werten das arithmetische Mittel genommen werden, um die wegen der Unregelmäßigkeit der Profile zu erwartenden Fehler möglichst auszugleichen. Ferner ist bei der Berechnung der Profile zu beachten, dass übermäßige Tiefen nicht berücksichtigt werden dürfen, da sie nicht vom Wasser durchflossen werden. Auch ist zu empfehlen, die Ergebnisse aus beiden Methoden zu ermitteln und zu vergleichen.

Ist die dem höchsten Wasserstande entsprechende Wassermenge Q bekannt, so werden die Deiche auf Grund einer vorläufig zu schätzenden Profilbreite in die Querprofile eingetragen, ferner wird eine wegen der Einschränkung zu erwartende Erhebung des Wasserspiegels schätzungsweise angenommen und hierauf in derselben Weise, wie vorhin angegeben, die Hochwassermenge Q aus den einzelnen, gesondert zu betrachtenden Flächen mit Hilfe der Geschwindigkeitsformeln berechnet. Wird Q bei der Rechnung zu groß gefunden, so muss die Erhebung des Wasserspiegels kleiner angenommen, andernfalls vergrößert werden; durch Wiederholung der Rechnung ist eine Übereinstimmung zwischen den Werten von Q zu erzielen.

Es ist nun zu prüfen, ob

1. die aus der Rechnung ermittelte Erhebung des Wasserspiegels h (Fig. 9), die am unteren und oberen Ende der lang gestreckten Deichanlage in den früheren Wasserspiegel allmählich über-



geht, längs der Deichanlage aber, falls die Querprofile und das Gefälle nicht erheblich abweichen, gleich groß ist, in Rücksicht auf benachbarte Ufer, Brücken u. s. w. gestattet werden darf und ob namentlich die Erhebung nicht so groß ausfällt, dass die Deiche selbst eine übermäßige Höhe erhalten würden;

2. ob die für die einzelnen Flächen berechneten Geschwindigkeiten $v' v'' \dots$ nicht zu groß sind.

Bei der letzteren Prüfung ist es erforderlich, die an den anderen Strecken desselben Flusses beobachteten Geschwindigkeiten zu vergleichen, um ein sicheres Urteil über die Zulässigkeit der berechneten Geschwindigkeit zu gewinnen, welche nach der allgemeinen Beschaffenheit des Flufsthales, d. h. je nachdem das Flussbett sandig oder kiesig, die Vorländer locker oder fest begrünt, der Fluss nicht reguliert oder mit Uferdeckwerken versehen, auch kleiner oder gröfser gewählt werden darf und gewöhnlich zwischen 1,5 und 3 m schwankt.

Die Profillbreite oder Deichentfernung (Deichweite) muss sich ändern, falls die Hochwassermenge eine andere wird, also namentlich bei der Einmündung eines gröfseren Nebenflusses, oder falls sich das Gefälle oder die Vorlandshöhe erheblich ändert.

Der oben entwickelte Gang der probeweise auszuführenden Rechnung ist für die in der Praxis vorkommenden Fälle, bei denen die Querprofile ungleichmäfsig gestaltet, also eine Trennung derselben unumgänglich notwendig ist, nicht wohl zu vermeiden und führt auch sehr bald zu dem gewünschten Ergebnis, sofern anfänglich die Rechnung nur überschläglich geführt und erst genauer durchgeführt wird, nachdem sich die schätzungsweise angenommenen Werte als annähernd richtig erwiesen haben.

Die überschlägliche Rechnung (vergl. Kap. XI, S. 183) lässt sich folgendermassen führen:
Wird in der Gleichung:

$$Q = F \cdot v = c \sqrt{J \cdot \frac{F^3}{p}}$$

der Koeffizient c konstant angenommen, $F = b \cdot t$ und $p = b$ gesetzt, wo b die Breite und t die mittlere Tiefe des Flusses bei Hochwasser vor der Eindeichung (s. Fig. 9) bezeichnen, so ergibt sich:

$$Q = c \sqrt{J \frac{b^3 t^3}{b}} = c b \sqrt{J t^3} \dots \dots \dots 1.$$

Setzt man die Breite zwischen den Deichen = B und die mittlere Wassertiefe nach der Eindeichung = T , so ist auch:

$$Q = c B \sqrt{J \cdot T^3} \dots \dots \dots 2.$$

und durch Gleichsetzung von 1 und 2:

$$T = t \sqrt[3]{\frac{b^3}{B^2}}, \dots \dots \dots 3.$$

sodafs sich die mittlere Wassertiefe nach der Eindeichung zu derjenigen vor der Eindeichung wie umgekehrt die Kubikwurzeln aus den Quadraten der Profillbreiten verhält.

Ferner ist der Aufstau:

$$h = T - t = t \left(\sqrt[3]{\frac{b^2}{B^2}} - 1 \right), \dots \dots \dots 4.$$

also proportional der bisherigen mittleren Tiefe t .

Auf Grund der Gleichung 2 ist von Sainjon für Flüsse ohne Vorländer die einfache Formel:

$$Q = m \sqrt{t^3}$$

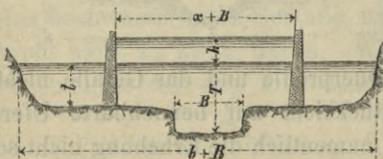
aufgestellt, worin m ein für jeden Ort aus Beobachtungen zu ermittelnder Koeffizient, t die Höhe über dem mittleren Grunde des Flusses ist.

Bei den obigen Formeln wird namentlich dadurch eine grofse Ungenauigkeit entstehen, dafs Flussschlauch und Vorländer nicht getrennt sind. Wird eine solche Trennung vorgenommen und bezeichnen (Fig. 10) B und T die Breite und die mittlere Tiefe des Flussschlaches, sowie b und t diejenigen der Flussniederung (ausschliesslich Flussschlauch) vor der Eindeichung, x die Breite der beiden Vorländer nach der Eindeichung und h die durch letztere verursachte Erhebung des Wasserspiegels, so ergibt sich unter den obigen Voraussetzungen:

$$B \sqrt{(T + h)^3} + x \sqrt{(t + h)^3} = B \sqrt{T^3} + b \sqrt{t^3}, \dots 5.$$

aus welcher Gleichung sich, nachdem h angenommen worden, x berechnen lässt oder umgekehrt.

Fig. 10.



Den obigen Berechnungen ist die Annahme zu Grunde gelegt, dafs die Hochwassermenge Q durch die Eindeichung nicht verändert werde, was jedoch nur annähernd richtig ist. Indem nämlich ein Teil des früheren Überschwemmungsgebietes eingedeicht wird, werden die Flächen, auf denen sich das Hoch-

wasser ausbreiten und gewissermaßen aufspeichern konnte, vermindert. Wird die Eindeichung auf einer Flußlänge L ausgeführt, so vermindert sich der Fassungsraum um:

$$q = L(B \cdot T + b \cdot t) - L[B(T + h) + x(t + h)],$$

welche Wassermenge eine weitere Steigerung der bisherigen Höchstabflußmenge Q herbeiführen und den Eintritt derselben auch der Zeit nach beschleunigen wird. Werden die Wassermengen des Flusses während eines Hochwassers und zwar sowohl vor als nach der Eindeichung als Ordinaten, die Zeiten als Abscissen aufgetragen (Fig. 11), so daß XA die Wassermenge beim Beginn, EC am Ende des Hochwassers, DM die Höchstwassermenge Q vor der Eindeichung, D_1M_1 diejenige nach der Eindeichung ist, so wird nicht allein $M_1D_1 > MD$, sondern auch $D_1X < DX$ sein. Die von den beiden Kurven eingeschlossenen Flächen werden dagegen, da die Gesamtwassermenge keine Änderung erleidet, gleich groß sein; genau genommen erfährt indessen der Punkt C eine geringe Verschiebung.

Die Erhöhung durch Verminderung der Wasserflächen ist übrigens gering im Verhältnis zu der Erhöhung durch die Profilverengung, so daß sie in der Regel vernachlässigt werden kann, namentlich, falls die Hochwässer längere Zeit anzuhalten pflegen.

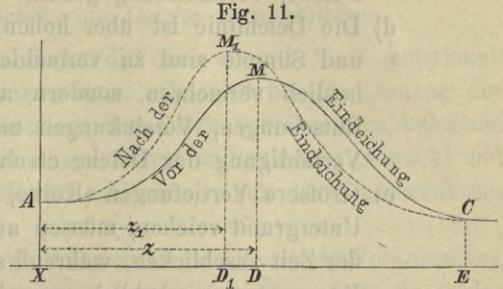
Sasse (Über Deichanlagen in Flußthälern. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1891, S. 289) setzt für die norddeutschen Flüsse die Deichweite = $3,3$ bis $4,7 \sqrt{F}$, worin F die Größe des Zuflußgebietes in qkm. Hiernach würde die Deichweite für $F = 10000$ qkm etwa 400 m betragen. Der Koeffizient 3,3 bis 4,7 hängt vom Regenreichtum ab. Beim Fehlen sonstiger Anhaltspunkte wird empfohlen, die Deichweite bei Gebieten von mehr als 6000 qkm gleich der 5- bis 6fachen Breite des bordvollen Flusses, bei kleineren Gebieten aber größer als die 5- bis 6fache Flußbreite zu wählen.

Wegen der nach § 4 im Laufe der Zeit zu erwartenden Vergrößerung der Wassermenge und Erhöhung der Vorländer ist die Profilbreite so groß anzunehmen, als es der Zweck der Anlage irgend gestattet; hohe Unterhaltungskosten an Ufern und Deichen werden mehr oder weniger bald als Folge der zu gering gewählten Profilbreiten auftreten. Ferner ist zu berücksichtigen, daß die Vorländer bei ausreichender Deichweite nur einem mäßigen Angriffe der Strömung ausgesetzt sind, also benutzbar bleiben, während sie in Deichengen nur geringe Erträge liefern. Bei Regulierung bestehender Deiche werden deshalb diejenigen Strecken als angemessen erachtet werden können, die eine geringe Erhebung des Hochwassers aufweisen, beim Eisgange günstig gewirkt haben und nicht geschädigte Vorländer besitzen.

2. Die Lage des Deiches muß unter steter Innehaltung der vorstehend ermittelten Deichweite so gewählt werden, daß er vor Beschädigungen möglichst gesichert ist.

Zu diesem Behufe ist Folgendes zu fordern:

- Der Deich muß dem Hochwasserstromstrich soweit möglich parallel laufen, er darf von ihm gar nicht oder nur unter sehr spitzem Winkel getroffen werden, also nur wenig „unter dem Strome“ liegen.
- Die Vorlandbreite muß so groß sein, daß zwischen den beiden unberührt am Flusse und vor dem Deichfusse zu belassenden Streifen Landes eine genügende Fläche zur Gewinnung der Deicherde für Anlage und Unterhaltung des Deiches verbleibt; kann diese Anforderung nicht vollständig erfüllt werden, so muß die Vorlandbreite doch jedenfalls so groß bleiben, daß der Deich auch nach geringen, im Laufe der Zeit zu erwartenden Veränderungen des Flusses nicht zum Schaardeiche werde.



- c) Die Deiche müssen ohne scharfe Ecken, möglichst wenig gekrümmt und möglichst einander parallel laufen, indem solche Ecken den Angriffen durch Strömung, Eisgang und Wellenschlag besonders heftig ausgesetzt sind; namentlich dürfen keine plötzlichen Verengungen oder Erweiterungen des Profils stattfinden, da sie sehr leicht zu Eisstopfungen, den schlimmsten Feinden der Deiche, Veranlassung geben.
- d) Die Deichlinie ist über hohen, festen Boden zu führen, Niederungen, Moor und Stümpfe sind zu vermeiden, weil sie nicht allein die Anlagekosten erheblich vermehren, sondern auch später Veranlassung zu Durchquellungen, Rutschungen, Versinkungen und Brüchen geben, also die Unterhaltung und Verteidigung der Deiche erschweren.
- e) Größere Vertiefungen (Kolke, Bracke, Wayen), welche tief in den sandigen Untergrund reichen, müssen aufseideichs gelassen werden, wo sie im Laufe der Zeit zuschlickten, während sie binnendeichs das Quellwasser (Qualmwasser, Kuverwasser) erheblich vermehren und in der Nähe des Deiches ihm gefährlich werden, indem sie leicht Abrutschungen verursachen.

Falls besondere Gründe nicht etwa eine Abweichung erfordern, sind die beiden Vorländer gleich breit anzunehmen, ohne daß jedoch die Deiche den Krümmungen des Flusses überall parallel laufen. Es werden vielmehr die Krümmungen um so weniger berücksichtigt, je kleiner der Fluß, je schärfer sie also sind. Das Hochwasser geht dann aber quer über den Fluß und versandet ihn leicht, was in schiffbaren Flüssen besonders nachteilig ist. Bei diesen werden deshalb die Deiche möglichst parallel dem Flußschlauch zu führen sein, doch sind durch Verschiebung des Deiches nach dem konkaven und durch Zurückverlegung desselben von dem konvexen Ufer möglichst flache Deichkrümmungen in Rücksicht auf den Eisgang zu erstreben, auch ist die Profildbreite bei stärkeren Krümmungen etwas größer anzunehmen, um den durch die Krümmung hervorgerufenen Bewegungswiderstand auszugleichen.

Bildet der Fluß eine Serpentine, so darf der Deich in die Halbinsel nicht zu weit vortreten, um von der Strömung nicht heftig angegriffen zu werden und keine unverhältnismäßig große Länge zu erhalten, andererseits ist es aber auch nicht ungefährlich, den Deich geradlinig fortzuführen, da sich dann das Hochwasser leicht einen Weg durch die Halbinsel bahnen oder erhebliche Sand- und Kiesablagerungen veranlassen kann. Eine thunlichste Beseitigung der scharfen Flußkrümmungen ist daher vor Ausführung der Deiche vorzunehmen, namentlich wo Eisstopfungen zu befürchten sind. Fig. 7, Taf. XIX zeigt eine Strecke des Niederrheins, wo die seit Jahren empfohlene Beseitigung einer schädlichen Serpentine in neuerer Zeit zur Ausführung gelangte.¹⁷⁾

Falls der Höhenrand oder eine Ortschaft an einer Seite nahe an den Fluß treten, so ist der Deich nur auf der anderen Seite anzulegen. Rücken die Ortschaften an beiden Ufern nahe an den Fluß, so ist durch Umflutkanäle die Ergänzung der unzureichenden Deichweite zu bewirken.

3. Anlage- und Unterhaltungskosten des Deiches müssen im richtigen Verhältnis zu den zu erwartenden gesteigerten Erträgen der einzudeichenden Grundstücke stehen, sodafs diejenige Deichlinie die günstigste ist, welche den größten Reinertrag gewährt. Diese Forderung ist in erster Linie zu stellen, falls die Deichanlage

¹⁷⁾ Vergl. die ausführlichen Mitteilungen in Tijdschr. van het koninklijk Inst. van ing. 1875/76, S. 270.

wesentlich behufs Melioration der Grundstücke ausgeführt wird, fällt aber fort, falls sie durch die Regulierung des Flusses, oder zur Erreichung anderer wichtigen Ziele geboten erscheint.

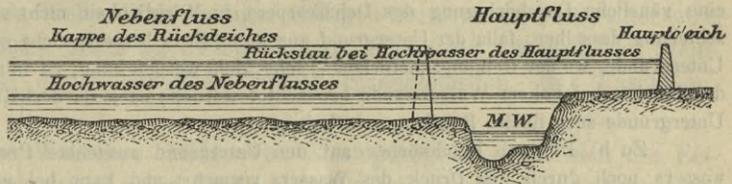
4. Örtliche Verhältnisse sind zu berücksichtigen, namentlich die Lage des Flussbettes, sowie die Höhenlage, Beschaffenheit und Benutzungsart des Bodens, bezüglich dessen die im § 4 hervorgehobenen Bedingungen zu erfüllen sind; auch sind vorhandene wichtige Gebäude und Gehöfte möglichst vom Deiche einzuschließen.

Bei der Anlage von Sommerdeichen finden die oben unter 1. bis 4. entwickelten Gesichtspunkte gleichfalls entsprechende Anwendung. Es wird bei Bestimmung der Deichweite jedoch nicht das höchste Wasser, sondern das durch den Deich zu kehrende gewöhnliche Sommerhochwasser nach Höhe und Wassermenge in Rechnung gebracht und falls sich die Sommerdeiche an ältere Winterdeiche schliessen, auch die Einschränkung des Hochwasserprofils untersucht.

Gleich anderen Hindernissen können auch Sommerdeiche sehr leicht Veranlassung zu Eisstopfungen geben, weshalb sie nur dann gestattet werden sollten, falls sie weder eine nachteilige Einschränkung des Hochwasserprofils, noch eine Unterbrechung in der Stetigkeit der Profile in erheblichem Grade herbeiführen.

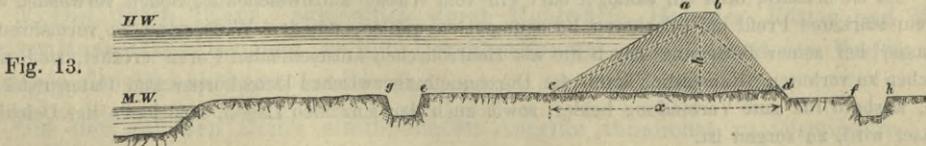
Bei Festlegung der sich längs der Nebenflüsse hinziehenden Rück- oder Rückstaudeiche wird die Deichweite nach der Hochwassermenge des Nebenflusses und dem dazu gehörigen Hochwasserstande bestimmt. Dieser weicht, falls die Hochwasser der beiden Flüsse nicht gleichzeitig eintreten, meist erheblich von dem höchsten, durch Rückstau des Hauptflusses hervorgerufenen Wasserstande ab, s. Fig. 12. Um Sinkstoffablagerungen möglichst zu vermeiden, sind der Hauptdeich und der Rückdeich unter sehr spitzem Winkel zusammenzuführen oder es ist, falls dies billiger, ein Flügeldeich in jener Richtung anzulegen, s. Fig. 2, S. 611.

Fig. 12.



§ 8. Das Querprofil. Allgemeines. Am Querprofile eines Deiches unterscheidet man (Fig. 13):

1. Die Kappe oder Krone ab ,
2. die Außenböschung oder äussere Böschung ac ,
3. die Binnenböschung oder innere Böschung bd .



Ferner gehören noch zu wichtigeren Deichen:

4. Die Außenberme ec ,
5. die Binnenberme df , auch Quellungsstreifen genannt,

welche zuweilen durch den Außenbermegraben ge und den Binnenbermegraben fh vom Vorlande bzw. Binnenlande abgegrenzt werden.

Bei Feststellung der dem Deiche und seinen Zubehörungen zu gebenden Abmessungen sind hauptsächlich die folgenden Kräfte und Wirkungen zu berücksichtigen:

1. Der Wasserdruck, welcher

- a) ein Fortschieben des Deiches auf der Unterlage,
- b) ein Versinken desselben in den wenig tragfähigen Untergrund,
- c) eine Durchquellung (Filtration),
- d) eine Herausspülung des weichen, wasserdurchlässigen Untergrundes hervorrufen kann.

Eine Drehung würde nur möglich sein bei einem mit steilen Böschungen, mauerartig aus Thon oder Steinen auf fester Unterlage hergestellten Deichkörper; bei einem aus Erde geschütteten Deiche, der, um im Gleichgewichtszustande zu bleiben, ohnehin mit beträchtlicher Böschung angeschüttet werden muß, kann eine Zerstörung durch Drehung nicht eintreten.

Zu a) Ein Deich von dreieckigem Querschnitte (vergl. die punktierten Linien in Fig. 13), welcher als vollständig vom Wasser durchdrungen gedacht werde, wird nicht gleiten, falls:

$${}^{1/2} h x (p - 1) \gamma f > {}^{1/2} h^2 \gamma,$$

(worn p das spezifische Gewicht der Deicherde, welches gewöhnlich zwischen 1,5 und 2,2 liegt, und f der Reibungskoeffizient), oder falls $x > \frac{h}{(p-1)f}$ ist. Setzt man nun $p = 1\frac{1}{2}$ und $f = \frac{1}{2}$, so wird $x > 4h$, hierbei ist das Gewicht des auf dem Deichkörper ruhenden Wassers, welches die Reibung vermehrt, unberücksichtigt gelassen. Bildet der Deich ein gleichschenkliges Dreieck, so ist das Gewicht des Wassers = ${}^{1/4} h x \gamma$ und es muß $x > \frac{h}{(p-1/2)f}$ sein. Für $p = 1\frac{1}{2}$ und $f = \frac{1}{2}$ wird $x > 2h$. Da eine gänzliche Durchdringung des Deichkörpers in Wirklichkeit nicht stattfindet, so ist auch eine Verschiebung desselben, falls der Untergrund aus guter Erde besteht, nicht zu befürchten. Nur bei weichem Untergrunde, wo der Reibungskoeffizient f sehr klein werden kann, ist in seltenen Fällen eine Verschiebung des Deiches bei hohem Wasserstande beobachtet worden; es muß deshalb der Deich auf solchem weichen Untergrunde sehr flache Böschungen erhalten.

Zu b) Die vom Deichkörper auf den Untergrund ausgeübte Pressung wird zur Zeit des Hochwassers noch durch den Druck des Wassers vermehrt und kann bei geringer Tragfähigkeit des Untergrundes ein starkes Setzen und selbst Versinken, sowie Zerreißen des Deichkörpers, einen Überlauf und Durchbruch des Wassers bewirken. Das Versinken tritt hierbei am stärksten unter der Kappe ein, während der Boden zu beiden Seiten des Deiches in die Höhe geprefst wird. Bis zu einem gewissen Grade läßt sich auch hier durch Verbreiterung der Deichbasis, also durch sehr flache Böschungen der Gefahr entgegenwirken; hierdurch wird die Pressung auf den Untergrund vermindert und namentlich durch die flachen Böschungen dem Aufquellen des Bodens entgegengewirkt.

Zu c) Die Durchquellung des Wassers nimmt zu mit der Druckhöhe desselben und der Größe der in der Deicherde vorhandenen Zwischenräume. Sie tritt nur bei sandigem und humosem Boden ein, wo sie sich bis zu einem solchen Grade steigern kann, daß an der Binnenböschung Quellen entstehen, die allmählich durch das Auswaschen des Sandes größer werden, bis sich unter besonders ungünstigen Verhältnissen endlich Hohlräume im Deiche bilden und dieser zusammensinkt. Ferner kann der natürliche Böschungswinkel des durchweichenden Materials so klein werden, daß ein Abrutschen der steileren Böschungen erfolgt. Es ist deshalb, falls ein sandiger oder ein vom Wasser aufzuweichender Boden verwendet werden muß, ein stärkeres Profil mit flacheren Böschungen zu wählen, um den Widerstand zu vermehren, den das Wasser bei seiner Bewegung durch die als Haarröhrchen anzusehenden Poren erfährt, und um das Abrutschen zu verhüten. Namentlich kann die Durchquellung zwischen Deichkörper und Untergrund heftig werden, weshalb für gute Verbindung beider, sowie auch der einzelnen Lagen, aus denen der Deichkörper geschüttet wird, zu sorgen ist.

Zu d) Ein Durchbrechen des Wassers kann bei weichem, z. B. moorigen Untergrunde eintreten, falls das Herauspressen der weichen Schicht durch eine in der Nähe der Binnenberme liegende Vertiefung, z. B. einen Kolk, alten Flußlauf, Kanal oder tiefen Graben, eine tiefe Baugrube oder dergl. erleichtert, der Gegendruck also vermindert wird. Durch besondere Deiche, sogenannte Kuverdeiche, welche die betreffende Vertiefung umschließen, das durchquellende Wasser anstauen und somit einen Gegendruck ausüben, ist der Gefahr vorzubeugen. Vertiefungen (z. B. Baugruben, Kanäle u. s. w.) sind bei einem derartigen gefährlichen Untergrunde in der Nähe des Deiches überhaupt nicht zu gestatten.

Hiernach sind die durch den Wasserdruck entstehenden Gefahren am besten durch Verwendung guter Deicherde, welche das Wasser nicht durchsickern läßt und nicht aufweicht, sowie durch Vermeidung eines schlechten Untergrundes zu verhüten.

2. Die Strömung des Wassers. Diese ist nur denjenigen Deichen gefährlich, die ihrer Lage nach von ihr getroffen werden, also parallel mit dem Strome oder unter ihm liegen. Deichstrecken, die einer heftigen Strömung ausgesetzt sind, müssen mit flacherer Aufsenböschung oder mit einer widerstandsfähigeren Schutzdecke versehen werden; hierzu gehören die Deiche an Gebirgsflüssen und die schaarliegenden Deiche. Bei den Deichen im mittleren und unteren Flußlaufe wird der Rasen, die gewöhnliche Schutzdecke, durch die Strömung mit ihren Wirbeln nur nach länger andauerndem Angriff verletzt. Es sind dagegen die Beschädigung beim Eisgange durch Eisschollen, die den Rasen durchschneiden, auf manchen Strecken sehr erheblich und es vermag ihnen der Rasen einer unter dem Strome liegenden Deichstrecke nur schwer zu widerstehen.

3. Der Wellenschlag. Dieser wird durch den Wind hervorgerufen und ist um so stärker, je breiter die Wasserfläche in der Richtung der zu Hochwasserzeiten herrschenden Winde und je größer die Wassertiefe ist. Wenn der Wellenschlag auch im allgemeinen für Flußdeiche weniger gefährlich als für Seedeiche ist, so erscheint es doch bei größeren Deichweiten zweckmäßig, die Aufsenböschung der unter dem Winde, d. h. etwa normal zu den herrschenden Winden liegenden Deichstrecken widerstandsfähiger zu machen. Die Aufsenböschung erhält deshalb entweder eine flachere Anlage, um von der brandenden Welle einen weniger heftigen Stofs zu erleiden, oder eine festere Decke als sie der Rasen allein zu bieten vermag, indem sie dauernd (mit Steinpflasterungen) oder während des Hochwassers (durch Strauchhürden oder Faschinen) geschützt wird.

4. Der Überlauf des Wassers infolge von Eisstopfungen. Falls sich die Eisschollen zur Zeit des Eisganges an einer Stelle des Flusses, gewöhnlich infolge unregelmäßiger Profile, zu einer Eisverstopfung zusammenschieben und also einen Eisdammbilden, der den Abfluß des Wassers ganz oder teilweise hemmt, so entsteht oberhalb der Eisstopfung eine Anstauung des Wassers, die in kurzer Zeit immer mehr wächst und bald ein Überströmen der Deiche hervorruft. Die Binnenböschung wird dabei um so stärker angegriffen, je höher und steiler sie ist, indem die durch den freien Fall erzeugte Geschwindigkeit mit der Höhe wächst und durch die Bewegungswiderstände um so weniger vermindert wird, je steiler die Fläche ist. — Falls daher einzelne Strecken der Winterdeiche als Überlauf bei hohen Wasserständen wirken sollen, so müssen sie mit sehr flachen Binnenböschungen angelegt oder in Mörtel abgepfästert und außerdem am Fusse durch Sturzbetten gesichert werden.

5. Die durch Tiere, namentlich durch Maulwürfe, Hamster, Ratten und Mäuse hervorgerufenen Gänge können heftige Durchquellungen und im weiteren Verfolg Auswaschungen des Deichkörpers hervorrufen.

Um die auf den Deich stattfindenden Angriffe thunlichst zu vermindern, muß nicht allein seine Lage und das Querprofil richtig bestimmt, sondern auch auf eine gleichmäßige Höhenlage der Aufsendeichflächen hingewirkt werden. Die tieferen Rinnen müssen durch Sperrdämme, Traversen, Schlickzäune verbaut, die niedrigen Flächen mit Weiden oder Rohr bepflanzt werden, um durch kräftige Abfangung der Sinkstoffe die Erhöhung zu beschleunigen, während die mittelhohen Flächen nur als Wiese oder Weide, die höheren Flächen als Ackerland genutzt werden. Je ebener die

Aufsendeichfläche und je freier sie von Anstauungen und Stromspaltungen hervorrufenden Abflusshindernissen ist, um so gleichmäßiger ist die Überströmung, um so geringer die Gefahr der Eisstopfungen und der Angriffe der Strömung auf den Deichkörper, vergl. § 18, 4.

§ 9. Das Querprofil der Winterdeiche. Bei der Bestimmung eines Querprofils sind besonders die Höhe des zu kehrenden Wasserstandes, die Lage des Deiches gegen Wind und Stromstrich, die Beschaffenheit der Deicherde, sowie die Breite und Höhe des Vorlandes von maßgebendem Einfluß.

Die Höhe der Deichkappe wird bei Winterdeichen in der Regel durch das höchste offene, d. h. ohne Eisstopfung beobachtete Wasser bestimmt, über welches sich die Deiche der größeren norddeutschen Flüsse gewöhnlich 0,6 m erheben. Bei kleinen Deichen, vor denen Eisgang und Wellenschlag nur in geringem Grade, Eisstopfungen gar nicht auftreten, kann die Höhenlage bis auf 0,3 m über dem höchsten Wasserstand beschränkt werden. Deichstrecken, deren Durchbruch wegen nahe gelegener Ortschaften oder aus sonstigen Gründen mit besonders großen Gefahren verknüpft ist, werden wohl 0,9 bis 1,2 m über Hochwasser ausgeführt, damit der Überlauf bei Eisstopfungen nicht dort, sondern an anderen vergleichsweise günstigeren Strecken stattfindet. Es werden auch wohl solche Strecken, vor denen ein heftiger Wellenschlag befürchtet wird, 0,3 m höher als die übrigen hergestellt, ferner auch die mit stärkerem Profile zu schüttenden und mit kräftiger Außenböschung zu versehenen Schaardeiche.

Wollte man denjenigen Wasserstand für die Höhenlage der Deichkappe zu Grunde legen, der durch Anstauung des Wassers oberhalb der Eisstopfungen entstehen kann, so würden sich übermäßige Höhenabmessungen und unerschwingliche Kosten ergeben. Es gilt deshalb als Regel, die beiderseitigen Deiche gleich hoch anzunehmen, dagegen beim Eintritt von Eisstopfungen zeitweilige Erhöhungen auf der Krone (sogenannte Aufkadtungen) vorzunehmen.

Nur an solchen großen Flüssen sind die Deiche erheblich höher im Laufe der Zeit aufgeführt worden, wo öfters gefährliche Eisstopfungen vorkommen, sodafs es unerläßlich erschien, der Gefahr des Überlaufens thunlichst vorzubeugen; die Deichkronen sind z. B. im Weichseldelta 1,5 bis 3 m und am Niederrhein oberhalb der holländischen Grenze 1,3 bis 1,6 m über dem höchsten offenen Wasser gelegen, vergl. Fig. 25 in § 13, die Deiche des Weichseldeltas darstellend. Auch bei den Gebirgsflüssen wird die Krone gewöhnlich 1 m über dem höchsten Wasserstande angenommen, weil bei den durch Geschiebeablagerungen hervorgerufenen großen Unregelmäßigkeiten des Flußbettes und dem raschen Zuströmen des Wassers weit eher ein Überschreiten des bisher beobachteten höchsten Wasserstandes zu befürchten ist, als im mittleren und unteren Laufe der Flüsse.

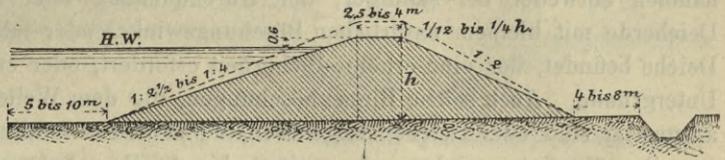
Die Überhöhung des Deiches soll nicht allein eine etwaige künftige, durch außerordentliche Witterungsverhältnisse hervorgerufene, gesteigerte Hochflut, sondern namentlich auch den Wellenschlag und die Steigerung durch Eisversetzungen berücksichtigen.

Selbstverständlich ist bei neuen Anlagen oder bei Deichen, die bisher von allen erheblichen Hochfluten überströmt oder durchbrochen wurden, noch die durch die Einschränkung des Profils u. s. w. zu erwartende Erhebung des Wasserstandes in Betracht zu ziehen; beispielsweise ist für Szegedin der neue Deich, Fig. 3, Taf. XX, etwa 1,5 m über dem Hochwasser von 1879 angenommen worden.

Die Kappenbreite ist bei den Winterdeichen der Hauptflüsse (Fig. 14) so groß anzunehmen, dafs sie während der oft viele Wochen andauernden Deichverteidigung

befahren werden können, indem die Heranschaffung der hierfür erforderlichen Materialien namentlich dann sehr schwierig werden kann, falls das Binnenland hinter dem Deiche in größerer Entfernung durch Qualmwasser überschwemmt ist. Die Kappe wird deshalb gewöhnlich 2,5 bis 4 m breit angelegt, je nach der Güte der Deicherde und der Heftigkeit

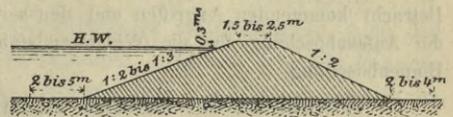
Fig. 14. Winterdeich der Hauptflüsse.



der durch Wellenschlag und Eis zu erwartenden Angriffe. — Soll die Kappe gewöhnlich auch als Fahrweg benutzt werden, so richtet sich ihre Breite nach den Ansprüchen des Verkehrs und muß mindestens 4,5 m betragen. Durch häufiges Befahren oder durch die Benutzung als Leinpfad wird der Deich aber leicht beschädigt. Der oben erwähnte Weichseldeich hat 4,7 m Kappenbreite. Die Rheindeiche in Hessen sollen auf 3 m Kappenbreite, 0,3 m über Hochwasser gebracht werden.¹⁸⁾ Deiche an kleineren Flüssen (Fig. 15), die geringeren Angriffen ausgesetzt sind, erhalten 1,5 bis 2,5 m Breite.

Fig. 15.

Winterdeich an kleinen Flüssen.



Die Kappe wird gewöhnlich flach gewölbt, damit Regen- und Spritzwasser abfließen können; zuweilen hat man ihr auch ein Gefälle nach der Außenseite gegeben, damit die Binnenkante den höchsten Rücken bilde und von dem auf die Kappe geschobenen Eise weniger zu leiden habe. Zur Verhütung von Beschädigungen wird sie am besten als Rasendecke unterhalten, falls nicht wegen des Fahrweges eine Besandung, Bekiesung oder, wenn die Kappe als Ortsstraße dient, eine Pflasterung ausgeführt wird.

Die Außenböschung der Rasendeiche an den größeren Flüssen wird mit $2^{1/2}$ - bis 4 facher, durchschnittlich 3 facher Anlage, an den kleineren Flüssen mit 2- bis 3 facher, durchschnittlich $2^{1/2}$ facher Anlage und zwar um so steiler ausgeführt, je geringer die zu erwartenden Angriffe und je besser die Deicherde und der Untergrund sind. An den größten Deichen kommt eine flachere als die 4-fache, nämlich eine 5- bis 6 fache Anlage, nur bei Sanddeichen ausnahmsweise vor (z. B. am Unterrhein), während andererseits auch bei den kleinsten Deichen eine steilere als die 2 fache Böschung nicht ratsam ist, falls sich der Rasen widerstandsfähig entwickeln soll. Wird dagegen die Außenböschung mit Steinen gesichert, wie dies an den Gebirgsflüssen wegen der heftigen Strömung und der billigeren Beschaffung dieses widerstandsfähigeren Materials die Regel bildet, so kann die Böschung weit steiler als bei Rasendeichen, nämlich $1^{1/2}$ - bis 2 fach sein. Auch die Deiche der Loire, die wegen Mangels an Vorland eine heftige Strömung zu erleiden haben, sind mit einem 0,6 m starken, in hydraulischem Mörtel versetzten Pflaster versehen und haben meist 1 fache, selten 2- bis $2^{3/4}$ fache, niemals 3 fache Anlage erhalten. An der äußeren Kante der Krone sind zum Teil Mauern aufgeführt, um das gesteigerte Hochwasser zu kehren, da eine Erhöhung des Deiches mit Erde unthunlich erschien, s. Fig. 2^{c u. d}, Taf. XX.

Die Binnenböschung erhält gewöhnlich 2 fache Anlage, die sowohl zur Erzielung einer kräftigen Rasendecke, als auch zur Verhütung des Abrutschens des unteren Teiles der Böschung, falls die Deicherde infolge lange andauernden Hochwassers etwas durch-

¹⁸⁾ Schäffer. Das Wasser- und Dammbauwesen in Hessen. Deutsche Bauz. 1892, S. 129.

weicht wird, notwendig erscheint. Eine steilere, $1\frac{1}{2}$ fache Böschung ist nur bei sehr guter Deicherde und falls der Deich nicht mit größerem Vieh beweidet werden soll, anzunehmen; eine flachere, $2\frac{1}{2}$ - bis 4fache Böschung ist nur ausnahmsweise notwendig, nämlich entweder bei sandiger, der Durchquellung oder Durchweichung ausgesetzter Deicherde mit kleinem natürlichen Böschungswinkel oder falls sich ein Kolk hinter dem Deiche befindet, der eine erhöhte Sicherheit erfordert, oder endlich bei wenig tragfähigem Untergrunde. Auch solche Binnenböschungen, die dem Wellenschlage des Binnenwassers ausgesetzt sind oder Deichen angehören, deren Krone infolge von Eisstopfungen u. s. w. zuweilen überflutet wird, werden mit 2- bis 4facher Anlage ausgeführt.

Der von Sasse gemachte Vorschlag¹⁹⁾, den Deich als Stützkonstruktion zu behandeln und deshalb mit steiler Aufsen-, aber flacher Binnenböschung anzulegen, entspricht nicht den bei einem Deiche in Betracht kommenden Angriffen und den seit Jahrhunderten gemachten Erfahrungen. In der Regel ist die Aufsenböschung für die Widerstandsfähigkeit des Deiches von weit größerer Bedeutung als die Binnenböschung.

Sowohl an der äußeren als an der inneren Seite des Deiches sind Schutzstreifen zu belassen, die Aufsen- und die Binnenberme, welche bei größeren Deichen Zubehörungen derselben sind und nur als Grünland (Wiese oder Weide) benutzt werden dürfen, daher von den früheren Besitzern entweder zum Eigentum oder zur servitutischen Benutzung für die Zwecke des Deiches abzutreten sind.

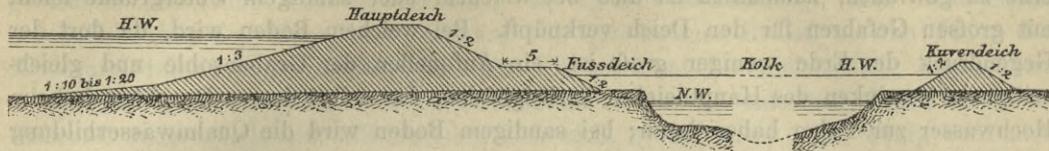
Die Aufsenberme bekommt bei größeren Deichen 5 bis 10 m, bei kleineren 2 bis 5 m Breite und wird in Rasendecke erhalten, die der Strömung und dem Wellenschlage besser widersteht, als das umgepflügte Erdreich. Es ist daher auch die Entnahme von Erde oder Rasen aus der Berme für die Unterhaltung des Deiches nicht gestattet; ferner ist die Anlage eines Fahrweges, da die Rasendecke durch die Wagen zerschnitten wird, an dieser Stelle nachteilig. Die Aufsenberme wird nur selten in einer bestimmten Höhe angeschüttet, in der Regel begnügt man sich damit, einen Streifen des Vorlandes in Grünland zu belassen; nur wenn der Deich durch tiefer gelegene Flächen, alte Flusssarme, Löcher u. s. w. geführt wird, ist sie durch Anschüttung in der mittleren Höhe des übrigen Vorlandes herzustellen und erhält dann zur Abführung des Regenwassers ein Gefälle von mindestens $\frac{1}{20}$ nach der Flussseite.

Die 2 bis 6 m breite Binnenberme hat zwar gewöhnlich eine geringere Wichtigkeit als die Aufsenberme, ist jedoch bei größeren Deichen notwendig, um zur Zeit der Deichverteidigung an alle Punkte gelangen zu können. In der Weichselniederung hat die Binnenberme, dort Quellungsstreifen genannt, sogar 15 m Breite, um größeren Schutz gegen Durchquellungen und beim etwaigen Überlaufen der Deiche infolge von Eisversetzungen zu gewähren. Sehr oft wird ein öffentlicher Weg auf die Binnenberme gelegt, in welchem Falle die Breite derselben mindestens 4,5 m beträgt.

Von größerer Bedeutung ist die Binnenberme, falls der Deich aus sandiger, der Durchquellung oder Durchweichung ausgesetzter Erde besteht oder sich, wie dies bei alten Deichen oft vorkommt, vor tiefen, bei Deichbrüchen entstandenen Löchern (Kolken oder Bracken) befindet. Eine breite, 1 bis 2 m über das Binnenland gelegte Binnenberme (Fig. 16), welche dann wohl Fußdeich genannt wird, verstärkt in solchen Fällen den Deichkörper gegen Durchquellungen und Durchweichungen und verhindert das vor Kolken besonders gefährliche Versinken und Durchbrechen des oberen Deichkörpers, welches leicht eintritt, sobald der untere durchweichte Teil infolge der aufgehobenen Kohäsion der Erde eine flachere Böschung annehmen, also abrutschen kann. Um

¹⁹⁾ Über Deichanlagen in Flufsthälern. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1891, S. 289.

Fig. 16. Deich vor einem Kolk.



diese Gefahr und gleichzeitig auch die Menge des schädlichen Qualmwassers, das hauptsächlich aus den tief in den sandigen Untergrund reichenden Kolken hervorquillt, noch mehr zu vermindern, erscheint es zweckmäßig, letztere ringsum mit kleinen Deichen, sogenannten Kuverteichen, Qualmdeichen oder Quelldeichen, einzufassen. Sie schliessen sich an die erhöhte Binnenberme, um das Quellwasser anzusammeln, also die Druckhöhe zwischen Aufsen- und Binnenwasser zu vermindern, erhalten wie die Binnenberme 1 bis 2 m Höhe, 1 bis 1,5 m Kronenbreite, beiderseits gewöhnlich zweifache Böschungen und werden in guter Rasendecke unterhalten. Die nach dem Kolk belegene Fläche kann bei grossen Wasserflächen durch den Wellenschlag leiden und muß deshalb unter Umständen in $2\frac{1}{2}$ - bis 3facher Böschung angelegt werden. Auch sind diejenigen Flächen der Binnenberme und des Kuverteiches, die schon beim gewöhnlichen Wasserstande des Kolks dem Wellenschlage ausgesetzt sind, durch Uferdeckwerke (Grundbetten, Rauhwehre, Pflaster, Steinschüttungen) zu sichern.

Ein Durchbruch des Kuverteiches, also eine plötzliche bedeutende Vermehrung der Druckhöhe, kann leicht verhängnisvolle Abrutschungen am Hauptdeiche veranlassen, weshalb auch die Kuverteiche in der sichersten Weise, ebenso wie der Hauptdeich, anzulegen und zu unterhalten sind. Sie werden oft nicht unmittelbar um den Kolk, sondern über höheres Gelände geführt, sodafs innerhalb desselben noch Land gelegen ist. Um dieses rechtzeitig trocken zu legen, ist eine kleine Ablaufschleuse im Kuverteich anzulegen, die jedoch erst geöffnet wird, wenn aus dem Ablassen des Wassers kein Schaden für das übrige Land zu befürchten ist. Will man die Qualmdeiche nur in geringer Höhe aufführen und ist keine Ablaufschleuse zur Regulierung des Wassers vorhanden, so sind Überlaufstellen anzulegen. Trotz flacherer Binnenböschung, erhöhter Binnenberme und Kuverteich bleibt jede unmittelbar vor einem tiefen Kolk gelegene Deichstrecke immer gefährlich.

Wo die Niederung öfter durch Qualmwasser oder durch ein Überströmen der Deiche bei Eisversetzungen leidet, sind auch wohl die Binnenbermen höher gelegt und die Wohngebäude unmittelbar an derselben aufgebaut worden, wodurch gleichzeitig eine Verstärkung des Deiches und ein wasserfreier, auch für die Deichverteidigung wichtiger Verbindungsweg geschaffen wird. Beispielsweise haben die neuen Weichseldeiche (Fig. 25, § 13) 3 m unter der Krone noch ein 5 m breites, als Berme anzusehendes Bankett erhalten; die Aufsenböschung ist drei-, die Binnenböschung zweifach angelegt. Diese Binnenberme hat 15 m Breite. Eine ähnliche Anordnung ist bei Verstärkung der Hauptdeiche in Hessen getroffen.

Aufsen- und Binnenberme werden oft durch Gräben gegen die benachbarten Grundstücke abgegrenzt; es geschieht dies hinter der Binnenberme stets, falls sie als öffentlicher Fahrweg dient. Die Gräben erhöhen jedoch die Sicherung des Deiches in keiner Weise, da sie an der Aufsenseite die Strömung verstärken, an der Binnenseite die Durchquellung vergrößern können; sie dürfen deshalb keinenfalls in gröfserer Tiefe geduldet werden. Es ist deshalb auch gefährlich, den Binnenbermegraben als Haupt-

abwässerungsgraben in gröfserer Tiefe und Breite anzulegen, um gleichzeitig die Deicherde zu gewinnen, namentlich ist dies bei weichem oder sandigem Untergrunde leicht mit grofsen Gefahren für den Deich verknüpft. Bei weichem Boden wird, da dort der Gegendruck der Erde weniger grofs ist, ein Aufquellen der Grabensohle und gleichzeitig ein Versinken des Hauptdeiches herbeigeführt, das selbst dessen Durchbruch beim Hochwasser zur Folge haben kann; bei sandigem Boden wird die Qualmwasserbildung erheblich vermehrt. In beiden Fällen ist es deshalb notwendig, durch Verbreiterung der Binnenberme bis auf 20 m und mehr diesen Gefahren möglichst vorzubeugen, falls die Anlage eines tiefen Grabens oder Kanals in der Nähe des Deiches aus örtlichen Rücksichten nicht vermieden werden kann.

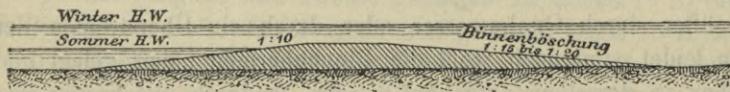
§ 10. Überlaufdeiche. Flügeldeiche. Überlauf- oder Überfalldeiche kommen bei Winterdeichen nur in seltenen Fällen und nur streckenweise vor:

1. Sie sind mitunter gegenüber oder oberhalb solcher Strecken des Hauptdeiches angelegt, deren Durchbruch bei Eisstopfungen besonders grofse Nachteile herbeiführen würde, hinter denen z. B. ein gröfserer Ort sich befindet. Die Entlastung des Flusses kann in diesem Falle aber nur dann wirksam sein, wenn der Überlaufdeich grofse Länge besitzt, in der Kappe erheblich niedriger als der Hauptdeich liegt und die Niederung, welche das Wasser aufnehmen soll, sehr grofs ist. Gegenüber Deventer bestand an der Yssel ein solcher 787 m langer Überlaufdeich, dessen Krone 1,88 m unter dem Hauptdeich lag. Er war mit 15 facher Binnenböschung in Rasendecke angelegt und hat sich gut gehalten, indem das überlaufende Wasser durch einen in geringer Entfernung hinter dem Deiche liegenden höheren Weg angestaut wurde.

2. Es sind ferner Überlaufdeiche da hergestellt, wo es bei Regulierung älterer Deichanlagen und Flufsspaltungen zwar erwünscht war, einen bisherigen Hochwasserlauf für alle gewöhnlichen Wasserstände und Sommerhochwasser abzuschliessen, um die betreffende Niederung in höhere Kultur zu bringen, wo die Absperrung des Winterhochwassers aber nicht möglich war, weil der Hauptstrom für die gesamte Wassermenge nicht ausreichte.

Ein solcher Überlauf (vergl. Fig. 17), befindet sich unweit Verden, um das Hochwasser der Aller nach der „alten Aller“, einem alten Flufsarm, und durch diesen nach einem unteren Punkte der Weser

Fig. 17.



zu entlasten. Dieser Überlaufdeich erhebt sich bis über das gewöhnliche Sommerhochwasser, hat etwa 560 m Länge, außen 10 fache, binnen 20 fache Böschungsanlage, 9,5 m Kronenbreite und liegt etwa 2 m unter der Krone des Hauptdeiches. Auch zur Entlastung der Waal nach der Maas bei Baardwijk, sowie des alten Rheins nach der Yssel bei Lymers wurden Überlaufdeiche angelegt.

3. Die Überlaufdeiche sind, wie schon im § 5 erwähnt, auch als Entlastungsanlagen für solche fehlerhaft angelegten Deiche, die bei außerordentlichen Hochfluten oder Eisversetzungen häufig überströmt werden, wiederholt, namentlich für die Loire und für den Unterrhein warm empfohlen worden. Ist in solchen Fällen eine Zurückverlegung oder Erhöhung und Verstärkung der Deiche, eine Flufsregulierung u. s. w. nach den örtlichen Verhältnissen nicht ausführbar, so erscheint es allerdings ratsamer, das Wasser an bestimmten, dafür eingerichteten Punkten einzulassen, als dafs es gewaltsam durchbreche, tiefe Grundbrüche erzeuge, vielleicht Wohnungen zerstöre und Menschenleben gefährde.

4. Von Bedeutung sind die Überläufe endlich für die Überschlickung der eingedeichten Niederung und die Verhütung der Qualmwasserbildung. Man wird jedoch durch Erhöhung der Wege oder Anlegung von Querdämmen in den tieferen Teilen der Niederung dafür sorgen müssen, daß die Fläche thunlichst gleichmäÙig durchströmt werde und sich nicht ein heftiger zerstörender Strom in einzelnen Teilen ausbilde, während andere Teile nur stillstehendes, sich nicht erneuerndes, daher wenig nützendes Wasser erhalten (vergl. § 20, 3. und 4.).

Ist die zur Aufnahme des Wassers dienende Niederung von größerer Länge und unten geschlossen, so muß an ihrem unteren Ende für das Auslassen des Wassers gesorgt werden. Zu diesem Zweck wird dort eine Deichstrecke mit niedrigerer oder allmählich abfallender Krone eingerichtet und das zurückbleibende Wasser durch ein weites Abwässerungssiel abgeführt. Bei geringer Längenerstreckung der Niederung genügt die Herstellung eines Einlasses am unteren Ende, insofern der Überfall nichts weiter als eine Art von Sicherheitsventil gegen das Brechen des Deiches an anderen Stellen sein soll. Will man jedoch den Flußschlauch in wirksamer Weise längs der betreffenden Deichstrecke entlasten, oder die Niederung kräftig überschlickern, so ist wieder ein oberer Einlaß und ein unterer Auslaß notwendig, damit nicht allein ein einmaliges Anfüllen der Niederung erfolge, sondern diese während der Thätigkeit des Überlaufs durchströmt werde.

Nach dem Zweck des Überlaufs ist seine Höhenlage zu bestimmen. Falls der Überlauf eine Ergänzung des unzureichenden Hochwasserbettes bildet, hängt seine Höhe und Länge von der Leistungsfähigkeit dieses Bettes ab; er wird jedoch möglichst hoch gelegt, damit die Niederung nur selten unter der Überschwemmung leide. Soll er hauptsächlich als Sicherheitsventil gegen außerordentliche Wasserstände dienen, so wird er hoch liegen und eine größere Länge erhalten müssen, die sich daraus bestimmt, daß der gefährliche Widerstand nicht erreicht werden darf. Es können dann viele Jahre verstreichen, ohne daß der Überlauf in Wirksamkeit tritt. Soll er dagegen eine Überschlickung und Erhöhung der Niederung herbeiführen, so muß er, um das Wasser in jedem Winter längere Zeit einzulassen, thunlichst niedrig gelegt und durch Aufkaden, Balken, bewegliche Wehrkonstruktionen oder dergl. gegen die Überströmung durch höhere Sommerfluten geschützt werden.

Für die Bestimmung der Länge des Überlaufs²⁰⁾ müssen die Dauer, das Anwachsen und die Wassermengen der Hochflut, ferner die Querprofile und das Längengefälle der Niederung bekannt sein. Bei einem niedrig liegenden Überlauf mit entsprechendem Auslaß wird bei lang andauerndem Hochwasser zunächst eine Anfüllung der Niederung bis zur Krone des Auslasses und alsdann eine Durchströmung derselben stattfinden. Das Gefälle H des Flusses zwischen dem Ein- und Auslaß zerlegt sich dann in die Gefälle h_1 beim Einlaß, h_2 für die Bewegung des Wassers in der Niederung, h_3 beim Auslaß. Diese sind daraus zu bestimmen, daß die der Niederung bestimmungsmäßig zufließende Wassermenge Q nach dem Eintritt einer gleichförmigen Bewegung in diesen drei Abteilungen gleich groß sein muß; für h_1 und h_3 kommen die Formeln für Überfallwehre, $Q = \mu l h \sqrt{2gh}$, worin der Koeffizient μ etwa = 0,4 anzunehmen, für h_2 die Formel $v = c \sqrt{J \cdot R}$ in Anwendung und man wird am leichtesten durch probe- weises Einsetzen der Werte h_1 , h_2 , h_3 zum Ziele gelangen. Bei einem hochliegenden oder kurzen Überlauf erfolgt dagegen, falls das Hochwasser nur kurze Zeit einen höheren Stand als die Krone des Überlaufs besitzt, auch nur eine Anfüllung der Niederung bis zu einer gewissen Höhe, welche sich aus der durchfließenden Wassermenge, der Zeit, der Größe und Höhenlage der Niederung leicht bestimmen läßt; die Niederung bildet dann nur ein Seitenbecken.

²⁰⁾ Jollois. Sur la détermination des longueurs des déversoirs à construire sur les levées de la Loire. Ann. des ponts et chaussées 1869. — M. Bazin. Über die Abflußmenge des Wassers an Überläufen bei verschiedener Höhe des Unterwasser-Spiegels, daselbst 1894, II. S. 249. — Über die Überläufe am Unterrhein in Holland. Tijdschr. van het kon. Inst. van ing. 1891/92, S. 10.

Wenn auch bei sehr flacher Anlage der Binnenböschung von etwa $1/15$ bis $1/20$ eine gut erhaltene Rasendecke für kurze Zeit Widerstand zu leisten vermag, so werden doch bei lang andauerndem Überlauf, falls die Höhe des Wassers, also die Dicke des überströmenden Wasserstrahls, erheblich ist und der Deich grössere Höhe hat, leicht Beschädigungen entstehen. Es ist daher vorzuziehen, die Böschung weniger flach, aber in Höhenabständen von etwa 1 m mit abgepflasterten Banketts anzulegen, oder die Binnenböschung, falls Steine billig zu beschaffen, in etwa 4- bis 6facher Anlage mit einer Pflasterung in hydraulischem Mörtel auf Betonbettung auszuführen; es ist jedoch ein längeres, in ähnlicher Weise ausgeführtes Sturzbett unentbehrlich, auch sind Aufsenböschung und Kappe in gleicher Art zu sichern. Von Woltmann ist vorgeschlagen, der Binnenböschung eine konkave Form zu geben, sodafs sie am Fusse flacher werdend allmählich in das horizontale Gelände (Maifeld) übergeht; aber auch hierdurch werden Angriffe des Wassers am Fuße der Deichböschung nicht verhindert. Widerstandsfähige breite Sturzbetten sind daher im Anschlus an die Binnenböschung bei jeder Art der Ausführung unentbehrlich.

Überlaufdeiche mit Rasendecken erhalten oft dadurch Beschädigungen, dafs die Grundbesitzer eine Aufkadung auf der Krone bei ausnahmsweise eintretendem höheren Sommerwasser vornehmen und das Material aus nächster Nähe, d. h. aus der flachen Binnenböschung entnehmen.²¹⁾

Zur Mäfsigung der Strömung und zur Beförderung der Aufschlickung in der Niederung dienen Hecken, die etwa normal zur Bewegungslinie des Wassers, am besten auf der Grenze der einzelnen Grundstücke angepflanzt werden; sie haben sowohl an der Loire, wo sie aus Weifsdorn bestehen, wie an der Weser sehr günstig gewirkt.

Die Flügeldeiche (vergl. § 2) erhalten eine 2 bis 3 m breite abgerundete Krone, $2\frac{1}{2}$ bis 3fache Anlage der Böschungen und werden an den vom Eisgang gefährdeten Flächen abgepflastert; ruft der Flügeldeich einen erheblichen Anstau hervor, wie dies bei älteren, fehlerhaft angelegten Deichen wohl vorkommt, so kann die Überströmung so heftig werden, dafs auch die Binnenböschung gepflastert werden mufs.

§ 11. Das Querprofil der Sommerdeiche. Die Sommerdeiche sollen nur das gewöhnliche Sommerhochwasser kehren, werden also vom Frühjahrshochwasser, sowie auch von ausserordentlich hohen, wenn auch nach längeren Jahren wiederkehrenden Sommerhochfluten überströmt, die bei manchen Flüssen den hohen Frühjahrfluten nur wenig nachstehen. Da die Binnenböschung durch die Überlaufdeiche stark angegriffen wird, so bildet sie den wichtigsten Teil des Sommerdeichkörpers und ist um so flacher anzulegen, je höher der Deich ist und je länger der Überlauf dauert, denn der Rasen wird durch den längeren Angriff erweicht und zerstört. Die Kappe erhebt sich bis 0,3 m über den noch sicher zu kehrenden Sommerwasserstand, ihre Breite wächst mit dem zu erwartenden Angriff, während die Aufsenböschung nur die Angriffe des mittleren Hochwassers auszuhalten hat.

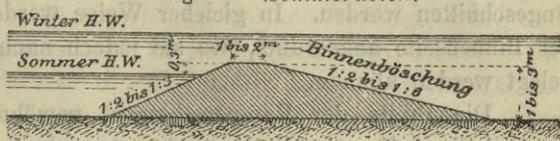
Bei Sommerdeichen, welche kleinere, in einigen Stunden sich anfüllende Sommerpolder umschliessen, genügen unter der Voraussetzung, dafs der Deich aus bester Klaierde besteht und auf der ganzen Oberfläche in guter Rasendecke erhalten wird, die folgenden Abmessungen (Fig. 18):

²¹⁾ Nachrichten über einige im Loire-Gebiete vor nicht langer Zeit ausgeführte Überfälle findet man in: L. Hagen. Reisebericht über einige Ströme Frankreichs. Zeitschr. f. Bauw. 1881, S. 128.

Höhe über Terrain	1 m	2 m	3 m
Kappenbreite	1 m	1,5 m	2 m
Anlage der Außenböschung . . .	2 fach	2 $\frac{1}{2}$ fach	3 fach
Anlage der Binnenböschung . . .	2 fach	4 fach	6 fach.

Bei länger andauerndem Überlauf ist es vorzuziehen, besondere Überlaufstrecken anzulegen, deren Kappe 0,4 bis 0,5 m niedriger liegt als der übrige Sommerdeich, für dessen Binnenböschung dann eine 2- bis 3fache Anlage genügt; diese Überlaufstrecken müssen, da sie weit länger als die gewöhnlichen Sommerdeiche in Wirksamkeit sind, mit flacherer Binnenböschung angelegt werden, nämlich bei einer

Fig. 18. Sommerdeich.



Höhe von	1 m	2 m	3 m
Böschungsanlage	4 fach	8 fach	12 fach

falls man bei größerer Höhe nicht vorzieht, in der Höhe von je etwa 1 m dauerhaft abgepflasterte Bankette an der Binnenseite herzustellen.

Am geeignetsten sind solche Flächen für die Anlage der Überlaufstrecken, welche hoch und fest sind und auf denen der Deich nicht unter den herrschenden Winden liegt. Die Zeit zur Anfüllung des Polders wird aus der Größe und Höhenlage desselben, aus der Länge und Höhenlage der Überlaufstrecke und aus dem durch Pegelbeobachtungen bekannten Ansteigen des Hochwassers mittels der Überfallwehr-Formeln berechnet.

Mit großem Vorteil kann man auch die Abwässerungsschleuse des Sommerpolders zum Einlassen des Wassers mitbenutzen, indem entweder die Schützen, falls solche als Verschluss dienen, geöffnet oder größere Einlaßschützen in den Thoren angelegt oder aber besondere Einlaßschützen gesondert von den Thoren angeordnet werden, vergl. Taf. XXV der zweiten Abteilung, 2. Aufl., Fig. 4 bis 6. Durch solche Einlaßschleusen wird allerdings das heftige Überströmen nicht immer verhindert, namentlich sind die Grundbesitzer wegen des Verlustes ihrer Sommerfrüchte wenig geneigt, die Schleusen rechtzeitig zu öffnen.

Auch an den Sommerdeichen sind Außen- und Binnenbermen von 2 bis 5 m Breite zu belassen, die nur als Grünland (Wiese oder besser Weide) benutzt werden dürfen; besonders wichtig ist die Binnenberme.

Die Kappe der Sommerdeiche als Fahrweg zu benutzen, ist nicht ratsam, da hierdurch die Widerstandsfähigkeit des Deiches leidet; es ist zweckmäßig, sie in Rasen, und stark nach der Binnenseite abgerundet, abzudecken.

In vielen Fällen ist es vorzuziehen, die Vorländer statt durch Sommerdeiche dadurch vor unzeitiger Sommerüberflutung zu schützen, daß die tieferen Stellen der Uferborde bis zu einer mittleren Höhe ausgeschüttet werden. Dadurch wird die schädliche Spaltung des Stromes vermieden, die namentlich beim Eisgang ungünstig wirkt; durch das seitliche Abfließen vermindert sich der Wasserdruck, es tritt eine Eisversetzung leichter ein und durch diese wird die seitliche Abströmung so verstärkt, daß Einrisse und Versandungen auf den Vorländern erfolgen. Die Ausschüttung darf aber nicht bis zu den höchsten Uferborden erfolgen, da sonst mittlere Hochwasser an ihrer Ausbreitung gehindert, also in ihrer Höhe gesteigert werden, wodurch die Sommerpolder und die Ufer geschädigt werden können. Es müssen besonders hohe Uferborde bis zu der mittleren Höhe abgetragen, auch sehr niedrige Teile der Vorländer ausgefüllt oder durch Leitdeiche geschlossen werden. In engen Flußstrecken kann auch durch Vergrößerung des Bettes zwischen Mittelwasser- und Ausuferungshöhe eine Senkung des Wasserstandes, mithin eine spätere Ausuferung erzielt werden.

§ 12. Deichrampen. Durchfahrten. An- und Abfahrten (Rampen), siehe Fig. 11, Taf. XX, sind zur Verbindung des Vorlandes und des Polders sowohl bei Winter- als Sommerdeichen unentbehrlich. Die an der Außenböschung angelegten Abfahrten werden vorzugsweise stromabwärts und parallel mit der Böschung laufend angeordnet, indem alsdann die infolge der Unterbrechung der glatten Deichfläche herbeigeführten Beschädigungen durch Strömung, Eisgang und Wellenschlag am geringsten sind. Dabei dürfen sie das Deichprofil jedoch nicht schwächen, sie dürfen also nicht eingeschnitten werden. In gleicher Weise werden in der Regel auch die Rampen an der Binnenseite angeordnet, wo sie jedoch nach Bedürfnis nach beiden Richtungen angelegt werden können.

Die Breite der Rampen beträgt gewöhnlich nur 2,5 bis 3 m, die Steigung $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{12}$, die Anlage der Böschungen entspricht derjenigen der Deichböschung; dienen sie als öffentlicher Weg für größeren Verkehr, so werden sie breiter und flacher angelegt.

Anfahrten, welche von der Binnenseite normal zur Deichlinie geführt sind, siehe die punktierten Linien der oben bezeichneten Figur, unterbrechen den Verkehr auf der Binnenberme bei der Deichverteidigung. Sie werden in etwas größerer Kronenbreite als die parallelen Anfahrten und mit 2fachen Böschungen angelegt.

Durchfahrten oder Deichlücken, s. Fig. 1^{a u. b}, Taf. XX, sind an Stelle der Anfahrten anzulegen, falls ein erheblicher Verkehr sich über den Deich bewegt. Sie werden mit massiven Einfassungen in 3 bis 5 m Weite ausgeführt und zur Zeit des Hochwassers gewöhnlich durch Dammbalken geschlossen, die in zwei 1 bis 1,5 m voneinander entfernte Dammfalze gelegt werden; der Zwischenraum wird mit Mist oder guter Klaierde ausgestampft. Die Sohle der Durchfahrt wird zu größerer Sicherheit gewöhnlich in etwa halber Deichhöhe, selten in Bodenhöhe angelegt. Zur Verhütung eines Durchbruchs in der Sohle muß diese durch eine tiefreichende Herdmauer oder, bei der Ausführung in Holz, durch 1 oder 2 in den Untergrund reichende Spundwände geschützt werden, ferner müssen Pfeiler bzw. Spundwände hinter den Wangenmauern 1 bis 2 m in den Deichkörper eingreifen. Wegen der geringen Dauer des Holzes verdienen die mit Herdmauern und eingreifenden Pfeilern versehenen massiven Durchfahrten unbedingt den Vorzug vor den hölzernen.

Muß die Durchfahrt für einen sehr breiten Weg eingerichtet werden, so empfiehlt sich die Anordnung eines Mittelstiels mit Dammfalzen, der bei der Abdämmung in das Fundament eingesetzt wird, die Öffnung in zwei Teile zerlegt und die Verwendung kurzer, schwacher Dammbalken ermöglicht. Zu diesem Zweck sind im Fundament Löcher für die Stiele, z. B. durch Einmauerung von eisernen Röhren herzustellen, die durch eiserne Deckel geschlossen werden; die Stiele werden dann, ähnlich den Pfählen der Fangdämme, durch Querzangen, Ketten oder Bolzen verbunden und abgestrebt.

Durchfahrten sind auch wohl am unteren Ende der Niederung in den Sommerdeichen angelegt, um dem eingelaufenen Wasser einen rascheren Abfluß zu ermöglichen, als es die Siele allein vermögen.

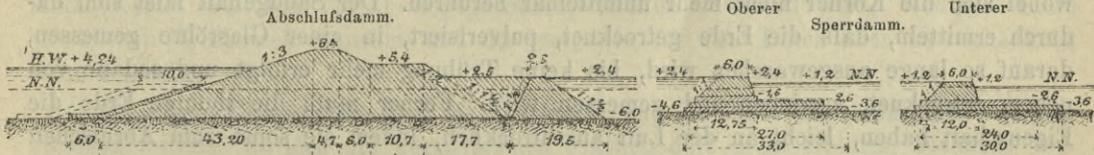
§ 13. Herstellung der Flußdeiche.

1. Vorbereitung der Deichbasis. Die Deichbasis ist so vorzubereiten, daß eine innige, gegen Durchquellung sichernde Verbindung mit dem Deichkörper erzielt wird. Es sind deshalb die Rasen abzunehmen und zu späterer Verwendung in Haufen aufzusetzen, Bäume und Gesträuche mit den Wurzeln zu beseitigen, Gräben oder Niederungen von Schlamm zu reinigen und die Fläche sodann durch Pflügen oder Umgraben rauh zu machen.

Die Beseitigung der Rasen wird bei weichem Untergrunde wohl unterlassen, falls ein Versinken des alsdann mit beiderseitigen flachen Böschungen anzulegenden Deiches bis auf den festen Untergrund verhütet werden soll. Durch die flachen Böschungen soll nämlich nicht allein das Gewicht des Deichkörpers auf eine breitere Fläche übertragen, sondern namentlich verhindert werden, daß der unter der Deichkappe am stärksten zusammengepresste, daher seitlich ausweichende schlechte Untergrund die Oberfläche unmittelbar neben dem Deiche hebt. Es ist allerdings sicherer, jedoch weit kostspieliger, in umgekehrter Weise zu verfahren, d. h. den Deich über solchem weichen Untergrunde sofort bis auf den festen Boden durchzuschütten. Es wird alsdann ein Graben in der Mittellinie der künftigen Deichkrone möglichst tief ausgehoben und bei der Ausführung des Deiches die Erde über dem Graben weit höher als neben ihm geschüttet, damit sie an dieser Stelle versinke, den weichen Boden nach der Seite dränge, dagegen eine Vermischung beider und ein seitliches Ausgleiten der Deicherde verhüte.

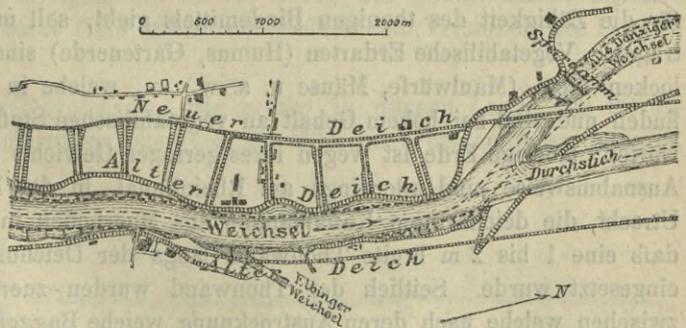
Bei der Durchschneidung eines vom Wasser durchströmten größeren Flusssarmes wird zunächst ein Sperrdamm aus Faschinen unter der Außenberme ausgeführt und in seinem Schutze in ruhigem Wasser die Deichbasis geschüttet und zwar vom einen nach dem anderen Ufer, um den etwaigen Schlamm herauszudrängen. Ist ein größerer Erdverlust zu befürchten, so kann außerdem die Anlage eines schwächeren Faschinendammes unter der Binnenberme zweckmäßig sein. Keinenfalls darf der eigentliche Deichkörper auf Faschinen liegen, indem sonst während eines längeren Zeitraums ein durch die Faschinen veranlaßtes starkes Sacken des Deichkörpers eintritt, mit dem gefährliche Risse verbunden sein können.

Fig. 19 u. 20. Durchdeichung der Danziger Weichsel.



Bei der Durchdeichung der Danziger Weichsel (Fig. 19 u. 20), bei der es sich um einen großen Strom handelte, sind zunächst unterhalb der künftigen Deichlinie zwei Sperrbuhnen (Sperrdämme) gleichzeitig zur Ausführung gebracht, von denen die untere etwa in Höhe des gewöhnlichen Wasserspiegels (+ 1,20 N. N.), die obere auf + 2,40 N. N. liegt. Hierdurch wurde der Stau auf zwei Stufen verteilt, was die Schließung der Sperrdämme erleichterte. Bei diesem wurde zunächst die Sohle, an den tiefsten Stellen beginnend, mit Sinkstücken ausgelegt, alsdann wurden die beiden Dämme aus Packwerk buhnenartig von beiden Ufern gleichzeitig vorgetrieben. Nach Fertigstellung der beiden Sperrdämme wurde in ruhigem Wasser mit der Schüttung des Stromdeiches in einzelnen Lagen begonnen mit Hilfe eines an der Binnenberme auf + 2,4 belegenden, 2,5 m in der Krone starken Packwerks. Die äußere Deichböschung, soweit sie in den alten Strom reicht, ist durch eine mit Steinen beschwerte Sinklage gesichert worden. — Die Durchdeichung der Elbinger Weichsel,

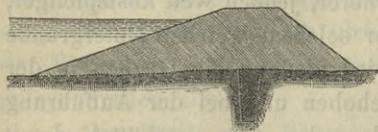
Fig. 20. Lageplan.



liegt, bot keine Schwierigkeiten. Zur Verhütung von Durchquellungen wurde in den sandigen Untergrund ein Thonkern bis zum Grundwasserspiegel eingebracht; zu gleichem Zweck sind aufsen- und binnenseits noch 10 m breite Banketts in Mittelwasserhöhe angeschüttet und das sandige Vorland im alten Bett mit thonigem Boden abgedeckt und aufgehöhht.

Wird der Deich über sandiges Terrain geführt, so ist zur Verminderung des Durchquellens die Einbringung eines 1 bis 2 m starken, möglichst tief einfassenden Kernes

Fig. 21.



von thonigem Boden (Fig. 21) von günstiger Wirkung, doch wird sie der Kostspieligkeit wegen und da man bis zu grösserer Tiefe, wie dies erforderlich wäre, doch nicht hinuntergehen kann, öfters unterlassen. Ein solcher Thonkern ist jedoch unentbehrlich, falls die obere

Schicht von humoser Beschaffenheit, wasserdurchlässig wie ein Schwamm ist und auf ziemlich undurchlässigem, thonigen Untergrunde ruht, indem der Thonkern dann die Verbindung zwischen der thonigen Deicherde und dem thonigen Untergrunde herbeiführt.

2. Die Deicherde. Sie besteht am besten aus einem Gemisch von Thon- und Sandboden, wie es sich in den Alluvionen der Flufsthäler meist in nächster Nähe darbietet (Klai), doch muß es frei sein von allen fremden Körpern, Wurzeln, Rasenstücken, Holzteilen, welche nach ihrem Verfaulen Höhlungen oder Quellen bilden oder aber Tiere anlocken können. Reiner Thon schwindet bei starker Wärme oder bei Frost so sehr, daß sich Risse bilden; reiner Sandboden giebt nicht allein zu Durchquellungen Veranlassung, sondern kann, je nach seiner Feinheit, in durchweichtem Zustande einen so kleinen Böschungswinkel annehmen, daß ein Abrutschen der steiler angelegten Böschungen erfolgt. Nach Versuchen von Schelten²²⁾ soll der Sandgehalt, damit kein nachteiliges Schwinden eintrete, mindestens 15%, damit die Kohäsion noch eine genügende sei, höchstens 45% der Masse ausmachen, am geeignetsten ist ein Gehalt von 15 bis 18%, wobei sich die Körner nicht mehr unmittelbar berühren. Der Sandgehalt läßt sich dadurch ermitteln, daß die Erde getrocknet, pulverisiert, in einer Glasröhre gemessen, darauf so lange ausgewaschen wird, bis keine Trübung mehr erfolgt und sodann von neuem getrocknet, zerrieben und gemessen wird. Ferner muß die thonige Erde die Eigenschaft haben, leicht an der Luft auszutrocknen, indem sie sonst zum Abrutschen geneigt ist; auch darf ihre Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkung des Wassers nicht zu gering sein. Die rückwirkende Festigkeit der Deicherde, die einen Maßstab für die Zähigkeit des thonigen Bindemittels giebt, soll mindestens 20 kg f. d. qcm betragen. Vegetabilische Erdarten (Humus, Gartenerde) sind gleichfalls nicht wasserdicht, locken Tiere (Maulwürfe, Mäuse u. s. w.) an, welche in solchem Boden gute Nahrung finden und sind bei hohem Gehalt an vegetabilischen Stoffen sogar der Zersetzung unterworfen; moorige Erde ist wegen ihres geringen Gewichts für grössere Deiche untauglich. Ausnahmsweise sind allerdings am Rheinkanal, in der Haltung von Amsterdam nach Utrecht, die deichartigen Kanaldämme aus Moorboden in der Weise geschüttet worden, daß eine 1 bis 2 m breite Thonwand längs der Deichmitte bis 1 m unter Kanalsohle eingesetzt wurde. Seitlich der Thonwand wurden zuerst niedrige Kaden geschüttet, zwischen welche nach deren Austrocknung weiche Baggererde eingebracht wurde. Auch ohne Thonkern widerstanden die Kanaldämme einem Wasserdruck von 1,45 m.²³⁾

Ist nur Sand vorhanden, so muß dem Deiche eine grössere Stärke durch Verbreiterung der Krone oder besser durch flachere Anlage der Böschungen gegeben werden,

²²⁾ Über Güte und Widerstandsfähigkeit von Deichmaterialien. Zeitschr. f. Bauw. 1877, S. 351.

²³⁾ Centralbl. d. Bauverw. 1894, S. 153.

um durch die gröfsere Länge der vom Wasser zu durchziehenden Adern einen gröfseren Widerstand zu erzeugen und das Abrutschen der durchweichten Böschungen zu verhindern. In der Cleve'schen Deichordnung ist z. B. bestimmt, dafs die Aufsenböschung der Sanddeiche 5- bis 6fach, dagegen die der thonigen Deiche (Klaideiche) nur 4fach genommen werde. Die Herstellung eines von der Krone bis in den sandigen Untergrund reichenden Thonkerns, der zur

Verhütung der Abtrennung gleichmäfsig mit dem Sande und in dünnen Lagen eingebracht werden müfste, würde zwar (wie bei Thalsperren oder Stauweihern)

die Durchquellung verhindern, aber die Aufsenböschung nicht vor Beschädigungen (Schölungen) schützen. Der zur Verfügung stehende thonige Boden wird deshalb besser an die Aufsenböschung gebracht, wo er, geschützt durch die Rasenbedeckung, auch dem Wellenschlage kräftiger widersteht (Fig. 22); je nach der Feinheit des Sandes und der Heftigkeit der Angriffe ist die Lage 0,3 bis 1 m stark anzunehmen.

Die Deicherde wird gewöhnlich aus dem Vorlande zwischen der Aufsenberme und dem Uferstreifen aus Gruben gewonnen, deren Tiefe sich nach der Beschaffenheit des Bodens, der Breite des Vorlandes und der späteren Benutzung der Fläche richtet. Entweder werden einzelne tiefere Gruben, zwischen denen Dämme zur Verhütung einer lebhaften Durchströmung verbleiben, ausgegraben, wobei auf eine baldige Ausnutzung dieser nur Rohr (Schilf) erzeugenden Flächen, die erst nach längeren Jahren wieder allmählich durch Verschlickung sich erhöhen, verzichtet wird, — oder es erfolgt die Abgrabung in Rücksicht auf sofortige Wiederbenutzung, indem das höher gelegene Vorland nur bis zur Tiefe von niedrigem Wiesen- und Weideland abgestochen und die obere Humusschicht auf den vorher abgegrabenen Streifen geworfen wird, wodurch keine erheblichen Mehrkosten entstehen und der wertvolle, für den Deich aber nur schädliche Humus erhalten wird.

Aus dem Binnenlande darf die Deicherde nur im Falle der äufsersten Not entnommen werden, da sich die abgegrabenen Flächen dort nicht erhöhen, vielmehr Veranlassung zu vermehrter Qualmwasserbildung geben. Keinesfalls dürfen die Abgrabungen aber in der Nähe des Deiches erfolgen, wo sie in Bezug auf Qualmwasser besonders nachteilig wirken und bei gröfserer Tiefe (gleich den Kolken) ein Versinken des Deiches herbeiführen können.

3. Die Schüttung der Deicherde. Sie erfolgt in dünnen Lagen von 20 bis 40 cm Stärke, die entweder nach aufsen oder von der Mitte nach beiden Seiten abfallen

(Fig. 23 und 24), damit das Regenwasser während der Ausführung ablaufen könne. Zur Verhütung der Durchquellung sind die Lagen auch wohl etwa parallel zur Aufsenböschung geschüttet, um keine Fuge von der Aufsen- nach der Binnenböschung durchgehen zu lassen, doch ist eine so weit getriebene Vor-

Fig. 22. Sanddeich mit Thonschlag.

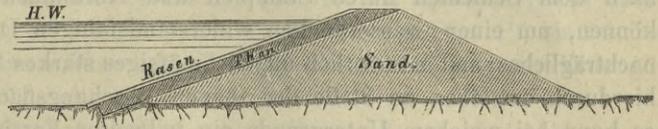


Fig. 23.

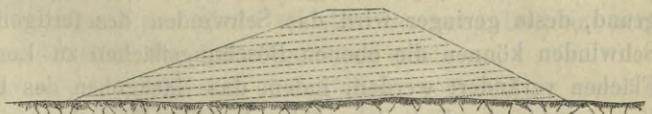
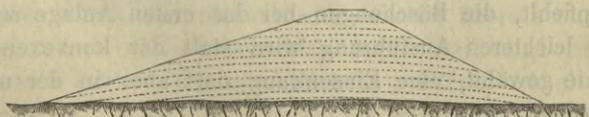


Fig. 24.



sicht betreffs der Neigung der Lagen bei guter Deicherde nicht notwendig, da sich diese vermöge ihrer bedeutenden Kohäsion so verbindet, daß überhaupt keine Schichten entstehen können; eine solche Schüttung ist allerdings vorzuziehen, falls die auf die Außenböschung zu bringende gute Deicherde (Klai) nur in geringer Menge zur Verfügung steht.

Wichtig ist es dagegen, die einzelnen Lagen nur so stark zu nehmen, daß sie nach dem Schichten durch Stampfen und Abrammen gut zusammengeprefst werden können, um einen wasserdichten widerstandsfähigen Deichkörper herzustellen und ein nachträgliches und namentlich ungleichmäßiges starkes Schwinden desselben zu verhüten; hierdurch entstehen an Stelle der ebenen Böschungsf lächen Höhlungen und Buckel und es kann bei weichem Untergrunde ein teilweises Versinken des Deiches erfolgen.

4. Das Schwinden, Setzen oder Sacken des Deiches. Ursachen desselben sind:

- a) Das Nachgeben des Untergrundes, in welchen der Deichkörper einsinkt und zwar am meisten (oft 1 bis 2 m tief) unter der Krone und von dort allmählich nach dem Auslauf der Böschungen abnehmend. Bei einem in der Tiefe schlammigen Boden kann der zusammengeprefste Untergrund sogar in der Nähe des Deiches wellenförmige Auftreibungen des Bodens hervorrufen, die namentlich in der Sohle eines benachbarten tiefen Grabens oder in sonstigen Vertiefungen (Kolken), wo der Gegendruck geringer ist, leicht auftreten. Solche Erhebungen dürfen keinesfalls durch Fortgraben beseitigt werden, weil hierdurch der Gleichgewichtszustand nur von neuem gestört und ein tieferes Versinken des Deiches erfolgen würde.
- b) Die Ausfüllung der zwischen den Erdteilen vorhandenen leeren Zwischenräume.
- c) Der durch Zusammenpressen und Verdunstung herbeigeführte Verlust des in der feuchten Deicherde enthaltenen Wassers. Durch diese Eintrocknung des Profils entstehen, falls die Kohäsion kleiner als die Kontraktion ist, sogar große Risse, die namentlich bei schlechtem Untergrunde gefährlich werden können, sodaß bei diesem nur möglichst trockene Deicherde verwendet und eine neue Lage erst aufgebracht werden darf, nachdem die vorhergehende abgetrocknet ist.
- d) Die Erdteilchen werden durch den Druck selbst zusammengeprefst; nur bei Sandboden ist dies nicht der Fall.

Je dünner die einzelnen Lagen sind, je besser sie abgerammt werden, je langsamer und gleichmäßiger sie übereinander gebracht, also während der Ausführung ausgetrocknet werden, je sandiger und trockener die Deicherde und je fester der Untergrund, desto geringer wird das Schwinden des fertigen Deichkörpers sein. Durch das Schwinden können die ebenen Böschungsf lächen zu konvexen oder konkaven (hohlen) Flächen verändert werden, indem das Nachgeben des Untergrundes eine konkave, die Kompression der Erdteilchen eine konvexe Form hervorruft. In der Regel ist die erstere Ursache vorherrschend, sodaß die alten Deiche gewöhnlich hohl sind, weshalb es sich empfiehlt, die Böschungen bei der ersten Anlage schwach konvex herzustellen; wegen der leichteren Ausführung wird statt der konvexen allerdings gewöhnlich eine gerade Linie gewählt, eine Einsenkung darf aber in der neuen Böschung keinesfalls geduldet werden.

Gewöhnlich genügt bei festem Untergrunde eine Überhöhung der Krone von $\frac{1}{12}$ der Höhe, bei weichem Untergrunde von $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{4}$ der Höhe, um die zu erzielende Höhe während einiger Jahre zu behalten, vergl. die punktierten Linien in Fig. 14 (S. 635). Da der Deich diese Überhöhung bei seiner Vollendung in Rücksicht auf das künftige Schwinden besitzen muß, aber auch schon während der Ausführung eine Zusammenpressung des Untergrundes und der Deicherde erfolgt, so ist der kubische Bedarf an Erde noch größer, nämlich zu 1,1 bis 1,3 des fertigen späteren (nicht überhöhten) Profils zu veranschlagen; bei weichem Untergrunde kann er das $1\frac{1}{2}$ bis 2fache desselben ausmachen. Wegen dieser Unsicherheit erfolgt die Berechnung der Erde gewöhnlich im Abtrage.

Bei der Absteckung des Deiches wird die Überhöhung, da die Deichhöhe nach der Höhenlage des Bodens verschieden ist, auch eine ungleiche sein. Da ferner das Sackmaß nach den Untergrundverhältnissen verschieden sein muß, so können sich erhebliche Unterschiede bei den einzelnen, in etwa 100 m Entfernung abzusteckenden Profilen ergeben. Die Basis des Deiches wird dagegen nach der späteren Deichhöhe festgestellt, sodafs der Deich während und unmittelbar nach der Aufführung steilere Böschungen als in seinem endgiltigen, dem Entwurfe entsprechenden Zustande erhält.

5. Das Zusammenpressen der einzelnen Lagen erfolgt gewöhnlich durch Stampfen und Abrammen, was mit großen zweimännigen Rammen geschehen muß. Es ist jedoch vorzuziehen, die Deicherde mit Wagen durch Pferde oder Ochsen anzufahren, wie dies früher, als die Grundbesitzer selbst die Deiche herstellten, in der Regel geschah. Jetzt wird die Erde gewöhnlich mittels Handkarren oder bei größerer Entfernung mittels Handwagen auf Bohlen, auch wohl durch Lokomotiven herangeschafft, sodafs das Stampfen und Rammen die Regel bildet. Nur bei sehr zähem Klauboden mit hohem Thongehalte und mehr als 7% linearem Schwindmaß ist eine Dichtung durch Pferde, welche die fertige Lage begehen müssen, unbedingt vorzuziehen. Zu diesem „Reiten“ der Deiche sind aber kräftige Tiere erforderlich und es macht meist Schwierigkeiten, sie für diesen Zweck mietweise zu erhalten. Besteht die Deicherde aus Sand, so ist Stampfen allein vollkommen ausreichend.

6. Zeit der Ausführung. Bei der Herstellung eines neuen Deiches ist es notwendig, die Arbeiten schon im Frühjahr in sehr kräftiger Weise zu beginnen und die Lagen möglichst gleichmäßig auf der ganzen Deichlinie zu schütten, damit bei eintretendem Sommerhochwasser nicht etwa eine heftige Durchströmung an einer einzelnen niedrigeren Stelle, vielmehr eine gleichmäßige Sicherung der Grundstücke erfolge. Allerdings vertrocknet dann ein Teil des von der Deichfläche gewonnenen Rasens leicht; falls daher anderer Rasen zu kostspielig ist, kann es den Vorzug verdienen, kurze Strecken des Deiches ganz fertig zu stellen und sie sofort zu berasen. Je frühzeitiger der Deich vor dem Winter vollendet wird, um so größer ist die Sicherheit, daß er sich fest ablagere und den Angriffen des Hochwassers gewachsen sei. Die Berasung darf, um noch vor dem Winter anzuwachsen, nicht später als Mitte September erfolgen.

Ist die Arbeit zu umfangreich, um während eines Jahres vollendet zu werden, so ist entweder ein Teil des Deiches in voller Höhe mit Berasung fertig zu stellen und am Ende mit flacher Böschung in das Gelände überzuführen, wobei eine offene Eindeichung entsteht, die Niederung also durch das rückstauende Wasser überschwemmt und die unbegrünte Binnenböschung durch den Wellenschlag leicht beschädigt wird; oder es ist der Deich in seiner ganzen Erstreckung allmählich zu erhöhen, wobei der fertige Teil der Außenböschung stets sofort berast wird. Hierdurch erhält die Niederung

schon frühzeitiger einen teilweisen Schutz, doch ist bei überströmendem Winterwasser ein größerer Verlust an Deicherde zu befürchten. Gewöhnlich wird sich die letztere Ausführung empfehlen.

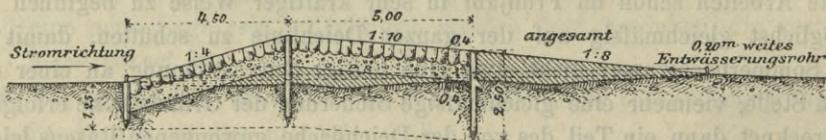
Bei der Zurücklegung eines Hauptdeiches wird zweckmässig das beim linksseitigen Weichseldeiche oberhalb des neuen Nehrungsdurchstichs beobachtete Verfahren angewendet. Hier wurde der neue Deich vorläufig in geringerer Höhe und Stärke derart geschüttet, dass die Außenböschung später beibehalten werden konnte. Der Boden wurde aus den zu hoch aufgelandeten Aufsendeichländereien auf etwa 6 km Entfernung durch Lokomotivzüge herangeschafft. Nachdem die Außenböschung eine gewisse Festigkeit erlangt hatte und begrünt war, wurde im Frühjahr 1894 das Abtragen des alten Deiches, der etwa 500 m vor den neuen lag, kräftig begonnen und bis zum Herbst vollendet. Zunächst wurde das normale Deichprofil (Fig. 25) hergestellt; mit dem Rest des Bodens wurde eine gröfsere Anzahl breiter, ganz flach geböschter Querdämme auf dem sehr niedrigen Vorlande geschüttet. Diese in der Krone 10 bis 30 m breiten Querdämme bilden Rippen für das normale Vorland; die zwischen ihnen belegenen tiefen Bodenflächen sind zur Herbeiführung einer beschleunigten Verlandung mit Weiden bepflanzt.

Fig. 25. Normaler Querschnitt des Weichseldeiches Gemlitz-Schmerblock.



Auf dem Vorlande des neuen Weichseldurchstichs sind wegen der dort zu erwartenden heftigen Strömung gepflasterte Querdämme zwischen Deich und Durchstich zur Ausführung gebracht (Fig. 26).

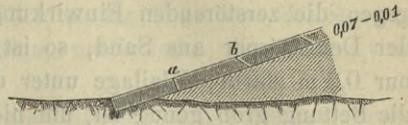
Fig. 26. Gepflasterter Querdamm des Durchstich-Vorlandes.



§ 14. Die Sicherung der Deichfläche. Die Sicherung des Deiches gegen Angriffe durch Regen, Wellenschlag, Strömung, Eisgang, Wind u. s. w. geschieht in der Regel durch Rasen. Er wird bei den Winterdeichen auf der Außenböschung durch Deckrasen, auf Krone und Binnenböschung mittels Besamung, dagegen bei den Überlauf- und Sommerdeichen sofort auf der ganzen Oberfläche durch Deckrasen gebildet. Auf die Herstellung und Erhaltung der Rasendecke ist die grösste Sorgfalt zu verwenden. Die Rasen werden 25 bis 30 cm quadratisch, 7 bis 10 cm stark, am besten von Viehweiden, wo sie dichter und fester als auf Wiesen sind, gestochen; feuchte Rasen werden kurze Zeit in Haufen abgelagert, damit sie etwas austrocknen und nicht später an der Böschung schwinden und Fugen bilden, doch darf die Vegetationsfähigkeit darunter nicht leiden.

Die Rasen sind auf die vorher abgerammte und genau geebnete Fläche mit dicht schließenden Fugen im Verband zu verlegen. Man beginnt am Fuß der Böschung, indem zunächst ein sogenannter Keilspitt aus dem Boden gestochen wird, in welchen die unterste Lage eingreift (Fig. 27). Jede folgende Reihe wird erst verlegt, nachdem die vorhergehende, soweit als nötig, sauber abgestochen ist. Sodann wird die beraste Fläche von den kleinen Abfallstücken gereinigt, mit schweren Rasenschlägern festgeschlagen, um die Rasen dicht an die unteren Flächen und ineinander zu pressen und endlich mit feiner trockener Erde, welche Schutz vor den Sonnenstrahlen gewährt und bei Regen etwaige feine Fugen ausfüllt, überstreut. An Stelle des Festschlagens ist bei sehr flachen Deichen (namentlich bei Seedeichen) und trockenem Wetter ein Überfahren der fertigen Rasendecke mit leeren Wagen, jedoch bei stets wechselnder Spur, zu empfehlen.

Fig. 27.



Die Rasen werden wohl statt mit rechteckigen mit schrägen Kanten gestochen, s. obige Figur bei *a* bzw. *b*, sie überdecken sich dann ein wenig (nach Art der gemesserten Bohlen) und es werden selbst nach dem Austrocknen keine Fugen sichtbar. Hierdurch leidet aber die Widerstandsfähigkeit der Kanten, auch sind die Fehler bei nachlässiger Ausführung schwerer zu erkennen, sodafs rechteckige Kanten und eine vorherige kurze Austrocknung vorzuziehen sind. Die abzurassende Fläche ist infolge von Bruch und sonstigen Verlusten 5 bis 10% größer als die zu bedeckende Fläche, die bei Verdingung der Arbeiten zu Grunde zu legen ist. — Besamungen müssen auf einer Lage von fruchtbarem Boden frühzeitig genug erfolgen, um die Begrünung noch vor dem Winter zu erzielen. — Ist ein neuer Deich in so später Jahreszeit vollendet, daß ein sicheres Anwachsen des Rasens nicht zu erwarten ist, so wird auch wohl die ganze Außenböschung der dem Wellenschlage oder dem Eisgange ausgesetzten Strecken vor dem Winter mit einer dichtschießenden Buschlage bedeckt, die vor dem Beginn der Vegetation wieder abzunehmen ist, damit der Rasen nicht ersticke. Auch eine Strohbestückung würde in solchem Falle bei fetter Erde am Platze sein, doch finden sich im Binnenlande nur selten Arbeiter, die sich auf die Anfertigung dieser für die Seedeiche sehr wichtigen Schutzdecke verstehen. Ältere steile Deiche werden in derselben Weise behandelt.

An gefährdeten Deichstrecken, z. B. am unteren Teile der Schaardeiche, werden mitunter Faschinenbespreitungen (Rauhwehre) zur Ausführung gebracht, sie haben aber den Nachteil, daß die unter ihnen entstehenden Auskolkungen erst bemerkt werden, nachdem sie eine gefährliche Ausdehnung angenommen haben.

Steinpflaster kommt an Stelle des Rasenbelags nur auf der Außenböschung solcher Deichstrecken vor, welche

1. einer sehr starken Strömung (bei Gebirgsflüssen, auch Schaardeichen) oder einem heftigen Eisgang ausgesetzt sind (Deichecken, Flügeldeichen),
2. wegen ungenügenden Vorlandes in steiler Böschung angelegt,
3. aus Sand ohne oder mit ungenügender Klaidecke an größeren Flüssen ausgeführt werden müssen.

Das Pflaster wird aus natürlichen Steinen in 20 bis 40 cm Stärke, auf einer 15 bis 30 cm starken Unterbettung von grobem Kies oder Steinschlag (aus Ziegeln oder natürlichen Steinen) hergestellt. Sowohl der Kostenersparung wegen, als auch zur Er-

zielung einer festeren Lage der einzeln übereinander liegenden Steine werden solche Böschungen nur mit $1\frac{1}{2}$ - bis 2facher, ja selbst zuweilen (z. B. an der Elbe oberhalb Hamburg) nur mit $\frac{1}{2}$ - bis 1facher Anlage ausgeführt. Je steiler die Böschung, um so stärker müssen die zu verwendenden Steine sein, um denselben Grad der Sicherheit gegen die zerstörenden Einwirkungen des Eises und der Wellen zu erzielen. Besteht der Deichkörper aus Sand, so ist zur Verhütung von Ausspülungen eine, wenn auch nur 0,2 m starke, Klailage unter der Bettung zweckmässig. Sehr wichtig ist es, daß die Bettung grob genug ist, um nicht durch Strömung und Wellenschlag aus den Fugen der Steine gespült zu werden, welche dann versacken und fortgerissen werden. Diese Gefahr wird verhütet, falls die Steine in hydraulischem Mörtel oder, sofern grössere Fugen bei weniger dicht schliessenden Steinen sich bilden, in einem Kiesbeton versetzt werden; in Frankreich ist diese Ausführung bei gefährdeten Deichen allgemein üblich.

Über die Sicherung gefährdeter Deichstrecken ist auch der § 28 zu vergleichen.

§ 15. Unterhaltung der Flufsdeiche. Die Unterhaltung der Flufsdeiche richtet sich hauptsächlich auf die Erzielung einer widerstandsfähigen Rasendecke. Diese ist wenigstens zweimal jährlich von Unkraut, namentlich von Disteln, welche die feste Graswurzelung beeinträchtigen, zu reinigen. Aus gleichem Grunde dürfen Bäume, Hecken oder Gesträuche nicht am Deiche selbst oder in seiner unmittelbaren Nähe geduldet werden. Der Tropfenfall schadet dem Rasen, die Beschattung ist dem Austrocknen hinderlich, es werden Tiere durch die Wurzeln angelockt, auch kann der Deichkörper bei heftigem Winde durch die sich verzweigenden Wurzeln der grossen Bäume leiden und diese können bei der Deichverteidigung, falls Quellen entstanden sind, hinderlich werden. Nur einige Meter vom Fusse der Aufsenböschung sind Bäume oder Weiden an solchen Strecken, wo heftiger Eisgang auftritt, zweckmässig.²⁴⁾

Krone und Böschung werden, falls die Binnenböschung nicht steiler als $1\frac{1}{2}$ fach angelegt ist, am besten beweidet, da der Rasen hierdurch dichter und widerstandsfähiger wird als beim Abmähen; auch werden die Maulwurfslöcher zugetreten. Die Beweidung darf jedoch, damit sich der Rasen vor dem Winter erhole, nur bis Ende September erfolgen. Bei neu hergestellten Deichen, sowie bei alten Deichen nach längerem Regen, dürfen nur Kälber und Schafe zugelassen werden, nicht aber Pferde und älteres Hornvieh, welche den weichen Rasen leicht zertreten; namentlich sind Pferde dann unbedingt auszuschliessen. Schweine und Federvieh dürfen niemals am Deiche geduldet werden.

Die durch das Schwinden der Deicherde bei grosser Wärme, Frost oder Wind entstandenen grösseren Risse müssen, um das Eindringen des Regenwassers zu verhindern, aufgegraben und mit feiner trockener Erde sorgfältig zugestampft werden. In gleicher Weise werden auch die beim Hochwasser hervorgetretenen Leckstellen und Maulwurfslöcher behandelt. Maulwurfshügel sind zu schlichten; für Vertreibung der Maulwürfe und Mäuse ist ein häufiges Überwalzen der Aufsenböschung mit einer schweren, durch Pferde gezogenen gusseisernen Rasenwalze, welche die Löcher zusammenpreßt, zu empfehlen. Das beim Hochwasser angeschwemmte Treibzeug (Teck oder Feck wohl genannt), bestehend aus Gräsern, Hölzern und anderen schwimmenden Körpern, muß

²⁴⁾ v. Binzer. Über den Baumwuchs auf den Vorländern der Deiche. Deutsche Bauz. 1890, S. 366. Entgegnung von Fischer S. 627. Auf Grund der an der Elbe gemachten Erfahrungen tritt v. Binzer hier für die Bepflanzung der Deiche und Vorländer ein. Nach langer allgemeiner Erfahrung ist jedoch jede Bepflanzung des Deichkörpers nachteilig, Bäume auf dem Vorlande längs des Deiches gewähren ihm aber Schutz.

alsbald fortgeräumt werden, damit es nicht verfaule und dem Rasen schade. Beim Hochwasser entstandene Löcher sind, soweit sie nicht ihrer Größe wegen sofort beseitigt werden müssen, durch Einbringen guter Erde auszufüllen, nachdem die alte Erde zur Erzielung einer innigen Verbindung umgegraben worden, und zu berasen.

Das Betreten der Böschungen, welches namentlich in der Nähe von Häusern zu umfangreichen Beschädigungen Veranlassung geben kann, muß durch die Anlage von Treppen oder kleinen Rampen verhütet werden.

Wird die Deichkrone nicht in Rasen, sondern als Fahrweg unterhalten, so muß ein wiederholtes Schlichten der Spuren und Ablassen des Regenwassers und in längeren Zwischenräumen eine Erhöhung der niedergetretenen Kanten durch Kantrasen, sowie eine Ergänzung der Sand- oder Kiesdecke erfolgen.

Außer diesen kleineren Unterhaltungsarbeiten tritt bei älteren Deichen von Zeit zu Zeit die Notwendigkeit hervor, Deichverstärkungen vorzunehmen, deren Ursache im gesteigerten Hochwasser, im Schwinden des alten Deiches und in den mit der Zeit zunehmenden Ansprüchen auf größere Deichsicherheit zu suchen ist. Bei solcher Verstärkung soll meist die Deichkrone erhöht und verbreitert, sowie die Außenböschung flacher angelegt werden, stets unter Benutzung des alten Deichkörpers und Gewinnung der Erde im Vorlande. Die Verstärkung erfolgt dann gewöhnlich unter Beibehaltung der alten Binnenböschung, indem die Außenböschung abgerast, umgegraben, profilmäßig in dünnen Lagen erhöht und wieder berast wird. Nur wenn es an Vorland fehlt oder die Deicherde im Binnenlande entnommen werden muß, ist eine Binnenverstärkung gerechtfertigt, bei der aber die alte Binnenböschung sehr sorgfältig vom Rasen zu befreien, abzutreten und durch Schüttung von dünnen, stark zu rammenden Lagen mit der neuen Deicherde zu verbinden ist. Diese trennt sich bei dem ferneren Schwinden leicht vom alten, fest abgelagerten Deichkörper und es tritt dann die Gefahr ein, daß das Wasser in die Fuge dringt und ein Abrutschen der neuen Deicherde erfolgt und zwar um so leichter, je kleiner deren Masse ist. Anstärkungen sind deshalb thunlichst nur an der Außenseite vorzunehmen.

Auch Häuser sollten, falls nicht etwa die Deichkrone so bedeutende Breite und Höhe im Vergleich zu den benachbarten Strecken besitzt, daß die Gefahr einer Durchquellung, einer Überströmung oder eines Bruches daselbst ausgeschlossen ist, weder an der Deichkrone noch unmittelbar an oder in der Binnenböschung geduldet werden, da sie der Deichverteidigung hinderlich sind. In den meisten Deichordnungen wird auf die allmähliche Beseitigung der alten Häuser durch das Verbot, Umbauten oder größere Arbeiten an ihnen vorzunehmen, hingewirkt.

Wichtig ist es vor allem, daß das Vorland genügende Breite behalte, der Strom sich dem Deiche nicht so nähere, daß er zum Schaardeiche werde; Flußregulierungsbauten (Buhnen, Parallelwerke, Uferdeckwerke) sind in solchen Fällen die geeigneten Schutzmittel. Ferner ist darauf hinzuwirken, daß sich das Vorland gleichmäßig ohne tiefere Rinnsale ausbildet, die zu Stromspaltungen Veranlassung geben. Am erwünschtesten ist es, wenn das Vorland vom Ufer zum Deiche gleichmäßig ansteigt. Durch Schließung der tieferen, Abgrabung der zu hohen Uferborde, Anpflanzung von Weiden auf den zu niedrigen Teilen des Vorlandes, Abdämmung der vorhandenen Schlenken u. s. w. ist das Ziel zu erreichen. Namentlich muß alles vermieden werden, wodurch die Vorländer zu sehr auflanden; Weiden und Holzbestände wirken deshalb ungünstig, sobald das Vorland so hoch aufgelandet ist, um als Wiese oder Weide genutzt zu werden (vergl. § 11 und § 18, 4).

§ 16. Die Deichverteidigung. Unter der Deichverteidigung (Deichdefension)²⁵⁾ versteht man die während der Hochwasserzeit für die Sicherheit des Deiches zu treffenden Maßnahmen und Arbeiten. Dieselbe beginnt, sobald das Hochwasser bis etwa zur halben Höhe des Deiches angeschwollen und nach den aus den oberen Teilen des Flusses vorliegenden telegraphischen Nachrichten ein weiteres Ansteigen zu befürchten ist. Es treten alsdann die Deichwachen, welche den Deich während Tag und Nacht in regelmäßigen Zwischenräumen zu begehen und die erforderlichen Arbeiten zu verrichten haben, in Thätigkeit und die notwendigsten Materialien werden an den Deich geschafft oder an geeigneten Punkten, namentlich bei den Deichwachthäusern, in dessen Nähe abgelagert.

Die Verteidigung umfaßt hauptsächlich die folgenden Arbeiten:

1. Gegen den Wellenschlag werden auf der Außenböschung, jedoch nur an denjenigen Deichstrecken, welche vor dem Winde liegen, in Höhe des zeitigen Wasser- spiegels Faschinen durch schräg eingeschlagene Bühnenpfähle (am besten Hakenpfähle)

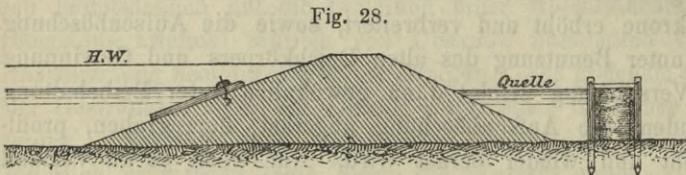


Fig. 28.

mit oder ohne Würste befestigt, um den Rasen vor dem Stofs der brandenden Welle zu schützen und Beschädigungen (Schölungen, Schöllöcher) zu vermeiden (Fig. 28,

links); mit steigendem oder fallendem Wasser werden die Faschinen höher oder tiefer verlegt. An Stelle der Faschinen, welche bei heftigem Winde einer sehr sicheren Befestigung bedürfen, werden zweckmäßiger aus Weidenruten geflochtene, 4 bis 6 m lange, 0,6 bis 1,5 m breite Hürden verwandt, die während der Sommerzeit zur Begrenzung der Weideflächen wieder benutzt werden können und am Deich mit Pfählen befestigt werden.

Auch eine 10 cm starke Lage Schüttstroh, durch Strohseile oder Würste in etwa 0,6 m Entfernung befestigt, auf welche bei weiterem Steigen des Wassers eine zweite Lage mit 0,5 m Überdeckung gebracht wird, sowie durch Pfähle befestigte Strohecken leisten denselben Dienst. Alle diese Bedeckungen reichen wenigstens 0,3 m unter den zeitigen Wasserspiegel; vor ihrem Aufbringen müssen etwaige Löcher mit Dünger, Stroh, thoniger Erde oder mit Sand gefüllten Säcken ausgefüllt werden.

Hat die Außenböschung eine erhebliche, im weiteren Verlauf Gefahr bringende Beschädigung erlitten, so wird sie, wenn möglich, durch eine starke Spreutlage von Faschinen, die durch Sandsäcke oder auch durch Würste mit Pfählen gegen Auftreiben beschwert und befestigt wird, vor weiterem Abbruch gesichert. Auch Schiffssegel, durch Sandsäcke beschwert, können im Notfall Schutz gewähren. Ferner kann durch Senkfaschinen oder durch Sandsäcke eine Ausfüllung des großen Schölloches erfolgen.

2. Die Stopfung von gröfseren an der Binnenböschung hervorbrechenden Quellen, welche durch ungeeignete Deicherde und durch Maulwurfsgänge veranlaßt werden, muß möglichst an der Außenböschung erfolgen; kleinere Quellen mit klarem, keine Erdteilchen führenden Wasser, dessen Menge nicht zunimmt, sind ungefährlich.

²⁵⁾ Vergl. Rust. Das Deichwesen der unteren Elbe; ferner Mitteilungen von Tolle. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover, Bd. IX; desgl. von Hübbe, daselbst Bd. X und Loges. Über Deichdefensions-Einrichtungen an der Ober-Elbe. Notizbl. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover, Bd. I.

Ist der Anfang der Quelle mit Hilfe einer auf der Außenböschung hin- und hergeschobenen Stange zu erkennen, an der ein Strohwichs befestigt ist, während die Ausflufsöffnung an der Binnenseite beobachtet wird, oder an dem auf der Oberfläche des Wassers sich bildenden Trichter, so wird sie mit einem Sandsacke bedeckt. Ist dies nicht möglich, so wird derjenige Teil der Außenböschung, in welchem die Quelle mutmafslich den Anfang nimmt, mit Pfählen und Brettern begrenzt und innerhalb derselben Mist oder thoniger Boden eingebracht, oder es wird auch eine gröfsere Fläche der Außenböschung mit Sandsäcken bedeckt. Führt auch dies nicht zum Ziel, weil die Quelle von einem entfernteren unbekanntem Punkte der Außenböschung ausgeht, so mufs an der Binnenseite ein provisorischer Fangdamm (Quellkade, s. Fig. 28, rechts), dessen Höhe durch die Höhenlage der Quelle bestimmt wird, hergerichtet werden; er besteht aus zwei Holzwänden mit Erdfüllung oder aus Sandsäcken und soll das aus der Quelle hervortretende Wasser anstauen und eine weitere Durchströmung verhüten, die namentlich dann gefährlich ist, falls das hervorquellende Wasser von Erdteilchen stark getrübt erscheint. Um das Auswerfen der Erde zu mäfsigen, kann die Quellstelle auch mit Faschinen oder Mist bedeckt und durch schwere Gegenstände, z. B. Balken, belastet werden.

Liegt die Quelle nahe der Kappe, so kann ein Abrammen des Deiches oder auch ein vorsichtiges Aufgraben desselben nebst Ausstampfen der Quelle unmittelbar zum Ziel führen. Werden Durchquellungen durch eine Lage schlechter Deicherde herbeigeführt, so kann durch Überschütten jener Lage an der Außenböschung mit Mist, guter Erde, Rasen, Sandsäcken geholfen werden; Arbeiten an der Binnenböschung sind fehlerhaft. — Nach beendigtem Hochwasser sind Strecken, in denen gefährliche Durchlaufstellen beobachtet wurden, von der Kappe aus tief aufzugraben und mit guter thoniger Erde auszustampfen, um die vorhandenen Röhren oder Sickerschichten abzuschneiden.

3. Um den Überlauf des Wassers und den Übersturz des Eises bei einer Eisstopfung zu verhindern, werden Aufkadungen (Aufkastungen) auf der Deichkappe und zwar oberhalb des Eisdammes, soweit der Wasserspiegel aufgestaut ist, in Eile hergestellt. Es kommt hierbei gewöhnlich weniger darauf an, die Kade bis zu derjenigen Höhe aufzuführen, die das Wasser infolge der Eisstopfung überhaupt erreichen kann, als die Anstrengung des in gleicher Weise bedrohten, gegenüberliegenden Nachbars zu überbieten, dessen den Durchbruch begleitendes Notgeschrei das Zeichen für das Aufhören der eigenen Gefahr ist.

Fig. 29.

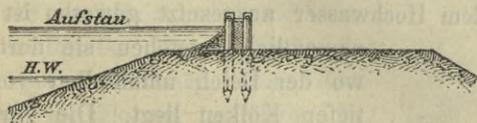
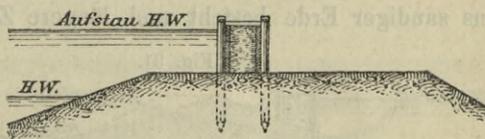


Fig. 30.



Die Aufkadung erfolgt selten in gröfserer Höhe als 0,6 bis 1 m und mit denjenigen Baustoffen, die am schleunigsten herbeizuschaffen sind: zwei Bretter (oder ein einziges breites) werden etwa 0,3 m von der Aufsenkante auf der Deichkappe übereinander aufgestellt, durch je zwei mit Bindeweiden untereinander befestigte, in etwa 1,5 m Entfernung eingetriebene Pfähle gehalten und nach der Aufsenseite durch Mist, gute Erde oder Sandsäcke gedichtet. Sicherer ist es, zwei Reihen Bretter in etwa 0,6 m Entfernung aufzustellen und den Zwischenraum mit Mist oder Erde auszufüllen, vergl. Fig. 29 und 30. Es kann alsdann bei weiterem Steigen auf der ersten Aufkadung

eine zweite einfache Aufkadung aufgebaut werden, deren Pfähle aber bis in den Deichkörper reichen müssen.

Auch Bauhölzer können statt der Bretter, und Steine, falls der Deich stark gefroren ist, statt der dann nur mit großem Zeitverlust einzutreibenden Pfähle verwandt werden. Oder man benutzt Faschinen, namentlich gut belaubte Weiden- oder frische, mit Nadeln versehene Kiefernfaschinen, welche entweder in Bündeln oder besser, nachdem 30 cm starke Würste von ihnen gefertigt sind, übereinander durch je zwei schräg eingeschlagene Pfähle befestigt und binnenseits durch Erde gedichtet werden. Im Notfalle und bei geringerer Höhe werden auch Sandsäcke, Mist, Rasen oder gute Erde allein zu kleinen Abdämmungen verwandt und die letzteren Materialien äußerstenfalls selbst von der Binnenseite der Deichkappe abgegraben. — Um stark gefährdete Deichstellen gegen Beschädigungen durch den Eisgang zu schützen, werden wohl Eisbalken zur Hochwasserzeit eingerammt, vorzuziehen ist jedoch eine vorherige dauerhafte Pflasterung.

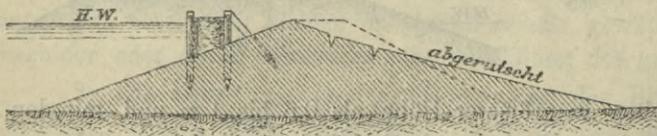
Soll eine vorübergehende, nicht zu hohe Aufhöhung auf einer befestigten Straße eilig geschaffen werden, so sind hierzu Sandsäcke, in mehreren Lagen übereinander gelegt, besonders geeignet, da eine Beschädigung der Straße vermieden wird.

Es kommt auch vor, daß die Häuser einer Stadt an der Außenböschung des Deiches erbaut sind und die als Straße benutzte Deichkrone keine wasserfreie Höhe besitzt, sodaß die Hochfluten an den Häusern gekehrt werden müssen. Die Thüröffnungen, sowie die Gänge zwischen den Häusern sind dann mit Abschützvorrichtungen zu versehen, d. h. mit Falzen, in welche Bohlen oder Balken geschoben werden, die man dann durch Mist oder gute Erde noch dichtet. Unter anderem befindet sich die Stadt Schnackenburg an der Elbe in einer solchen Lage. Sind die Häuser auf der Binnenböschung erbaut und besitzt der Fahrdamm (Deichkrone) nicht genügende Höhe, so erfolgt das Kehren des Hochwassers bei größerer Höhe nicht auf dem Fahrdamm, sondern durch Abschütten an den Hauseingängen. Dies geschah z. B. früher, ehe noch die Schutzschleuse erbaut war, in Emden.²⁶⁾

4. Falls Absackungen der Außenböschung an einem Schaardeiche eintreten, nachdem der Deichfuß durch heftige Strömung oder Eis unterwaschen ist, ist ein Deichfuß vorübergehend durch Einwerfen von Senkfaschinen zu bilden, die statt mit Steinen auch mit schweren, guten Rasen gefüllt werden können.

5. Absackungen der Binnenböschung kommen vor, falls der Deichkörper aus sandiger Erde besteht und längere Zeit dem Hochwasser ausgesetzt gewesen ist;

Fig. 31.



namentlich entstehen sie dort, wo der Deich unmittelbar vor tiefen Kolken liegt. Die Verstärkung des Deiches wird dann durch einen auf der Außenböschung herzustellenden Fangdamm bewirkt (Fig. 31), der den geschwächten oberen Teil des Deiches entlastet und am besten aus zwei mit Erde oder Mist gefüllten Holzwänden oder auch im Notfall aus Sandsäcken besteht. Es wäre fehlerhaft, auf einer vom Wasser durchweichten und dem Abrutschen nahen Binnenböschung Arbeiten irgend welcher Art vorzunehmen,

²⁶⁾ Sicherung der Stadt Emden gegen Sturmfluten. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover, Bd. IV.

namentlich falls solche mit dem Einrammen von Pfählen verbunden sind, weil hierdurch nur eine weitere Lockerung der Erde herbeigeführt würde.²⁷⁾

6. Liegt der Deich auf weichem, namentlich moorigem Untergrunde, so zeigen sich auch wohl Längsrisse an der Binnenböschung, dadurch herbeigeführt, daß einzelne Teile des Deiches sich nachträglich stärker setzen und von dem übrigen Deichkörper loslösen; gleichzeitig hebt sich die Binnenberme in einiger Entfernung vom Deiche. Durch starkes Belasten dieser sich hebenden Flächen mit Sandsäcken oder anderen schweren Körpern ist alsdann ein Gegengewicht zu bilden; nach Verlauf des Hochwassers sind solche gefährlichen Strecken durch Erhöhung der Binnenberme zu verstärken.

7. Ein Herauspressen des weichen Untergrundes durch den starken Wasserdruck ist nur zu befürchten, falls sich in der Nähe der Binnenberme grössere Vertiefungen befinden, welche nicht durch einen Kuverdeich besonders umgrenzt sind. Durch rasche Errichtung eines Fangdammes (Quellkade) an Stelle jenes fehlenden Kuverdeiches, durch welchen das Wasser binnen angestaut, also ein Gegendruck hervorgerufen wird, ist die Gefahr zu bekämpfen. Sie kann sehr groß sein, weil der durch den Wasserdruck in Bewegung gesetzte, fortgeschobene oder fortgespülte weiche Untergrund einen plötzlichen Zusammenbruch des Deiches auf grössere Länge zur Folge hat, und an solchen Stellen durch die einbrechende Strömung sofort eine grössere Tiefe im weichen Untergrunde ausgespült wird.

§ 17. Deichbrüche und ihre Schliessung.²⁸⁾ Bei erfolgtem oder mit Sicherheit zu erwartenden Deichbruche werden Alarmzeichen zur Rettung der Bewohner und zur weiteren Hilfeleistung gegeben. Die Enden des durchbrochenen Deiches müssen durch Senklagen aus Faschinen, durch Senkfaschinen oder durch große Sandsäcke möglichst rasch befestigt werden, um den Bruch auf eine kurze Länge einzuschränken; auch bei einer Kappstürzung, d. h. falls die Kappe durch Überlauf oder heftigen Wellenschlag fortgerissen ist, muß in gleicher Weise verfahren werden.

Den Durchbruch nennt man Strombruch, falls auch das gefallene Wasser des Flusses in das Binnenland strömt, also das Vorland durchbrochen ist, Grundbruch,

falls das Vorland zwischen Fluß und Deich erhalten, dagegen die Deichbasis oder der Untergrund ausgerissen ist (Fig. 32 u. 33), gewöhnlichen Deichbruch, falls die Deichbasis nicht beschädigt ist. Ist nur die Deichkappe fortgerissen, ohne daß der Deichkörper grössere Beschädigungen erlitten hat, so ist

eine Kappstürzung entstanden; ein Überlauf des Wassers hat dann überhaupt nicht oder nur während kurzer Zeit stattgefunden. Die Kappstürzungen sind deshalb nur als Beschädigungen der Deichkappe anzusehen, und können zu den eigentlichen Deichbrüchen nicht gerechnet werden. Der Grundbruch kommt am häufigsten vor; die bei

Fig. 32.

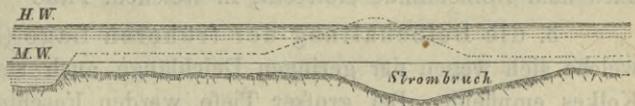
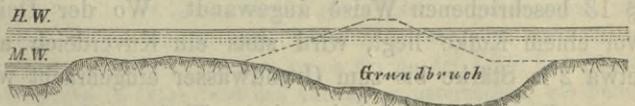


Fig. 33.



²⁷⁾ Vergl. auch die Erscheinungen bei dem Bruche des Reservoirdammes oberhalb Sheffield. Mitteilungen von Schönfelder in der Zeitschr. f. Bauw. Bd. XV.

²⁸⁾ Zur Schliessung von Deichbrüchen. Deutsche Bauz. 1883, S. 181. — Verteidigung der Hauptdeiche. Politecnico 1883, S. 236. — Sicherung der Hochwasserdämme gegen Grundbrüche. Deutsche Bauz. 1884, S. 359.

der heftigen Durchströmung gebildete Vertiefung (Brack oder Kolk) erstreckt sich weniger nach dem Vorlande als nach dem Binnenlande zu und zeigt oft Tiefen von 10 bis 20 m.

Bei der Wiederherstellung des Deiches nach einem Strom- oder einem Grundbruche, welche bei guter Deichverteidigung in der Regel durch länger andauernden Überlauf des Deiches hervorgerufen werden, sind drei Anordnungen möglich:

1. Die Auslage (Fig. 34), bei welcher der Kolk an der Binnenseite verbleibt; es ist dies wegen der geringen Länge des neuen Deiches die billigste, aber mit dauernden Gefahren verknüpfte Lage, welche in der neueren Zeit selten gestattet wird. Der neue vorspringende Deich wird hierbei den Wellen, dem Eisgang und der Strömung stark ausgesetzt und dicht hinter ihm verbleibt der tiefe Kolk, welcher für alle Zeiten der Nutzung entzogen wird und Veranlassung zu vermehrtem Quellwasser und zu Abrutschungen der Binnenberme giebt. Durch Anlage eines besonderen Kuverdeiches lassen sich die letzteren Übelstände allerdings einschränken. Früher bildete die Auslage die gewöhnliche Herstellung.

Fig. 34.

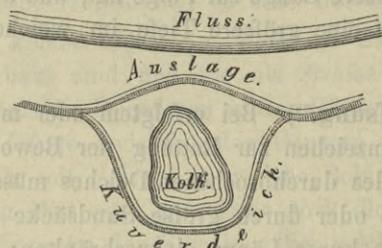
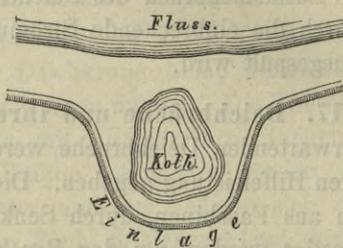


Fig. 35.



2. Die Einlage (Fig. 35), bei welcher der Kolk außenseichs verbleibt, sodass er im Laufe der Zeit verschlickt kann; der neue Deich muss dann allerdings eine große Länge erhalten, sodass die Anordnung zwar die beste, aber auch die kostspieligste ist; sie wird nur dann nicht zur Ausführung gebracht, falls sich der Kolk übermächtig nach dem Binnenlande erstreckt, in welchem Falle

3. die Beibehaltung der früheren Lage (Durchdeichung) vorzuziehen ist, welche sich wegen der geringen Deichlänge auch stets bei nicht zu großer Tiefe des Kolkes empfiehlt. Bei großer Tiefe werden Faschinen-Sperrdämme (aus Sinkstücken oder im Packwerkbau hergestellt) zur Begrenzung der unteren Erdschichten in der im § 13 beschriebenen Weise angewandt. Wo der Deich auf triebsandigem Boden und vor einem Kolke liegt, wird stets ein Kuverdeich ausgeführt und ein Thonkern von etwa 2 m Stärke bis zum Grundwasser eingebracht werden müssen.

Der Kolk wird bei geringer Tiefe am besten ganz ausgefüllt und über ihm die alte Deichlinie gebildet. Diese Ausfüllung ist namentlich zu empfehlen, falls der aus ihm fortgespülte unfruchtbare Sand in der Nähe liegen geblieben ist und beseitigt werden muss, um nicht durch ein Verwehen größere Flächen des Grundstücks, besonders einer Weide, dauernd zu entwerten. Allerdings dringt das Kuverwasser durch einen mit Triebsand ausgefüllten Kolk leicht ein und kann die Anlage eines Kuverdeiches notwendig machen.

Die Wiederherstellung des Deiches beginnt gewöhnlich erst, nachdem das Vorland wasserfrei und also zur Gewinnung von Deicherde geeignet ist, doch können vor-

übergehende Abdämmungen, namentlich die Schließung des Durchbruchs bei einem Strombruche, auch schon früher notwendig werden, um das Eindringen des Wassers in das Binnenland zu unterbrechen. Sofern die vorhandenen Siele zur Ableitung dieses Wassers nicht ausreichen, ist eine Durchstechung des Deiches an seinem unteren Ende erforderlich; bei langgestreckten Deichverbänden ist sogar ein Durchbruch des eingeströmten Wassers am unteren Ende von innen nach außen, ein sogenannter Rückbruch, zu befürchten, falls die Durchstechung nicht rechtzeitig vorgenommen wird.

Bei heftiger Durchströmung des Binnenlandes werden nicht allein Löcher ausgerissen und fruchtbare Kulturen fortgespült, sondern namentlich umfangreiche Versandungen, d. h. Ablagerungen von unfruchtbarem Flußsande, herbeigeführt. Diese finden selbst bei gewöhnlichen Deichbrüchen statt und bilden dann zuweilen den einzigen, den Grundstücken zugefügten Schaden. Die befruchtenden Schlickablagerungen wirken nur vorteilhaft und eine nicht lange andauernde und bei kalter windstillen Witterung eintretende Überschwemmung ist, im Gegensatz zum Qualmwasser, ohne Nachteile für die Saaten. Tritt dagegen im Frühjahr warmes Wetter ein und stehen die Saaten noch immer unter Wasser oder ist der Grundwasserstand noch übermäßig hoch, so faulen sie aus und werden wurzelkrank; die Ernte ist dann ganz verloren oder so geringfügig, daß eine sofortige neue Bestellung mit Sommerfrüchten vorgezogen wird. —

Für Deichgenossenschaften und Deichschauen vergl. § 33.

Sonstige Mittel zur Bekämpfung des Hochwassers der Flüsse.

§ 18. Bekämpfung der Ursachen einer Steigerung des Hochwassers. Die auf S. 259 erwähnten Vorschläge, welche behufs Vorbeugung der Hochwassergefahr und Verminderung der Überschwemmungsschäden gemacht worden sind, bilden größtenteils auch wichtige Mittel zur Verhütung oder Verminderung der durch die Eindeichungen hervorgerufenen Nachteile. Sie lassen sich in vier Gruppen zusammenfassen, von denen die erste Gruppe (§ 18) die Ursachen bekämpft, welche im Laufe der Zeit vielfach eine Steigerung der Hochwassergefahren und Überschwemmungsschäden hervorgerufen haben, die zweite (§ 19) eine Zurückhaltung des Wassers oder die Verzögerung des Abflusses im Quellgebiete bezweckt, die dritte (§ 20) die Schaffung eines räumlich ausgedehnteren Gebietes für die Hochfluten erstrebt, die vierte (§ 21) sonstige Mittel enthält.

Diese wichtige Angelegenheit hat aus Anlaß der in den letzten Jahrzehnten vorgekommenen, mit großen Zerstörungen verbundenen Überschwemmungen nicht nur die Techniker, sondern auch weite Kreise vielfach beschäftigt. In Frankreich gab der Kaiser Napoleon aus Anlaß der an der Loire und Rhone eingetretenen Deichbrüche und Überschwemmungen im Jahre 1856 den Auftrag, zu untersuchen, wie diesen Gefahren vorzubeugen sei. In Deutschland führten die am Rhein im Jahre 1882 eingetretenen Überschwemmungen zu dem Antrag Thilenius und dem Reichstagsbeschluss von 1883 auf Einsetzung einer Reichskommission behufs Untersuchung der Verhältnisse des Rheins. Das unter der Leitung Honsell's stehende Centralbureau für Meteorologie und Hydrographie im Großherzogtum Baden zu Karlsruhe wurde mit den bezüglichen Ermittlungen betraut. Nachdem große Zerstörungen im Frühjahr 1888 an der Elbe und infolge der Wolkenbrüche vom August 1888 an den schlesischen Gebirgsflüssen eingetreten waren, wurde ferner durch Königlichen Erlaß vom 28. Februar 1892 für Preußen ein Ausschuss zur Untersuchung der Wasserverhältnisse in den der Überschwemmungsgefahr besonders ausgesetzten Flußgebieten berufen.²⁹⁾

²⁹⁾ Centralbl. d. Bauverw. 1892, S. 261 u. 297; 1893, S. 75 u. 97; auch Deutsche Bauz. von 1892 u. 1893.

Derselbe soll die Veranlassung der anscheinend in gesteigertem Maße eingetretenen Wasserschäden und Überschwemmungen feststellen, Mittel zur Abwehr vorschlagen, namentlich auch untersuchen, ob die in Preußen ausgeführten Flufsregulierungen nachteiligen Einflufs ausgeübt haben, wie dies die Landwirte behaupten. Die Mafsregeln, welche dieser sogenannte Wasserausschufs, dessen Bureau unter der Leitung H. Keller's steht, für das Oder- und für das Elbgebiet empfohlen hat, sind im Auszuge im Centralblatt der Bauverwaltung mitgeteilt; dieser Ausschufs hat auch das „Oderstromwerk“ und das „Elbstromwerk“ ins Leben gerufen.³⁰⁾

Ein Ausschufs für den Mississippi wurde im Jahre 1879, ein solcher für Oberitalien im Jahre 1886 ernannt. Seitens des Verbandes deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine wurde eine Denkschrift herausgegeben.³¹⁾

Schliesslich haben die grossen Zerstörungen, die nach den wolkenbruchartigen Niederschlägen des 29./30. Juli 1897 an den schlesischen Gebirgsflüssen, an der Oder und Spree hervortraten, die Angelegenheit in Preußen in Flufs gebracht. Durch das Notstandsgesetz vom 20. April 1898 wurden 5 Mill. M. zur Linderung der Not bewilligt, durch die öffentliche Wohlthätigkeit viele Millionen beigesteuert. Man schätzte den allein an den Nebenflüssen der Oder innerhalb 10 Jahren entstandenen Schaden auf 24 Mill. M. und gelangte zu der Überzeugung, dafs durchgreifende Mafsnahmen zur Verhütung ähnlicher Zerstörungen ergriffen werden müfsten. Nach langen Verhandlungen kam das Gesetz vom 3. Juli 1900 zu Stande, durch welches gegen 40 Mill. M. für den Ausbau der schlesischen Gebirgsflüsse, für Sammelbecken, Stauweiher u. s. w. zur Verfügung gestellt werden. In Süddeutschland wurde die allgemeine Aufmerksamkeit auf die Mittel der Hochwasserverhütung durch die Überschwemmungen gelenkt, von denen im Juni 1895 der Bezirk Balingen (Württemberg) und im September 1899 das Isar-, Salzach- und Inn-Gebiet betroffen wurden.

Das oben erwähnte Elbstromwerk bringt im dritten Bande eine eigenartige und sehr beachtenswerte bildliche Darstellung der Veränderungen, welche die verschiedenen, also auch die hohen und höchsten Wasserstände eines Flusses während einer langen Reihe von Jahren nicht selten erfahren. Früher hat man sich damit begnügt, zu genantem Zweck für gleichnamige Wasserstände eines bestimmten Pegels die Ergebnisse der einzelnen Jahre in einer Abbildung zu vereinigen, in welcher die Zeiten als Abscissen und jene Wasserstände als Ordinaten aufgetragen sind. Dem langjährigen Durchschnitt sämtlicher Einzelwerte entspricht dann eine Horizontallinie, die Abstände d zwischen dieser und den Endpunkten der Ordinaten sind teils positiv, teils negativ und die algebraische Summe aller d ist gleich Null.

Wenn man nun die Werte d fortlaufend algebraisch addiert, also $y_1 = d_1$, $y_2 = d_1 + d_2$, $y_3 = d_1 + d_2 + d_3$ u. s. w. bildet, und diese y statt obiger Ordinaten für die einzelnen Jahre aufträgt, erhält man durch Verbindung der Endpunkte der y für jeden gleichnamigen Wasserstand ein Polygon. Derartigen Linienzügen, welche von der Abscissenaxe ausgehend stets an derselben auch endigen, hat man den Namen Summenlinien gegeben. Bei Senkung eines der gleichnamigen Wasserstände liegt die zugehörige Summenlinie ganz oder fast ganz oberhalb der Abscissenaxe, bei Steigerung liegt sie ganz oder fast ganz unterhalb der Axe. Es kommt aber auch nicht selten vor, dafs die Summenlinie die Abscissenaxe wiederholt schneidet, in diesem Falle ist für die betrachtete Zeitdauer weder Hebung noch Senkung des zugehörigen Wasserstandes nachweisbar. Für sonstige Eigenschaften der Summenlinien ist das oben bezeichnete Werk zu ziehen.

Es ist ein Vorzug der Summenlinien, dafs sie für einen gegebenen Pegel das gesamte Verhalten des Flusses während eines ansehnlichen Zeitraumes auf kleinem Raume und in unanfechtbarer Weise zur Anschauung bringen.

Über die Ergebnisse, welche im Elbstromwerk mit Hilfe der besprochenen Linien gewonnen sind, sei hier nur bemerkt, dafs für den Zeitraum von 75 Jahren, über welchen sich die preussischen Wasserstandsbeobachtungen meistens erstrecken, im Mittellauf der Elbe eine nennenswerte Steigerung der Hochwasser nicht nachgewiesen werden kann; es hat sich dagegen

³⁰⁾ Das Werk: „Der Oderstrom, sein Stromgebiet und seine wichtigsten Nebenflüsse, Berlin 1896“, ist vom Wasserausschufs, das Werk: „Der Elbstrom, sein Stromgebiet und seine wichtigsten Nebenflüsse, Berlin 1898“, von der Elbstrom-Bauverwaltung unter Beteiligung jenes Ausschusses veröffentlicht.

³¹⁾ Denkschrift, betr. die bessere Ausnutzung des Wassers und die Verhütung von Wasserschäden, verfaßt von W. Frauenholz, H. Garbe, O. Intze, P. Schmick und E. Wolff, 1883. — Ferner: Erläuterungen zur Denkschrift von H. Garbe im Centralbl. d. Bauverw. 1883, S. 180.

bei Magdeburg eine nicht geringe und bei Torgau eine kleine Senkung der Hochwasser hergestellt. Ferner ist bewiesen, daß nur die Beobachtungen eines langen Zeitraumes einen klaren Einblick in das Verhalten der Hochwasser ermöglichen, selbst einige Jahrzehnte genügen hierzu nicht.

Was nun die erste der oben gebildeten Gruppen, also die Ursachen einer Steigerung der Hochwasser, betrifft, so ist schon im XI. Kapitel, § 11, erwähnt worden, daß die in neuerer Zeit vielfach beobachtete Steigerung der Hochwassererscheinungen mutmaßlich auf eine Steigerung der atmosphärischen Niederschläge zurückzuführen ist³²⁾, und daß auch die Gliederung des Gewässernetzes einen Einfluß ausübt. Bei einer größeren Anzahl von Nebenflüssen wird ein Zusammentreffen ihrer Hochfluten, also die Bildung einer größeren Hochwasserwelle im Hauptflusse im allgemeinen seltener eintreten, namentlich ist diese Gefahr bei den spitzen Sommerflutwellen geringer als bei den massigen Frühjahrswellen, bei denen auch die Flachlandflüsse stärker erregt werden.³³⁾ Es kann bei dieser Erörterung von der Steigerung abgesehen werden, die im untersten Laufe der Flüsse infolge des Vorrückens der Mündungen eintritt, wodurch eine Erhöhung der Flußsohle nebst allen Wasserständen erfolgt, sowie von der im § 4 zu 1. erwähnten, durch jede neue Deichanlage hervorgerufenen Steigerung des Hochwassers infolge der Einschränkung des Durchflußprofils. Als zu bekämpfende Ursachen für die Steigerung der Hochwassergefahren kommen hier hauptsächlich in Betracht:

1. Entwaldungen,
2. vermehrte Zuführung des Wassers infolge zahlreicher Entwässerungen u. s. w.,
3. Regulierungen im oberen Laufe des Flusses,
4. Einschränkungen, sowie Abflusshindernisse des Hochwasserbettes,
5. Verwilderung der Flußläufe.

Alle Sachverständige sind so ziemlich einig, daß:

1. Die Wälder thunlichst zu erhalten und öde Flächen, namentlich im Gebirge, wieder aufzuforsten oder zu berasen seien, da der Wald das rasche Abfließen des Wassers mäßigt, mit seiner Streudecke die Versickerung begünstigt, die Verdunstung vermindert und somit ein Sammelbecken zur nachhaltigen Speisung der Quellen bildet, in welchem namentlich auch der Schnee einige Wochen später und langsamer als im freien Felde schmilzt. Besonders wichtig ist die Erhaltung des Waldes an den Bergabhängen, da er das Abschwenmen des Bodens, mithin die Fortführung großer Geschiebemengen verhindert. Dieser günstige Einfluß des Waldes auf die Wasser-Verteilung, sowie auf die Bodenfrische und das Klima ist auch in den meisten Kulturländern erkannt und hat zu Gesetzen zum Schutze und zur Vermehrung des Waldes geführt. Die Wiederbewaldung kann jedoch nur langsam fortschreiten und ihren günstigen Einfluß bei heftigen, lange andauernden Niederschlägen immerhin doch nur in geringem Grade ausüben. Nach Beobachtungen von Bühler³⁴⁾ vermag die Streudecke auf 1 ha nur 16 bis 18 cbm, also eine Niederschlagshöhe von 1,6 bis 1,8 mm zurückzuhalten, während im oberen Rheingebiet im November 1882 in drei Tagen 209 mm, im Riesengebirge am 2. August 1888 in 15 bis 18 Stunden bis 215 mm und im Juli 1897 an einem Tage

³²⁾ In der Schrift: „Klimaschwankungen seit 1700“ kommt Brückner zu dem Schlusse, daß nasse und trockene Perioden wechseln und die höheren Wasserstände allein Folge der höheren Niederschläge seien. Es werden 35jährige, auch 11jährige Perioden angenommen.

³³⁾ H. Keller. Die Hochwasserverhältnisse der deutschen Ströme. Centralbl. d. Bauverw. 1896, S. 521, ferner 1896, S. 409 und 1898, S. 157.

³⁴⁾ Vortrag von L. Hagen. Centralbl. d. Bauverw. 1892, S. 389.

187 mm, in vier Tagen bei der Kirche Wang 355 mm niederfielen, wobei in den Quellbächen bis 5 cbm f. d. qkm abflossen.³⁵⁾

Die starke Bewaldung des Riesengebirges hat keinen merkbaren Einfluss auf die Hochfluten ausgeübt, die dort infolge der heftigen Niederschläge vom 2./3. August 1888 und vom 29./31. Juli 1897 eintraten.³⁶⁾ Man darf daher auf die Wälder nicht zu weit gehende Hoffnungen in Bezug auf die Märsigung der Hochfluten setzen; gröfser ist ihr Einfluss auf die mittleren Fluten und auf die Zurückhaltung der Geschiebe.³⁷⁾

2. Die mit der gesteigerten Kultur und dem intensiveren Wirtschaftsbetriebe eng verknüpften Entwässerungen, Trockenlegungen von Sümpfen, Morästen, Seen und Teichen, Drainierungen, Verwandlungen von Weide- und Bruchflächen in Ackerländereien, aus deren Furchen das Wasser rasch abfließt, die Wegeanlagen mit Gräben, die es ableiten u. dergl. mehr sind im allgemeinen vom wirtschaftlichen und hygienischen Gesichtspunkte als ein Fortschritt anzusehen und die Forderung, diese in den letzten Jahrzehnten in großem Umfang ausgeführten Arbeiten künftig durch die Gesetzgebung weniger zu fördern, würde einen Rückschritt in der Kultur bedeuten. Dagegen ist nicht zu verkennen, dass man in dem Bestreben nach rascher Ableitung des Wassers, sowie nach Entwässerung der Grundstücke, ohne gleichzeitig für ihre Bewässerung zu sorgen, manchmal zu weit gegangen ist, indem die Erträge sich nicht entsprechend den aufgewendeten Kulturkosten erhöht haben und ein ungünstiger Einfluss auf die wasserwirtschaftlichen Zustände des Landes ausgeübt ist. Man wird daher auch stets die Überschwemmungsgefahr beachten und namentlich alle derartigen Arbeiten im Gebirge, wie z. B. die Entwässerung der dortigen Hochmoorflächen, mit größter Vorsicht und von dem Gesichtspunkte aus vornehmen müssen, das Wasser im Gebirge thunlichst zurückzuhalten, statt es rasch abfließen zu lassen.

Näheres über solche Arbeiten ist in § 19 unter 2. und 3. enthalten.

3. In wie weit Flufsregulierungen im oberen Flufslaufe in Rücksicht auf die in den unteren Gebieten daraus erwachsenden Überschwemmungsgefahren auszuführen

³⁵⁾ Es führte der Zacken in der Sekunde 3,45 cbm f. d. qkm des 100 qkm großen Gebiets,

"	"	"	"	2,76	"	"	252	"	"	"
der Queis	"	"	"	3,9	"	"	32	"	"	"
"	"	"	"	2,49	"	"	300	"	"	"
"	"	"	"	1,6	"	"	550	"	"	"
"	"	"	"	1,2	"	"	1006	"	"	"

Die Lausitzer Neisse konnte sich im unteren Laufe auf weite Flächen ergießen, wodurch die Flutwelle so abgeflacht wurde, dass sie bei Muskau 1600 cbm, weiter unterhalb bei Forst nur 1260 cbm und noch weiter abwärts bei Gubinchen nur 830 cbm abführte.

Bei der Hochwasserkatastrophe in Württemberg vom Juni 1895 (Deutsche Bauz. vom 8. Febr. 1898) führte die Eyach bei 5 km Thallänge 164 cbm = 8,6 cbm, bei 20 km Thallänge 350 cbm = 3,8 cbm f. d. qkm. Die Regenhöhe betrug in 4 Tagen 203 mm, an 1 Tage 80 mm. 30,6 v. H. der Fläche (entsprechend der mittleren Bewaldung Württembergs) sind bewaldet, doch begünstigte die Juraformation das rasche Abfließen der wolkenbruchartigen Niederschläge.

³⁶⁾ Mitteilungen des Verfassers im Centralbl. d. Bauverw. 1889, S. 72. (Mafsregeln zur Abwehr von Überschwemmungsgefahren.) Durch das Gesetz vom 16. Sept. 1899, betr. Schutzmafsregeln im Quellgebiete der linksseitigen Zuflüsse der Oder in der Provinz Schlesien sind Mafsregeln forstlicher Natur behufs Zurückhaltung des Wassers, nämlich Aufforstungen und Verhütung von Entwaldungen, vorgeschrieben.

³⁷⁾ Schindler. Die Ursachen der Hochwasser und die Mittel zu ihrer Bekämpfung. Allg. Bauz. 1877. — Torelli. Über Hochwasser. Politecnico 1873. — Honsell erachtet in dem Aufsatz: „Neuere Litteratur zur Wald- und Wasserfrage“, Centralbl. d. Bauverw. 1892, S. 445, die Einwirkung des Waldes auf die Hochwasser der Flüsse als verschwindend gering.

oder zu unterlassen sind, ist nur nach ausgedehnten hydrologischen, sich auf das gesamte Flußgebiet erstreckenden Studien und Beobachtungen zu beurteilen. Da sich die Hochwassermenge an einem unteren Punkte des Flusses aus den sämtlichen oberen Zuflüssen zusammensetzt, so sind die verschiedensten Kombinationen möglich, um einen bestimmten Wasserstand im unteren Flußthale zu bilden. Eine merkbare Veränderung auf das Zusammentreffen der Hochwasserwellen des Flußnetzes, sodafs die bisher nacheinander eintreffenden Wellen sich vereinigen oder umgekehrt die bisher zusammentreffenden Wellen nacheinander zum Abflufs gelangen, vermögen nur Flußkorrekturen von sehr grofser Ausdehnung herbeizuführen. Selbst die im Elsaß und in Baden am Oberrhein ausgeführten 18 Durchstiche, durch die der Flußlauf von 354 auf 273 km gekürzt wurde, haben keinen merkbaren Einflufs auf die grösste Hochwassermenge an der hessischen Grenze ausgeübt.³⁸⁾ Immerhin kann namentlich bei Flüssen, deren Quellgebiet erheblich südlicher als die Mündung liegt, die raschere Zuführung des Wassers infolge von Korrekturen ungünstig wirken, da das im Quellgebiet eintretende Tauwetter grofse Wassermengen und Eis gewöhnlich zu einer Zeit zur Abführung bringt, wo im unteren Laufe noch Frost herrscht und die Eisdecke ungebrochen ist, so z. B. bei der Weichsel.

Da die Anwohner eines Flusses geneigt sind, bei Überschwemmungen, Deichbrüchen u. s. w. die Schuld den oberhalb ausgeführten Korrekturen und Regulierungen beizumessen, sind auch im unteren Laufe Ausgleichsarbeiten vorzunehmen, vergl. unten unter 5. Es sollten namentlich Durchstiche nur insoweit geduldet werden, als sie zur Entsumpfung des Geländes oder für die Schifffahrt unbedingt notwendig sind. Arbeiten, welche auf die bessere Fortbewegung der angesammelten Sinkstoffe hinzielen, wie Einschränkungswerke und Baggerungen, sind dagegen höchst wirksam zur Bekämpfung des Hochwassers.

Der von den Anwohnern der gröfseren norddeutschen Flüsse den Regulierungswerken zugeschriebene nachteilige Einflufs auf die Hochwassergefahren und Überschwemmungsschäden hat sich nach den vom Wasserausschufs angestellten Ermittlungen als nicht begründet erwiesen.³⁹⁾ Die von den Buhnen und Parallelwerken herbeigeführte Profilbeschränkung wird, falls die Werke in der richtigen Höhe hergestellt werden (vereinzelt sind sie allerdings zu hoch erbaut), mehr als ausgeglichen durch die infolge der Regulierung entstehende Vertiefung der Flußsohle und die Ausbildung eines regelmäßigen Flußschlauchs. Es hat sich z. B. in der Elbe nach den Beobachtungen von 1875 bis 1895⁴⁰⁾ der Niederwasserspiegel von Melnik bis Wittenberge gesenkt, während für den Mittelwasserspiegel die Senkung nur auf der oberen Strecke in Sachsen und Böhmen nachzuweisen ist. Allerdings ist es nicht ausgeschlossen, dafs die bei der Regulierung in Bewegung gebrachten grofsen Sandmassen, ehe sie weiter abwärts geführt oder zur Verlandung gebracht sind, vorübergehend eine Erhebung des Wasserspiegels hervorrufen. Jedenfalls verdient der Gegenstand die ernsteste Beachtung und die allgemeine Einführung sorgfältiger und ausgedehnter Beobachtungen ist dringend zu empfehlen. — Man vergleiche auch Kap. XI, S. 485 u. 508.

³⁸⁾ Bericht der Reichskommission vom 9. Oktober 1891.

³⁹⁾ Veröffentlichung des Ausschusses vom 5. Juni 1896. Centralbl. d. Bauverw. 1896, S. 409. Ferner Abhandl. von G. Hagen in den Veröffentl. der Akademie der Wissenschaften, Berlin 1880; Untersuchungen für die Oder von Pralle. Zeitschr. f. Bauw. 1882, S. 179; desgl. von Kröhnke. Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 263; desgl. von Dittrich. Zeitschr. f. Bauw. 1891, S. 271; ferner Centralbl. d. Bauverw. 1891, S. 139 und 1892, S. 169.

⁴⁰⁾ Der Elbstrom u. s. w. 1898.

4. Dafs bei der neuen Anlage von Deichen, Uferbauten, Strafsenanlagen im Flufsthale, Brücken u. s. w. der grössten Hochwassermenge Rechnung zu tragen ist, um nachtheilige Aufstauungen, besonders auch Eisversetzungen zu verhüten, bedarf nach Obigem keiner weiteren Erörterung. Bei Bestimmung dieser Wassermenge ist zu erwägen, dafs infolge auferordentlicher Niederschläge recht wohl eine Steigerung des Hochwassers über die beobachteten Stände eintreten kann. Handelt es sich um vorhandene Anlagen, so wird durch Vermehrung der Durchflußöffnungen der Brücken und Wehre, Zurücklegung der Deiche oder Regulierung der zu engen oder zu unregelmäßigen Strecken, Beseitigung der auf den Vorländern sich befindenden Hindernisse, nämlich der zu hohen Sommerdeiche, der Gebäude, Holzbestände, hohen Wededämme, hohen Weidenkulturen, Hecken, Zäune, durch Abgrabung der hohen Aufsendeichflächen, Abtragung zu hoher Buhnen u. s. w. geholfen werden müssen. Auch muß auf eine gleichmäßige Höhenlage der Aufsendeichflächen hingewirkt werden.

Die Hemmnisse, die sich dem Abfließen des Hochwassers und dem Abgange des Eises entgegenstellen, rufen nicht nur eine Anstauung des Wasserspiegels, sondern vielfach auch eine Spaltung und Ablenkung der Strömung hervor. Besonders nachtheilig wirkt eine von der Richtung des Strombettes erheblich abweichende Hochwasserströmung, da sie Sandablagerungen, Uferabbrüche, Auskolkungen und eine unregelmäßige Ausbildung der Flußsohle, sowie Eisversetzungen zur Folge hat. Ferner tritt infolge des Staus und der Verminderung der Geschwindigkeit eine Ablagerung von Sinkstoffen ein, die im Laufe der Zeit weitere Beschränkungen des Querschnittes bewirkt. Besonders nachtheilig wirken ferner die auf den Vorlandflächen öfters, z. B. an der Elbe, gepflegten hohen Weidenkulturen, da sie eine übermäßige Erhöhung dieser Flächen in verhältnismäßig kurzer Zeit herbeiführen; ähnlich ungünstig wirkt das Unterholz der Holzbestände, sowie ein hoher Weidenbestand auf den Buhnen und ihren Anlandungen. Erwünscht ist deshalb nicht nur eine Beseitigung dieser Hemmnisse, sondern auch eine Abtragung der zu hohen Auflandungen der Alluvionen, sowie die Abtragung der zu hohen Uferborde und die Durchdämmung oder Ausfüllung niedriger Teile der Vorlandflächen. Solche sogenannte Schlenken geben zu Stromspaltungen Veranlassung, verhindern also die gleichmäßige Abführung von Hochwasser und Eis. Am günstigsten ist es, wenn die Uferborde eine gleichmäßige mittlere Höhe erhalten und mit geringer Neigung nach dem Deiche ansteigen, sodafs ein seitliches Abfließen vermieden wird, vergl. §. 11. Auf den Vorländern aufgestapeltes und im Fluß lagerndes, ungenügend befestigtes Holz hat vielfach großen Schaden dadurch hervorgerufen, dafs die Stämme, die Wehre und Brücken versperrend, einen großen Stau und in weiterer Folge den gewaltsamen Durchbruch oder die Zerstörung der Bauwerke bewirkten.⁴¹⁾

Besonders wichtig ist die Verhütung der Eisversetzungen durch Verbesserung der vorhandenen Engpässe und Unregelmäßigkeiten.

5. Durch die Verwilderung der Flußläufe, die Folge einer mangelhaften Unterhaltung der Ufer, sind die Überschwemmungsschäden namentlich bei den kleinen und mittleren, von den Anliegern zu unterhaltenden, nicht schiffbaren Flüssen erheblich gesteigert worden. Es wechseln hier oft tief eingeschnittene enge und erweiterte Betten miteinander ab; in den letzteren lagern sich Gerölle, Sand- und Kiesmassen ab, lenken die Strömung nach dem Ufer und veranlassen Abbrüche, Auskolkungen und Deichbrüche, sowie in weiterer Folge schlangenanartige Krümmungen des Laufes. Nachtheilig wirkt auch der starke Baum- und Strauchwuchs der Ufer, da die Stämme von der Strömung gelockert und entwurzelt werden und alsdann Uferabbrüche entstehen. Es müssen deshalb die hochwassergefährlichen, nicht schiffbaren Flüsse derart ausgebaut werden, dafs sie thunlichst ein mittleres Hochwasser, ohne auszufernen, abführen können, dafs die Geschiebebildung vermindert und eine bessere Ausnutzung des Wassers erreicht wird. Der Umfang des Ausbaues hängt von den gesamten Verhältnissen des Flufsthales ab; die aufzuwendenden

⁴¹⁾ Der Flosshafen auf der Kaiserwiese bei Prag ist an dem für die Ausführung gewählten Platze geplant, um solchen Gefahren vorzubeugen. Allg. Bauz. 1899, S. 1.

Kosten dürfen nicht im Mißverhältnis zu dem durchschnittlich jährlich zu verhütenden Schaden stehen. Werden gleichzeitig Sammelbecken zur Zurückhaltung der schädlichen Hochwassermenge angelegt, so kann dem Ausbau eine geringere Wassermenge zu Grunde gelegt werden. In den Ortschaften ist jedoch, da hier ideelle Werte, das Leben und die Gesundheit der Bewohner, in Frage kommen, eine möglichst große Wassermenge zu Grunde zu legen.

Beim Ausbau sind namentlich folgende Arbeiten ins Auge zu fassen:

- a) Die Herstellung eines leistungsfähigen Abflufsprofils, das in bordvollem Zustande thunlichst die mittlere Hochwassermenge abzuführen vermag; soweit die Kulturverhältnisse des Thales es gestatten, ist auf Vertiefung der Sohle hinzuwirken und deshalb in sehr breiten Strecken ein Bett für das Kleinwasser herzustellen.
- b) Erzielung gleichmäßiger Gefälle in den einzelnen Flußabschnitten; zu große Gefälle sind durch Wehre, Kaskaden oder Sohlschwellen zu vermindern.
- c) Zu scharfe Krümmungen sind abzufachen, ausnahmsweise auch mittels Durchstichen zu beseitigen.
- d) Die Ufer sind widerstandsfähig auszubilden und deshalb namentlich alle abbrüchigen Ufer zu schützen. Bei geringem Gefälle genügen flache Böschungen mit Rasen, Flechtwerk, Faschinen, bei stärkerem Gefälle sind Pflasterungen oder Steinpackungen, in den Ortschaften in der Regel Ufermauern erforderlich.
- e) Die Sohlen sind in den Strecken des Oberlaufs bei stärkerem Gefälle und in den Quellbächen durch Pflaster oder durch in das Ufer eingreifende Grundswellen zu sichern, Wasserrisse, sowie alle Wildbäche, welche größere Geschiebmassen zuführen, sind zu verbauen.
- f) Auf die Zurückhaltung der Geschiebe ist thunlichst hinzuwirken, da sie bei der Hochflut das Flußbett in den stärkeren Krümmungen oder bei den Brücken oft völlig ausfüllen und große Unregelmäßigkeiten und Zerstörungen verursachen.
- g) Brücken und Wehre müssen ein ausreichendes Hochwasserprofil erhalten; falls eine Erweiterung des ungenügenden Profils nicht möglich ist, sind Umflutkanäle anzulegen. Wo Hochfluten plötzlich und unerwartet auftreten, verdienen selbstthätige bewegliche Wehre (Fallen- oder Klappenwehre) den Vorzug, wie sie an den Gebirgsflüssen in Württemberg aus Anlaß der Katastrophe vom 6. Juni 1895 hergestellt sind. Grundschützen in den Wehren sind wegen der von ihnen ausgehenden heftigen Strömung im allgemeinen nicht günstig für die Abflufsverhältnisse. Oberhalb der Brücken und Wehre ist darauf hinzuwirken, daß schiefe Strömungen vermieden werden, daß die Hochwasserströmung vielmehr gleichmäßig über den Querschnitt und parallel zur Brückenachse stattfindet. Die Brücken und Wehre müssen nicht allein ausreichende Vorflut gewähren, sondern in den einzelnen Öffnungen ausreichende Lichtweite für die unschädliche Abführung von Bäumen und Langhölzern erhalten. Die Wege, Eisenbahndämme u. s. w. müssen an der Flußseite gesichert werden. (Erlaß des preuß. Minist. v. 9. Juni 1898.)

Nach den oben angegebenen Gesichtspunkten ist die Weißeritz ausgebaut.⁴²⁾ Der Ausbau der sechs hochwassergefährlichen, linksseitigen schlesischen Gebirgsflüsse der Oder, nämlich der Lausitzer Neisse, des Bober, der Katzbach, Weistritz, Glatzer Neisse und Hotzenplotz, nebst Zuflüssen, soll auf Grund des Gesetzes vom 3. Juli 1900 in Verbindung mit der Anlegung von Sammelbecken und Stauweihern erfolgen. In diesem Gesetz ist bestimmt, daß der Staat $\frac{4}{5}$, die Provinz Schlesien $\frac{1}{5}$ der Kosten zahlt, die Unterhaltung seitens der Provinz erfolgt, aber die Unterhaltungskosten nach Maßgabe eines aufzustellenden Katasters von denjenigen aufzubringen sind, die an einer ordnungsmäßigen Unterhaltung des Wasserlaufs und seines Hochwasser-Abflufsgebiets ein Interesse haben. Die Unterhaltungskosten sind für die zu regulierenden Flußstrecken zu 4 v. H., der Wert des industriellen Interesses an den Hochwassersammelbecken zu 5,3 Millionen Mark geschätzt, der Staat soll 31,3 Millionen, die Provinz 7,8 Millionen Mark beitragen. — Da allein der Ausbau der Flüsse für die mittlere Hochwassermenge einschließlich Befestigung der Sohle und der Böschungen, sowie der Verbauung der Quellbäche 53,16 Millionen Mark erfordert hätte, ist bei dem dem Gesetze zu Grunde liegenden Entwürfe keine bestimmte Wassermenge angenommen, vielmehr der vorhandene Flußschlauch im wesentlichen beibehalten; hierdurch ist der Kostenbetrag für den Ausbau auf 23,13 Millionen Mark ermäßigt. — In den Orten ist eine dem Flut-

⁴²⁾ Zeitschr. f. Arch. u. Ing. 1899, S. 473.

profile entsprechende Bebauungsgrenze festgestellt. Die Sohle wird durch Grundswellen und Kaskaden festgelegt. Neue hochwasserfreie Deiche sind nur bei einzelnen Ortschaften zugelassen, bei vorhandenen Deichen sind die Deichengen zu beseitigen und zu hohe Vorländer abzugraben. Die Ausbaurkosten betragen für 1 km bei der Lausitzer Neisse 11 500 M., dem Bober 15 000 M. Zur Ausgleichung der durch die Regulierung der oberen Zuflüsse zu erwartenden Nachteile sollen an der mittleren Oder niedrige Ufer erhöht, Schlenken verbaut, Vorländer abgegraben, Deiche verlegt und sommerdeichähnliche Verwallungen geschüttet werden. Für die untere Oder ist eine Verbesserung der Vorflut von der Regierung in Aussicht genommen; im Gesetze ist vorgeschrieben, daß alle Arbeiten, welche geeignet sind, eine Schädigung der Unterlieger durch Vermehrung oder Beschleunigung der Hochwasserabführung zu bewirken, so lange hinauszuschieben sind, bis eine ausreichende Vorflut in der Oder selbst gesichert ist. Ferner ist eine Zurückhaltung des Wassers im Gebirge geplant (vergl. § 19, zu 1.).

Werden die hochwassergefährlichen nichtschiffbaren Flüsse in der angegebenen Weise ausgebaut und gut unterhalten und auch die wesentlichen Teile des Hochwassergebietes freigelegt und freigehalten, so wird ein außerordentliches Hochwasser verhältnismäßig geringen Schaden hervorrufen. Umfangreiche Regulierungsarbeiten dieser Art können allerdings leicht eine Steigerung und Beschleunigung der Hochflut im unteren Flußlaufe zur Folge haben. Sie werden deshalb von unten nach oben sich erstrecken müssen und es wird im unteren Laufe für Vorflut zu sorgen sein.

§ 19. Zurückhaltung des Wassers und Verzögerung des Abflusses im Quellgebiete. Zu den einschlägigen Anlagen gehören:

1. Die Sammelbecken oder Sammelteiche, Stauweiher (Reservoirs), die in den Gebirgstälern, namentlich auch der Nebenflüsse und Bäche durch Anlegung von Thalsperren (Staudämmen oder Mauern) gebildet werden. Solche Becken sind für die Bewässerung der Grundstücke in heißen Ländern, für die Speisung der Schiffahrtskanäle, die Wasserversorgung der Städte und für gewerbliche Zwecke vielfach und seit langer Zeit angelegt worden. Hier handelt es sich jedoch um Hochwasserbecken oder auch um Becken, die hauptsächlich zum Hochwasserschutz hergestellt werden und daneben noch gewerblichen Zwecken dienen (Hoch- und Nutzwasserbecken), oder um Becken, die zwar für gewerbliche Zwecke bestimmt sind, aber zugleich dem Hochwasserschutz dienen sollen (Nutz- und Hochwasserbecken). Erfreulicherweise hat die Anlegung von Sammelbecken für gewerbliche Zwecke, die bei angemessener Regulierung ihres Inhalts daneben auch günstig auf das Hochwasser wirken, in Deutschland in den letzten 12 Jahren große Fortschritte gemacht. Es sind solche Becken im Elsaß von Fecht und in Rheinland-Westfalen von Intze erbaut worden. Zur Förderung dieser segensreichen Anlagen ist in Preußen für die Wupper und ihre Nebenflüsse das Gesetz vom 19. Mai 1891 erlassen, in welchem Bestimmungen für die Bildung von Thalsperren-Genossenschaften getroffen sind, durch die Industrielle u. s. w. auch zwangsweise zum Beitritt herangezogen werden können. Diese Bestimmungen sollen auch auf die Becken angewandt werden, die zur Verhütung von Hochwassergefahren in Schlesien nach dem Gesetz vom 3. Juli 1900 geplant sind. In diesem Gesetze ist bestimmt, daß die Besitzer industrieller Anlagen, Bewässerungsanlagen u. s. w. verpflichtet sind, zu den von ihnen benutzten Hochwasserbecken einen ihrem Vorteil entsprechenden Anteil an den Herstellungs- und Unterhaltungskosten zu tragen; letztere sind zu 1,5 vom Hundert geschätzt. Ferner soll bei Nutzbecken, die auch dem Hochwasserschutz dienen, die Provinz gemäß den ihr durch die Becken für den Ausbau und die Unterhaltung des Wasserlaufs erwachsenden Vorteilen herangezogen werden.

In Rheinland-Westfalen sind nach den Plänen Intze's von 1889 bis 1898 14 Becken ausgeführt bzw. geplant, deren Niederschlagsgebiet 0,9 bis 375, zusammen 515 qkm beträgt, mit Stauhöhen von

8,0 bis 52,5 m, einem Inhalt von 107 000 bis 45¹/₂ Mill., zusammen 75 Mill. cbm. Die Kosten belaufen sich auf 8¹/₂ bis 100 Pfg. f. d. cbm und zusammen auf 14 390 000 M. Das größte ist das Urftthal-Sammelbecken in der Eifel (Fig. 36 u. 37) mit 52¹/₂ m Stauhöhe, 45¹/₂ Mill. cbm Inhalt, dessen Sperrmauer zu 3 860 000 M. veranschlagt ist (8¹/₂ Pf. f. d. cbm); das aufgespeicherte Wasser wird eine benachbarte Kraftzentrale von 6400 PS., in welcher bis 110 m Gefälle bei gefülltem Becken durch Turbinen ausgenutzt werden, dauernd treiben können.

Fig. 36 u. 37. *Sammelbecken im Urftthale.*

Fig. 36. *Lageplan.*

Der Zweck dieser rheinländischen Sammelbecken ist:

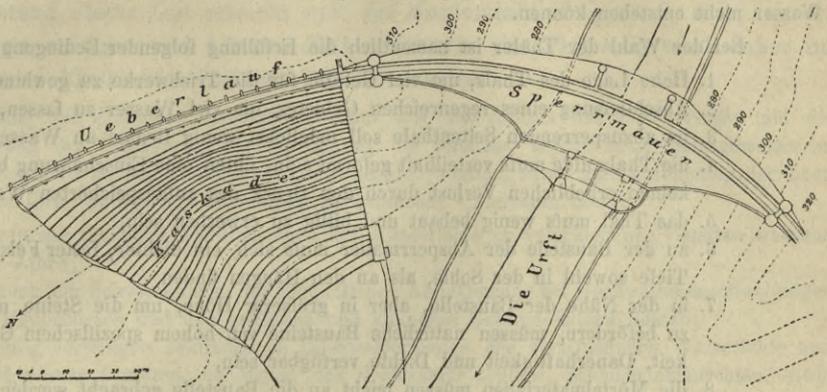
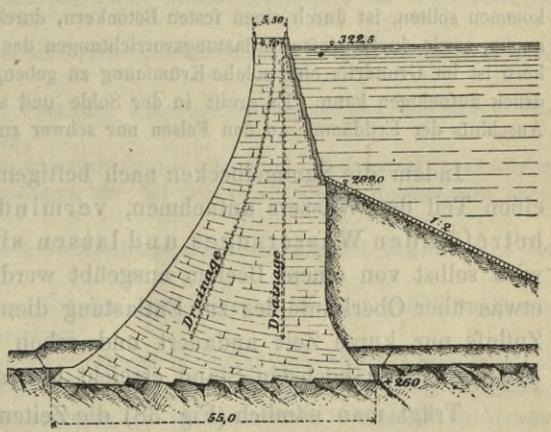


Fig. 37. *Querschnitt. M. 1 : 1250.*



1. Schaffung des fehlenden Betriebswassers in trockener Zeit,
2. Verbesserung des durch die Abgänge der Industrie sehr stark verunreinigten Niedrigwassers, dessen Menge im Wupper- und Ruhrgebiet auf das 6- bis 7fache vermehrt wird,
3. Wasserversorgung der Städte, die namentlich dann sich sehr günstig gestaltet, wenn das Wasser mit natürlichem Gefälle in die Ortschaften geleitet wird,
4. Einrichtung einer Kraftzentrale mit großem konzentriertem Gefälle,
5. Gleichzeitige Verminderung der größten sekundlichen Hochwassermenge.

Die Städte Barmen und Elberfeld zahlen für den letzteren Zweck jährlich 25 000 M. an die Wupperthalssperrengenossenschaft, welche dagegen verpflichtet ist, während der Zeit der größten Anschwellungen, vom 15. Oktober bis zum 15. März, einen Teil des Inhalts (600 000 cbm von 5 600 000 cbm) als Hochwasserraum freizubehalten. Zu diesem Zweck ist in den Überlauf ein Schlitz gemacht, der in der gefährlichen Zeit nicht durch eine Schütztafel geschlossen werden darf.

Während die Abflussmengen 1 cbm für 1 qkm Niederschlaggebiet nicht übertroffen haben, sind bei Bestimmung der Länge und Höhenlage des Überfalls bis 3 cbm und mehr zu Grunde gelegt. An der Urftsperrre liegt der höchste Wasserspiegel noch 1,5 m unter der 5 m breiten Mauerkrone; die größte Abflussmenge von 180 cbm fließt über den 125 m langen, mit einem beweglichen Döll'schen selbstthätigen Klappenwehr auszustattenden Überfall ab, indem sie über 1,5 m hohe Kaskaden dem Flusse zuströmt. Das Klappenwehr schließt sich, sobald der Spiegel tiefer als 1,5 m unter der Krone steht.

Die Basisstärke der Sperrmauer ist = 0,7 bis 0,75 der Höhe gewählt und das Profil derart bestimmt, daß Zugspannungen im Mauerwerk nicht auftreten können; die Beanspruchung bei der Urft-Thalssperre beträgt im Mauerwerk 6 bis 12 kg, im felsigen Untergrunde bis 8 kg f. d. qcm. Der Mörtel besteht aus 1 Teil Kalkbrei, 1¹/₂ Teilen Trafs von sehr feiner Mahlung, 1¹/₂ bis 1³/₄ Teilen Quarzsand, und besitzt bereits nach vier Monaten 120 bis 140 kg Druck- und 20 bis 25 kg Zugfestigkeit. Die rheinischen Thalssperren sind aus Lenneschiefer oder Grauwacke, die sich auch im Untergrunde finden, gemauert; das Mauerwerk hat ein spez. Gewicht von 2,35 bis 2,4. Die Sperren bilden im Grundriß ein Gewölbe, da gerade Mauern bei der Zusammenziehung Risse und bei der Ausdehnung wellenförmige Formänderungen erhalten, infolge der Einwirkungen der je nach der Füllung der Becken wechselnden Druckbeanspruchungen

und infolge der Temperaturschwankungen. Es ist jedoch die Gewölbewirkung nicht in Rechnung gestellt, wie dies z. B. bei der Sperre im Bärenthaldamm in Kalifornien geschehen ist. Die Hauptmauermasse ist an der Wasserseite sorgfältig gedichtet und die Dichtungsfläche durch eine Verblendmauer, die in das Mauerwerk mit Verzahnung eingreift, geschützt; außerdem ist nahe der Dichtungsfläche noch eine, in die Rohrstellen geleitete Drainage im Hauptmauerwerk ausgeführt, sodafs Spannungen durch etwa eindringendes Wasser nicht entstehen können.

Bei der Wahl der Thäler ist namentlich die Erfüllung folgender Bedingungen angestrebt worden:

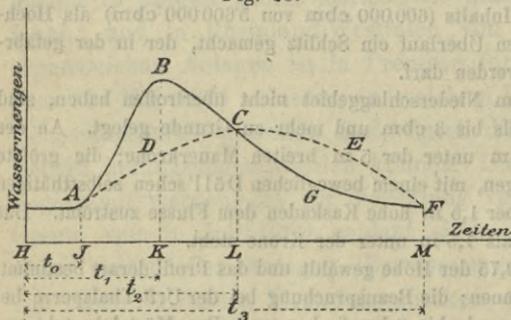
1. Hohe Lage des Thals, um viel Gefälle für die Triebwerke zu gewinnen,
2. Abschließung eines regenreichen Gebietes, um viel Wasser zu fassen,
3. im abzusperrenden Seitenthale soll möglichst wenig Bedarf an Wasser vorhanden sein,
4. die Thalmulde muß vorteilhaft geformt sein, unten eine Einschnürung besitzen, im Untergrund keinen erheblichen Verlust durch den Druck des aufgespeicherten Wassers zeigen,
5. das Thal muß wenig bebaut und billig zu erwerben sein,
6. an der Baustelle der Absperrmauer muß sich ein dichter, fester Felsuntergrund in geringer Tiefe sowohl in der Sohle, als an den Hängen finden,
7. in der Nähe der Baustelle, aber in größerer Höhe, um die Steine mit natürlichem Gefälle zu befördern, müssen natürliche Bausteine von hohem spezifischem Gewicht, großer Festigkeit, Dauerhaftigkeit und Dichte verfügbar sein,
8. die Mörtelmaterialien müssen leicht an die Baustelle gebracht werden können.

Bei Erddämmen, die wegen der Gefahr des Durchweichens nur bei Höhen unter 10 m in Frage kommen sollten, ist durch einen festen Betonkern, durch Abpflasterung oder sonstige Sicherung der Böschungen, sowie durch große Entlastungsvorrichtungen der Gefahr des Durchbruchs vorzubeugen. Dem Betonkern ist im Grundriß eine solche Krümmung zu geben, daß er durch seine Gewölbewirkung den Wasserdruck aufnehmen kann. Er greift in der Sohle und an den Hängen in den festen Felsen ein, da der Anschluß der Erddämme an den Felsen nur schwer zu dichten ist.

Indem die Sammelbecken nach heftigem Regen oder zur Zeit der Schneeschmelze einen Teil des Wassers aufnehmen, vermindern sie die Höchstwassermenge des betreffenden Wasserzuges und lassen sie erst später eintreten. Diese Wirkung wird selbst von einem Becken ausgeübt werden, das beim Beginn des Hochwassers bis etwas über Oberkante des zur Entlastung dienenden Überfalls gefüllt ist, falls der größte Zufluß nur kurze Zeit andauert und schon vorüber ist, wenn der Wasserspiegel des Beckens seinen höchsten Stand erreicht hat, also der Abfluß am größten ist.

Trägt man nämlich (Fig. 38) die Zeiten als Abscissen, die Zuflussmengen Q , sowie die Abflussmengen q als Ordinaten auf, so wird beim Anfange eines Hochwassers, bei t_0 , die dem Becken zufließende Wassermenge Q_0 gleich der Abflussmenge $q_0 = JA$ sein, wobei vorausgesetzt wird, daß sich vorher ein Beharrungszustand zwischen der zu- und abfließenden Wassermenge gebildet hatte.

Ebenso sind beim Ende des Hochwassers, bei t_3 , die Zu- und Abflussmengen gleich groß, also $Q_3 = q_3 = MF$, sodafs die dem Zu- und bezw. Abfluß entsprechenden Wassermengenkurven $ABCGF$ bzw. $ADCEF$ einen gemeinschaftlichen Anfangs- und Endpunkt haben. Während aber die größte zufließende Wassermenge $Q_1 = KB$ schon nach Verlauf der Zeit t_1 eintritt, findet die größte abfließende Wassermenge beim höchsten Wasserstande im Becken nach Verlauf der Zeit t_2 statt und ist $= LC$, wobei der Punkt C der Durchschnittspunkt der beiden Kurven ist; an diesem Punkte muß sich der Scheitel der Abflußkurve befinden. Die angesammelte Wassermenge, welche durch



die Fläche $ABCD$ gemessen wird, muß gleich der später abfließenden Wassermenge $CEFG$ sein.

Dauert jedoch der Zufluß längere Zeit mit gleicher Heftigkeit, so wird ein Beharrungszustand zwischen Zu- und Abfluß entstehen, mithin der höchste Stand im Becken schon während dieser Zeit erreicht und der Maximalabfluß $q_1 = Q_0$ sein, immerhin aber erst später erfolgen und kürzere Zeit andauern; die Flutwelle wird daher im mittleren und unteren Flußlaufe weniger verspürt werden.

Zur Ermittlung des Einflusses der Sammelbecken auf den Abfluß des Hochwassers und die gleichmäßige Versorgung der Triebwerke, zur Berechnung der Schäden, welche ohne Sammelbecken im allgemeinen und insbesondere an den Triebwerken hervorgerufen werden, sowie zur Bestimmung der Lage der Sammelbecken und ihrer Größe sind namentlich nachstehende Unterlagen nötig:

1. Messungen der täglichen Abflussmengen der Wasserläufe an verschiedenen Punkten während längerer Jahre;
2. Bestimmung der Schwankungen der sekundlichen Abflussmenge bei Hochwasseranschwellungen an den Hauptflüssen und den größeren und kleineren Gebirgs-Seitenzuflüssen;
3. Bestimmung derjenigen sekundlichen Hochwassermenge der verschiedenen Wasserläufe und an verschiedenen Punkten, bei denen das Hochwasser beginnt, Schaden anzurichten, sowie Bestimmung der bei den Anschwellungen zum Abfluß gelangenden Schadenwassermengen; diese betrug in Schlesien für das Quadratkilometer Niederschlagsgebiet bis 40000 cbm, an der Wupper nur 3000 cbm;
4. Bestimmung der bei vollem Betriebe der Werke erforderlichen Nutzwassermenge und ihrer Leistungen;
5. Feststellung der in trockener Zeit fehlenden Betriebswassermenge und der durch ihre Lieferung zu erzielenden Nutzleistung;
6. Bestimmung der Größe der Niederschlagsgebiete für die durch Hochwasser geschädigten Punkte und Triebwerke, sowie Bestimmung der bei den verschiedenen Hochwässern angeordneten Schäden;
7. Ermittlung der auf die betreffenden Niederschlagsgebiete entfallenden Regenmengen der einzelnen Monate;
8. Vergleich der in einzelnen Tagen und Stunden während einer Hochflut gefallenen Regenmengen mit den gemessenen Abflussmengen;
9. Topographische Aufnahmen und Bodenuntersuchungen in den für Sammelbecken voraussichtlich in Betracht kommenden Gebieten. Die vorhandenen Messtischblätter sind durch Vermessung der Thäler nach Horizontalkurven zu ergänzen, um die Stauinhalte berechnen zu können. An den für die Sperrmauern in Aussicht zu nehmenden Punkten ist der genügend feste und dichte Felsen, bis zu welchem die Mauer zu führen ist, durch Schürfungen aufzuschließen.

Nutzbecken, die zum Ausgleich des Wassers dienen, um es in wasserreicher Zeit aufzuspeichern und in trockener Zeit wieder abzugeben, also der Industrie und Landwirtschaft thunlichst gleichmäßig eine mittlere Wassermenge zuzuführen, können um so kleiner sein, je häufiger die Anschwellungen in einem Jahre sind; an der Wupper traten z. B. alljährlich 10 bis 12 Anschwellungen ein. Wenn solche Nutzbecken beim Eintritt stärkerer Niederschläge rechtzeitig entleert werden, können sie auch für den Hochwasserschutz gute Dienste leisten. Sie werden aber erheblich kleiner ausfallen als eigentliche Hochwasserbecken, die nach ihrem Zweck thunlichst die ganze Schadenwassermenge der höchsten Anschwellung aufnehmen sollen.

Betreffs der Verwendung der Sammelbecken zum Hochwasserschutz ist Folgendes zu beachten:

a) Für größere Flüsse können sie wegen Fehlens der erforderlichen, geeigneten Thäler nicht in Betracht kommen. Die unteren Teile der Thäler sind gewöhnlich bewohnt, die oberen Thäler vermögen nur einen geringen Teil der Gesamtzuflüsse abzufangen. Es erfordert z. B. die Sicherung von Toulouse Sammelbecken von 550 Mil-

lionen cbm, während nur solche von 87 Millionen cbm geschaffen werden könnten. Im Isar-Gebiete bis zur Loisach-Mündung⁴⁵⁾ betrug der Niederschlag in der Zeit vom 9. bis 14. September 1899 durchschnittlich 400 mm, sodafs von dem 2736 qkm grofsen Gebiete 990 Millionen cbm zum Abflufs kamen und die Zurückhaltung von $\frac{1}{4}$ dieser Menge Sammelbecken für 250 Millionen cbm erfordert hätte. Zur Mäfsigung eines drei Tage andauernden Hochwassers von 5000 cbm (Weser unterhalb der Allermündung) auf 4000 cbm müfsten $3.24.60.60 = 259$ Millionen cbm zurückgehalten werden. Zur Bestimmung der Gröfse der Sammelbecken würde allerdings die schädliche Hochwassermenge zu ermitteln sein.

b) Die Kosten stehen, falls nicht eine Ausnutzung des Wassers möglich ist, in der Regel im Mißverhältnis zu den durchschnittlich jährlich zu verhütenden Schäden. Für das 138 qm grofse Steinlachgebiet wurden die Kosten bei 10,3 bis 13,16 Mill. cbm Inhalt der Sammelbecken auf 4,75 bis 10,5 Millionen Mark, die jährlichen Verzinsungs- und Unterhaltungskosten zu 248000 M. ermittelt, denen nur durchschnittliche Schäden von 4000 M. und Nutzerträge von 30000 M. jährlich gegenüberstanden.

c) Trotz der hohen Anlagekosten ist die Wirkung zahlreicher, im gesamten Quellgebiete anzulegender Sammelbecken eine unsichere und nur annähernd zu bestimmen, falls langjährige hydrologische Beobachtungen vorliegen.

d) Die Hochwasserbecken können, da sie für die Aufnahme der Fluten leer sein müssen, nur in beschränkter Weise als Nutzbecken Verwendung finden und die thunlichst gefüllt zu haltenden Nutzbecken nur in beschränkter Weise als Hochwasserbecken. Bei einem Becken, das zugleich dem Hochwasserschutz und gewerblichen Zwecken dient, ist zwischen dem oberen Hochwasserraum und dem unteren Nutzraum zu unterscheiden. Der erstere ist thunlichst leer zu halten und nach seiner Anfüllung allmählich abzulassen, sobald die Zuflüsse abnehmen und der untere Flußlauf, ohne auszufern, die vermehrte Zuführung gestattet. Auch ist der Nutzraum oder der Inhalt eines Nutzbeckens beim Eintreten von stärkeren Niederschlägen oder stärkeren Zuflüssen der Wasserläufe frühzeitig abzulassen, um Raum für die Aufnahme der nachfolgenden Hochfluten zu gewinnen. Bei wenigen Becken kann man den verschiedenen Interessen leicht Rechnung tragen, wie dies die Anlagen an der Wupper beweisen; bei einem gröfseren Fluß mit zahlreichen Becken wird die Vereinigung der einander widerstrebenden Interessen aber auf sehr grofse Schwierigkeiten stofsen. Namentlich werden die Anwohner des unteren Flußlaufs dem rechtzeitigen Ablassen der Becken widersprechen und Entschädigungsforderungen wegen zu frühzeitigen Ablassens der Becken stellen. Andererseits wird bei verzögertem Ablassen der Becken ein neues Hochwasser nur in ungenügender Weise Aufnahme finden und die Bewohner der Thäler schädigen.

An solchen kleinen und mittleren Gebirgsflüssen, bei denen durch den Ausbau des Flusses, die Freilegung des Hochwasserbettes, die Regulierung der Deiche u. s. w. ein genügender Hochwasserschutz nicht zu erzielen ist und die Hochfluten erfahrungsmäfsig grofse Schäden im Jahresdurchschnitt verursachen, bleibt allerdings nur die Zurückhaltung eines möglichst grofsen Theils der Schadenwassermenge mittels Sammelbecken übrig. Diese sind dann thunlichst zugleich als Nutzbecken auszubilden und werden, da sie die Überströmung der Regulierungsbauten verhindern oder einschränken, auch für deren Unterhaltung, sowie für die Zurückhaltung der Geschiebe sehr nützlich wirken. Die Anlagen müssen aber wirtschaftlich berechtigt sein, werden daher bei

⁴⁵⁾ Deutsche Bauz. 1899, S. 598.

den heutigen wirtschaftlichen Verhältnissen doch nur in beschränktem Umfange zur Ausführung gelangen und zwar namentlich da, wo durch die Hochfluten erfahrungsmäßig auch Menschenleben zu Grunde gehen und durch die Überflutung der Wohnungen der Boden für Epidemien bereitet wird. Unwirtschaftlich würde es auch sein, die größte, vielleicht nur einmal im Jahrhundert beobachtete Schadenwassermenge zu Grunde zu legen; man wird sich vielmehr bei der Bemessung der Becken gewöhnlich mit der Bändigung öfter eintretender Hochfluten begnügen können.

In dieser Lage befinden sich die schlesischen Gebirgsflüsse, bei denen die von den Gebirgskämmen mit großem Gefälle und aus großer Höhe herabstürzenden Wasserläufe abwechselnd schädliche, schnell verlaufende Anschwellungen und sehr kleine Wassermengen zeigen. In dem vom Zacken, einem Nebenflusse des Bober, durchströmten Hirschberger Thal sind seit 330 Jahren 43 schwere Überschwemmungen, im letzten Jahrhundert 15, vorgekommen. Die weiten Kreise, welche nach dem Hochwasser von 1897 hilfreich eintraten, verlangten, daß der Wiederkehr solcher Katastrophen vorgebeugt werde.

Zur Bestimmung der Größe der Sammelbecken ist hier die Größe und Zeitdauer der Schadenaufwelle ermittelt, d. h. die abfließende Wassermenge während der Zeit, wo die Flutwelle den bordvollen Fluß überschreitet. Wegen der industriellen Ausnutzung ist jedoch die Herstellung möglichst großer Becken erstrebt, doch sollen von den von Intze vorgeschlagenen 23 Becken (16 am Bober, 3 am Queis, 4 an der Glatzer Neisse) der Kosten wegen zunächst nur drei größere im Bober- und Queis-Gebiete zur Ausführung gelangen, ferner einige kleinere im Gebiet der Katzbach, sowie mehrere flache Becken mit niedrigen Erdumwallungen (Stauweiher). Die drei Sammelbecken zu Buchwald und Mauer am Bober, sowie zu Marklissa am Queis fassen 12 bzw. 50 und 15 Millionen cbm, die Kosten sind zu $2\frac{1}{2}$ bzw. 7 und 4 Millionen Mark veranschlagt, von denen 2 bzw. 2,6 und 0,7 Millionen Mark durch industrielle Anlagen verzinst werden sollen. Um bei der großen Thalsperre von Mauer das unschädliche Wasser, sekundlich 250 cbm, durchzuführen, wird es in der Nähe der Sperrmauer durch den Felsen (Gneis und Basalt) mittels Stollen und Schächten abgeleitet, die wegen des hohen Absturzes zum Teil mit Eisen- und Stahlplatten ausgepanzert werden sollen. Anfänglich war ein Vorbecken geplant, aus dem das unschädliche Wasser mittels längeren, sehr kostspieligen Stollens abgeleitet, das schädliche Wasser über in den Felsen gesprengte große Überfälle dem Hauptbecken zugeführt werden sollte. Schwimmende Gegenstände werden durch Schwimmbatterien abgefangen; vor den Überfällen sind noch Eisbrecher angeordnet, obgleich das Eis auf den Becken bis zum Schmelzen verbleibt und das Wasser unterhalb des Eises an die Überläufe tritt. Sinkstoffe, die trotz der Schutzmaßnahmen (Verbauung der Wildbäche u. s. w.) in das Becken kommen, werden am oberen Ende durch kleine Weiher abgefangen und nach dem Verlauf der Hochflut beseitigt. Während des Baues der Sperrmauer soll das zufließende Wasser durch ein Wehr in vier Umlaufstollen von je 5 m Durchmesser gestaut und um den Bauplatz geführt werden. Soweit diese Stollen ein etwaiges Hochwasser nicht fassen, wird es über die beim Bau an den Hängen niedriger zu haltende Sperrmauer geleitet; im Jahre 1897 kamen hier 1200 cbm zum Abfluß. Ein solches Hochwasser kann auch zum Teil durch die in der Mauer anzulegenden Rohrstollen, die für den späteren Betrieb nötig sind, abgeführt werden. Ein Hochwasser, das nach vorausgegangener Füllung des fertigen Beckens etwa eintritt, wird durch die Überläufe und Abfallschächte abgeleitet. Die Sperrmauer soll nach Art der Urftsperrre gewölbt ausgeführt werden, doch ist bei Bemessung des Profils die Voraussetzung gemacht, daß das Wasser unter vollem Druck in irgend eine horizontale Fuge eindringe und von unten nach oben wirke, ohne Zugspannungen hervorgerufen; es ist mithin die größtmögliche Sicherheit geschaffen. Zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit sollen die dem Wasser ausgesetzten Flächen mit einem Verputz aus Cementmörtel, mit Trafszusatz versehen werden. Der Verputz reicht bis zum Felsen hinab und wird noch durch asphaltartige Anstrichmassen gegen das Eindringen des Wassers gesichert. Die Verputzflächen, soweit sie nicht durch Hinterfüllung oder im Untergrunde geschützt liegen, erhalten einen gemauerten Schutzmantel mit halbcylindrischen Einsteigschächten. Ferner sind auch im mittleren Teile des Profils Einsteigschächte und horizontal verlaufende Gallerien behufs späterer Untersuchung der Beschaffenheit des Mauerwerks geplant. Die Schutzmäntel sind bei Bemessung der Standfestigkeit nicht berücksichtigt. Da der Gesamteinhalt der drei Becken, 77 cbm, nur ausnahmsweise für den Hochwasserschutz erforderlich ist, wird ein Teil als Nutzbecken zu verwerten, jedoch bei in Aussicht stehender Hochflut rechtzeitig abzulassen sein.

Die ferner geplanten Stauweiher, d. h. umwallte Flächen zur vorübergehenden Aufnahme des Hochwassers, sind auf $2\frac{1}{2}$ Millionen Mark, die kleineren Sammelbecken im Gebiet der Katzbach auf zusammen

1 Million Mark veranschlagt. Für Hoch- und Nutzwasserbecken sollen jedoch nicht mehr als 12¹/₂ Millionen Mark verwendet werden. Es sind diese Kosten durch das Gesetz vom 3. Juli 1900 für den Ausbau der sechs hochwassergefährlichen, linksseitigen schlesischen Zuflüsse der Oder bewilligt (vergl. § 18, zu 5).

Nach den Berechnungen Intze's sind durch Sammelbecken, nach Verbesserung der Triebwerke und voller Ausnutzung des ihnen dargebotenen Wassers bis auf 75 v. H. Nutzeffekt, sowie namentlich nach voller Ausnutzung des bisher durch Triebwerke nur zum Teil genutzten Gefälles, für den Bober und seine Zuflüsse jährlich 55878000 PS.-Stunden, für den Queis außerdem noch 9904000 PS.-Stunden zu gewinnen, die einen Geldwert von 558780 M. bzw. 99040 M. jährlich darstellen, wenn 1 Pf. f. d. PS.-Stunde gerechnet wird. — Die zum Abflufs gelangte schädliche Wassermenge des Hochwassers Ende Juli 1897 ist für den unteren Bober zu 36 Millionen cbm und den unteren Queis zu 10 Millionen cbm bestimmt, zu deren Unterbringung 19 Becken, mit einem Hochwasserraum von 46 und einem Nutzwasser-raum von 20,65 Millionen cbm, also einem Gesamtinhalt von 66,65 Millionen cbm empfohlen waren.⁴⁴⁾

Auch Intze, der sich große Verdienste um die Anlegung der Nutzbecken erworben hat, kommt zum Ergebnis⁴⁵⁾: „Ausnahmsweise kann unter besonderen Verhältnissen die Anlage von Sammelbecken lediglich zum Schutze gegen Hochwassergefahr zweckmäßig sein, wenn große Wassermassen an günstigen Punkten aufgespeichert und langsam unschädlich zum Abflufs gebracht und wenn hierdurch wertvolle Landstriche und Ortschaften, die viel unter Hochwasser leiden, vor großem Schaden bewahrt werden können“. Infolge der fortgeschrittenen Entwicklung der Industrie und da das Wasser mittels der elektrischen Kraftübertragung jetzt auch auf größere Entfernungen leicht ausgenutzt werden kann, ist die Verbindung der Hochwasser- mit den Nutzbecken gegen früher erleichtert und die Frage zu Gunsten der Sammelbecken verschoben worden. Unter besonders günstigen Verhältnissen wird das Wasser auch zur Vermehrung der Kleinwassermenge im Interesse der Schifffahrt zu verwenden sein. Sammelbecken zum ausschließlichen Zweck des Hochwasserschutzes sind bisher auch in Frankreich nicht angelegt worden. Die bekannte Anlage bei St. Etienne dient hauptsächlich zur Wasserversorgung der Stadt; sie faßt 1,8 Millionen cbm, von denen nur 0,4 Millionen dem Hochwasser dienen. Während die Sammelbecken in Frankreich anfänglich von Vallès, Comoy, Belgrand, Boulangé warm empfohlen wurden, sind sie von Dupuit, Jollois, Lagrené, Graëff, Krantz als unsichere und zu kostspielige Anlagen bezeichnet worden.⁴⁶⁾

2. Einbaue im oberen Laufe der Flüsse bestehen in hochwasserfreien Querdämmen oder Mauern, welche das Hochwasserprofil an geeigneten Punkten des Flufstales

⁴⁴⁾ Über die Wasserverhältnisse im Gebirge, deren Verbesserung und wirtschaftliche Ausnutzung. Vortrag des Prof. Intze auf der XIII. Wanderversammlung des Verbandes deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine, auch in der Zeitschr. f. Arch. u. Ing. 1899, S. 1, Centralbl. d. Bauverw. 1898, S. 442, Deutsche Bauz. 1898, S. 501. — Gutachten des Wasserausschusses vom 11. Febr. 1898 nebst Bericht des Prof. Intze über die Wasserverhältnisse im Bober- und Queis-Gebiete. Auch in der Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1898, S. 185. Ferner die Druckschriften des preussischen Abgeordnetenhauses.

⁴⁵⁾ Zeitschr. f. Arch. u. Ing. 1899, S. 36.

⁴⁶⁾ Nouv. ann. de la constr. 1858, 1875, 1876. — Reverdy. Der Wasserbau auf der Pariser Weltausstellung 1878. — Zeitschr. f. Bauk. 1880. — Hefs. Über Sammelteiche. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1882.

In der neueren Zeit scheinen in Frankreich die Anhänger des alten Deichsystems sich vermehrt zu haben. Der von der französischen Regierung eingesetzte Ausschufs, der für die Verbesserung der Wasserwirtschaft Vorschläge machen sollte, betrachtet die wasserfreien Deiche als das einzig wirksame Mittel für den Schutz der Grundstücke, während alle anderen Mittel als nur in einzelnen Fällen erfolgreich bezeichnet werden, s. Annales industrielles 1879. — Auch für den Mississippi ist man zu diesem Ergebnis gelangt, s. La Nature 1879. — Ferner Gros. Sur l'insuffisance des réservoirs pour atténuer le danger des inondations. Ann. des ponts et chaussées 1881; diese Mitteilung ist veranlaßt durch einen von den Bewohnern des Garonne-Gebietes an die National-Versammlung gerichteten Antrag, Sammelbecken in den Pyrenäen und Cevennen anzulegen.

verengen, bei Hochwasser einen erheblichen Aufstau bilden, das Wasser auf die oberhalb gelegene weite, niedrige Ebene zurückstauen und so, ähnlich den Sammelbecken, die Hochflut zurückhalten und die Höchstwassermenge vermindern. Die örtlichen Verhältnisse sind selten günstig für die Anlegung solcher Einbaue; wegen der Wertverminderung, welche die Besitzer der zu überstauenden Flächen zu erleiden befürchten, wird sie wohl stets auf große Schwierigkeiten stoßen. Öfters hat aber die Natur solche Engpässe gebildet, z. B. haben die beiden Thalengen der Lausitzer Neisse oberhalb Görlitz den Hochwasserabfluß merkbar zurückgehalten, ferner weisen die Anhänger der Einbaue auf die günstige Wirkung der im oberen Loire-Thale oberhalb der Stadt Roanne zu Pinay und La Roche bestehenden massiven Dämme hin.

An beiden Punkten waren durch Felsen Engpässe gebildet, die durch eine, vom engen Flussschlauch bis zur Thalwand gezogene, sich auf Felsen stützende starke Granitmauer noch mehr verengt wurden. Bei Pinay, s. Fig. 1^{a-c}, Taf. XIX, beträgt die Lichtweite zwischen den beiderseitigen Mauern nur 19,7 m; die Mauer erhebt sich etwa 16 m über das seitliche Gelände, 21 m über die Sohle des Flusses, und ist 10 bis 17 m stark; der ausgeübte Stau betrug 2,923 m im Jahre 1846. Bei La Roche, siehe Fig. 2^{a-u, b}, Taf. XIX, wird das Flussbett durch die Felsen schon bis auf etwa 20 m in der Sohle, 30 m im oberen Teile zusammengedrängt; nur auf der Seite ist eine bis 10 m hohe Mauer errichtet, welche 1846 einen Aufstau von 6 m hervorgerufen haben soll. Beim Hochwasser von 1856 sollen bei Pinay 16 $\frac{1}{2}$ Stunden lang i. d. Sekunde durchschnittlich 1823 cbm und höchstens 3600 cbm zurückgehalten und es soll durch die erhebliche Verminderung der größten Hochwassermenge die Stadt Roanne gerettet sein. Auch haben jene, schon im Jahre 1711 errichteten Anlagen insofern günstig gewirkt, als das Hochwasser des großen Nebenflusses Allier, welcher einen kürzeren Lauf und ein größeres Gefälle als die Loire besitzt, schon vorüber war, als deren Hochwasser eintrat. Wären die Anlagen am Allier erbaut worden, so würde die Zurückhaltung des Wassers dieses Flusses ein Zusammentreffen mit den Hochfluten der Loire und somit eine Steigerung der Überschwemmungen zur Folge gehabt haben.

Bei einem längere Zeit anhaltenden Hochwasser vermögen auch die Querdämme keinen Einfluß mehr auszuüben, da sich alsdann ein Beharrungszustand einstellt, bei welchem die zufließende gleich der abfließenden Wassermenge ist. Bei abnehmendem Zuflusse wird der Abfluß sogar größer sein, woraus unter Umständen Nachteile für den unteren Lauf entstehen können.

3. Ferner sind Anlagen zur Zurückhaltung des Wassers im Gebirge, bestehend in kleinen Gräben⁴⁷⁾, Löchern, Brunnen u. s. w. vorgeschlagen, in denen das Wasser versickern soll. Wagerrechte, an beiden Enden zu schließende Sickergräben sind schon von Polonceau nach dem Hochwasser von 1846 empfohlen; sie sollen in 0,5 bis 1 m Weite, 10 bis 20 m Entfernung an den Berglehnen ausgeführt werden, um das rasche Abfließen des Wassers und das Abspülen des Bodens zu verhüten, dagegen die Quellen längere Zeit zu speisen und die für das Gedeihen der Pflanzen so wichtige Bodenfeuchtigkeit zu erhöhen. Bei der Herstellung ist eine regelmäÙsige Breite und Tiefe nicht erforderlich, es kann jedem zum Graben ungunstigen Boden, ja jedem größeren Steine ausgewichen werden, indem der Graben nach Belieben unterbrochen oder in der Höhe abgesetzt wird. Namentlich soll dadurch auch die sonst wegen Trockenheit des Bodens erschwerte Aufforstung ermöglicht werden.

Ähnliche Gräben sind an den Bergabhängen des Oberharzes⁴⁸⁾ und bei Schemnitz in Österreich zur Sammlung des Wassers für den Bergwerksbetrieb seit Jahrhunderten

⁴⁷⁾ Dumas. Études sur les inondations. Paris 1857. Ferner Wex. Wasserabnahme in den Quellen, Flüssen und Strömen. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1873. — Ann. industr. 1879. — Geppert. Vorschlag zur Wasserzurückhaltung im Hochgebirge, sowie Knobloch und Schmidt. Wasserzurückhaltung im Hochgebirge, sämtlich in der Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1879.

⁴⁸⁾ Dumreicher. Die Wasserwirtschaft des Oberharzes. Klausthal 1868.

angelegt; auch sind Sickergräben im Regierungsbezirke Nassau seitens der Forstverwaltung⁴⁹⁾ ausgeführt, indem die Abzugsgräben aus den versumpften Teilen eines Gebirgswaldes nicht etwa in die Thäler, sondern auf die tiefer liegenden Bergrücken geführt wurden, wo das Gestein oft eine nahezu senkrechte, für die Erhaltung und Ansammlung des Wassers günstige Lage besitzt oder wo es in etwa 0,6 m tiefen Sickergräben und breiten Löchern einsickern kann.

Die allgemeine Anwendung dieses Mittels ist ausgeschlossen. Es stehen nämlich größere geeignete Flächen gewöhnlich überhaupt nicht zur Verfügung, da die Gräben an steilen Hängen oder in grobem Geröll nicht ausgeführt werden können; an Stellen, wo der Felsen nur mit einer dünnen, sandigen Humusschicht bedeckt ist, würden sie bald durch den heftigen Regen zusammengerissen werden. Bei thonigem Boden ist ein Abrutschen oder eine Versumpfung der benachbarten Flächen zu befürchten. Die Kosten würden sehr groß, etwa 20 bis 40000 M. f. d. qkm sein, die Wirkung unsicher, die Ausführung würde den Widerspruch der Grundbesitzer hervorrufen.

§ 20. Schaffung eines ausgedehnteren Gebietes für die Hochfluten. Die Mehrzahl der für diesen Zweck vorgeschlagenen Mittel ist zwar in hohem Grade geeignet, den Hochwassergefahren vorzubeugen und daher an sich von großer Bedeutung, doch stößt ihre Anwendung im Einzelfalle auf Schwierigkeiten. Entweder sind die örtlichen Verhältnisse überhaupt nicht oder nur wenig geeignet, oder es sind die Anlagekosten zu groß, sodass sie im Missverhältnis zu dem zu verhütenden durchschnittlichen Schaden stehen, oder es wird der Ausführung wegen der Änderung der bestehenden wirtschaftlichen Verhältnisse widersprochen. Die Beteiligten ertragen lieber die ihnen ausnahmsweise durch Zerstörung oder Überflutung der Winterdeiche entstehenden Schäden, als die Nachteile und Unbequemlichkeiten, die etwa alljährlich durch das Einlassen der Fluten entstehen. Es ist auch zu beachten, dass die einheitliche Abführung des Hochwassers jeder Spaltung vorzuziehen ist, diese also nur anzuwenden ist, falls ein einheitliches Hochwasserbett von ausreichender Größe durch die am Schluss des § 3 angeführten Maßnahmen nicht herzustellen ist.

1. Es ist vorgeschlagen, Einlaßbecken im Flußthale selbst oder in dessen Nähe anzulegen, in welche das Hochwasser einzuleiten ist, um es später für andere Kulturzwecke, namentlich für Bewässerungen, zu verwenden. Sie entsprechen den im § 19 zu 1. erwähnten Stauweihern. Nur selten werden sich aber geeignete Flächen finden lassen, auch stößt die Vereinigung der Entlastung des Flusses mit den sonstigen Kulturzwecken leicht auf große Schwierigkeiten, immerhin giebt es gerade im deutschen Flachlande große wertlose Moor-, Bruch- und Heideflächen, die sich auch wohl zu jenem Zwecke mitunter verwenden lassen. Hierher gehören die in § 18 des XI. Kapitels besprochenen Flutaufspeicherungen des Banats. — Nebenbei sei bemerkt, dass von Dumas empfohlen ist, auf dem Grunde der Becken Brunnen, mit Steinen gefüllt, zur besseren Versickerung des Wassers anzulegen.

2. Eine Ableitung des Hochwassers durch Seitenkanäle⁵⁰⁾, die es behufs Bewässerung und Kolmation nach geeigneten Flächen leiten, ist für deren Melioration

⁴⁹⁾ Bericht über die V. Versammlung deutscher Forstmänner zu Eisenach. Berlin 1877.

⁵⁰⁾ Hobohm (s. „Regulierung der March“) ist im Jahre 1878 für Entlastungskanäle eingetreten, welche parallel zum Flusse links und rechts von demselben angelegt werden sollten, um einestheils die Massennieder-schläge aufzunehmen und abzuführen, andertheils die von den Gebirgen kommenden und dort künstlich angesammelten Wassermengen zu fassen und dieselben dann auch zur künstlichen Bewässerung der Thalgründe zu ver-

von großer Bedeutung. Hierdurch läßt sich der unermessliche Schatz von Düngstoffen, der gerade zur Zeit der Hochfluten nutzlos dem Meere zuströmt, für die Kultur zum Teil ausnutzen. Allerdings werden die örtlichen Verhältnisse nur selten gestatten, durch derartige Anlagen eine merkliche Verminderung der gewaltigen Hochwassermenge der größeren Flüsse herbeizuführen. Ein eigentlicher Entlastungs- oder Umflutkanal, bei welchem es also weniger auf die Befruchtung und Erhöhung der Niederungsfläche ankommt, wird sich für einen größeren Fluß gewöhnlich nur in der Weise herstellen lassen, daß das Profil nicht durch Ausgrabung, sondern durch Anlage von hochwasserfreien Leitdämmen gewonnen wird, indem die zwischen diesen Dämmen belegene Fläche als Grünland (Wiese oder Weide) genutzt wird. Der Kanal wird dann am oberen Punkte durch ein Wehr mit beweglichen Aufsätzen oder durch eine Einlaßschleuse geschlossen. Er tritt bei Sommerhochfluten thunlichst nicht in Thätigkeit, damit nicht die Nutzung der Kanalfläche gestört werde, die bei Winterüberschwemmungen eine Düngung, an einzelnen Stellen auch wohl einen zerstörenden Abbruch oder eine Übersandung erfährt. Gerade im deutschen Flachlande finden sich nicht selten alte, in früheren Jahrhunderten vom Hochwasser durchströmte Niederungen, welche später unwirksam geworden sind und sich zur Einrichtung als Entlastungskanal eignen.

Ein einheitlicher Hochwasserschlauch mit reguliertem Profile und sehr hohen und starken Deichen ist jedoch namentlich bei Flüssen mit schweren Eisgängen jeder Teilung des Wassers vorzuziehen, da das Eis durch Zufälligkeiten, besonders durch die Einwirkung des Windes veranlaßt, ebensowohl in dem einen, wie im anderen Arme vorwiegend abfließt. Durch die Ableitung des Wassers fehlt es oft an der zur Fortbewegung des Eises erforderlichen Kraft zur Überwindung der bedeutenden Widerstände, welche das Eis bei seiner Bewegung über die Vorländer, an den Ufern, und, da hauptsächlich Grund- und Schlammeis von geringer Tragfähigkeit in Frage kommen, auch auf der unregelmäßigen Flußsohle erleidet. Es erfolgt dann leicht eine Eisverstopfung, bei welcher dem noch freien Arme übermäßige Mengen von Wasser und Eis zugeführt werden, die auch dort Zerstörungen verursachen.

Seitenkanäle sind als sogenannte Umflutkanäle, zur Entlastung zu enger Flußstrecken, hauptsächlich in der Nähe von größeren Städten, woselbst eine Erweiterung des bestehenden Hochwasserprofils wegen der Strafsen, Quais, Gebäude u. s. w. nicht ausführbar ist, am Platze und in der neueren Zeit auch öfters ausgeführt, z. B. unweit Magdeburg an der Elbe, vergl. Kap. IX, § 16 und Fig. 2, Taf. IV. Bemerkenswert ist auch der Ill-Hochwasserkanal⁵¹⁾, welcher oberhalb Straßburg aus der Ill 175 cbm zum Rhein abführt, sodafs nur 75 cbm dem alten Ill-Bett verbleiben. In Langenthal (Schweiz) ist eine städtische Strafe als Hochwasserkanal ausgebaut.⁵²⁾ Die Einrichtung von Umflutkanälen ist auch zur Entlastung bestehender Brücken und Wehre von ungenügendem Hochwasserprofil vielfach einer Erweiterung dieser Bauwerke vorzuziehen.

3. Zur Verhütung einer übermäßigen Steigerung der zwischen den Hochwasserdeichen im engen Profile zusammengehaltenen Hochfluten sind vielfach Strecken dieser Deiche als Überläufe, d. h. in einer Höhenlage eingerichtet, welche erheblich niedriger

wenden. — Vergl. auch Ölwein. Zur Frage der Flußregulierungen. Vortrag. Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1879, in welchem das Hobohm'sche System bekämpft wird. — Dumas (Études sur les inondations. Causes et remèdes. Paris 1879) hat schon weit früher solche Kanäle empfohlen.

⁵¹⁾ Mitteilung von Fecht. Zeitschr. f. Bauw. 1894, S. 370.

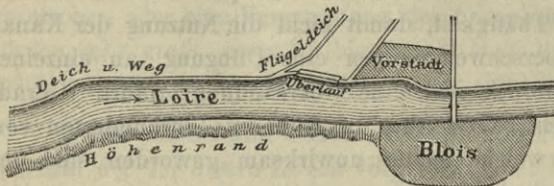
⁵²⁾ Centrabl. d. Bauverw. 1899, S. 210.

als der übrige Deich ist und in der Regel nur den höheren Sommerfluten entspricht. Bei diesen, auf der Binnenseite durch sehr flache Böschungen oder Abpflasterungen zu sichernden Überläufen strömt das Wasser bei allen höheren Wasserständen, also namentlich bei den hohen Winterfluten, in die Marsch ein, ohne daß ein Überfluten der übrigen Deichstrecken erfolgt, das ihre baldige Zerstörung leicht zur Folge haben würde. Die Einrichtung von Überläufen ist aber auch da von Nutzen, wo die eingedeichte Niederung eine Überschlickung durch die Winterfluten zu ihrer Befruchtung und Erhöhung bedarf oder wo die Erträge durch Qualmwasser regelmäsig so sehr vermindert werden, daß die Flächen besser als Grünland ge-

Fig. 39. Überlauf bei Avaray (Loire).



Fig. 40. Überlauf bei Blois (Loire).



nutzt und mittels der Überläufe bewässert werden; in solchen Fällen sind am unteren Ende Auslässe einzurichten, damit eine Erneuerung des Wassers stattfinden könne. — Beispiele bieten die Überläufe der Loire (Fig. 39 u. 40).

Sollte auch im Sommer ausnahmsweise ein sehr hoher Stand eintreten, so ist das Wasser durch vorübergehendes Aufdämmen der Überlaufstrecken zu kehren. — Näheres über Überläufe im § 10.

4. In vielen Fällen sind große, mit Dammbalken oder Schützen versehene Einlaßschleusen den Überlaufdeichen vorzuziehen, weil sie die volle Druckhöhe des Wassers ausnutzen, nach Bedürfnis geöffnet oder geschlossen werden können und keiner besonderen Arbeiten beim Eintreten außerordentlicher Sommerfluten bedürfen, wie dies bei den aufzukadenden Überläufen der Fall ist; auch sind die Unterhaltungskosten solcher Einlaßschleusen geringer als die der Überläufe. Trotzdem verdienen Überläufe wegen der geringeren Anlagekosten den Vorzug, sofern es sich um sehr große Wassermengen handelt. Einlaßschleusen sind dagegen unentbehrlich, falls hauptsächlich eine Bewässerung der Niederung bezweckt wird, also eine Zuführung des Wassers auch zur Zeit der gewöhnlichen Wasserstände oder der mittleren Hochfluten, die bei den Überläufen überhaupt nicht Einlaß finden würden. Bei den Einlaßschleusen bleibt man Herr der Verhältnisse, vermeidet die Unbequemlichkeiten einer unregelmäßigen Überflutung, kann die Grundstücke auch abwechselnd trocken legen und ein zu hohes Anstauen des Wassers im Überflutungsgebiete verhindern. Man kann allen Teilen der Fläche fließendes Wasser zuführen, durch welches auch die aufgelösten Stoffe, die oft wichtiger als die schwebenden Stoffe sind, nutzbar gemacht werden. Das Wasser wird dann entweder durch Querdämme aufgestaut und gleichmäsig verteilt, oder wie bei den von Hefs ausgeführten Anlagen an der mittleren Weser in einzelne Reviere behufs Stauberieselung geleitet. Man vergleiche Kap. IX, S. 63 u. 65. Das über die Überläufe und ohne weitere Regulierung wild durch die Niederung strömende Wasser läßt die wertvollsten Stoffe im Anfange zurück und bewegt sich hauptsächlich durch die Mulden. Die Überläufe bleiben auch oft zu lange in Thätigkeit, wodurch die Frühjahrsbestellung zu sehr verspätet wird oder die Flächen bei der eingetretenen warmen Witterung und der beginnenden Vegetation erheblich leiden. Der Erfolg wird durch die Aufstellung einer

Schöpfmaschine erheblich gesteigert, welche rechtzeitig Vorflut schafft und die Bewässerung auch in trockener Jahreszeit ermöglicht. Es ist jedoch zu beachten, daß bei denjenigen Anlagen, welche eine wirksame Entlastung der Deiche bezwecken, von der bisherigen Ackerwirtschaft zur Wiesen- und Weidenwirtschaft übergegangen werden muß und daß die Deiche auch auf der Binnenseite gegen Wellenschlag zu schützen sind.⁵³⁾

Für das Einlassen des Hochwassers in die Niederungen und den Übergang von Ackerwirtschaft in Wiesen- und Weidenbetrieb ist namentlich H. Gerson in der Schrift: „Wie es hinter unseren Deichen aussehen müßte“, Berlin 1889, sowie durch seine Thätigkeit in landwirtschaftlichen Kreisen lebhaft eingetreten.⁵⁴⁾ Es sind auch zahlreiche Entwürfe aufgestellt worden, die aber größtenteils unausgeführt geblieben sind, weil die beteiligten Grundbesitzer die Kosten scheuten. Hierher gehören die Entwürfe für das Einlassen des Winterhochwassers in die Reipziger Niederung oberhalb Frankfurt a. O. (Centralbl. d. Bauverw. 1894, S. 105), desgl. in die Elbe-Niederung zwischen Wittenberg und Dömitz (Deutsche Bauz. 1891, S. 518), desgl. in die Elbe-Niederung bei Lenzen (Centralbl. d. Bauverw. 1896, S. 11), bei der für die 6 km lange, 974 ha große Niederung eine 9 m weite Einlaß- und eine 8 m weite Auslaßschleuse, sowie ein Schöpfwerk geplant waren, desgl. in die Arberger Wesermarsch (Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1895, S. 153), bei der die 1500 ha große Niederung mittels einer Einlaßschleuse bewässert werden soll.⁵⁵⁾

5. Um den Nachteilen der hochwasserfreien Winterdeiche gründlich abzuwehren, hat man die Verwandlung der bestehenden Winterdeiche in Sommerdeiche vielfach vorgeschlagen. Dieses System, für das sich schon Rechteren und Vallès⁵⁶⁾ ausgesprochen, ist auf Fig. 5, Taf. XIX, in der von Schlichting⁵⁷⁾ empfohlenen Form dargestellt. Zur Verhütung der heftigen Durchströmung der Niederung sollen hochwasserfreie Querdämme angelegt werden, die zugleich als Wege dienen, ferner wären die Ortschaften zunächst durch Ringdeiche zu umgeben oder auf hochwasserfreien Hügeln zu errichten und mit jenen Querdämmen durch hochwasserfreie Wege zu verbinden, während die Längsdeiche als Sommerdeiche und nur im Anschlusse an die Querdämme hochwasserfrei hergestellt werden, damit Wasser und Eis nicht zu heftig in den Polder eindringen. Um auch niedrigere Winterfluten, welche die Sommerdeichhöhe nicht erreichen, für die Niederung nutzbar zu machen, sollen Bewässerungsschleusen am oberen, Entwässerungsschleusen am unteren Ende eines jeden Polders im Sommerdeiche erbaut, endlich bei zu großer Höhe des Sommerdeiches, um das Eintreten der Winterfluten zu erleichtern, auch im Sommerdeiche nötigenfalls Überlaufstrecken gebildet werden. Behufs allmählicher Einführung dieses Systems in bereits eingedeichten Niederungen und behufs späterer Beseitigung der Ringdeiche soll durch baupolizeiliche Vorschriften auf die Herstellung von hohen Fundamenten bei neuen oder umzubauenden Gebäuden hingewirkt werden.

Das System würde größere Anlage- und Unterhaltungskosten als dasjenige der gut angelegten hochwasserfreien Deiche erfordern, indem die Ringdeiche, Querdämme und erhöhten Wegedämme zeitweise einem heftigen, auf den weiten Wasserflächen entstehenden Wellenschlage ausgesetzt wären. Immerhin wird

⁵³⁾ Danckwerts. Bewässerung holländischer Niederungen mit dem Hochwasser des Rheins. Zeitschr. f. Bauw. 1891, S. 301. — Über das Einlassen von Flußwasser in bedeihte Polder. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1890, S. 289.

⁵⁴⁾ Gutachten der Akademie des Bauwesens über die Gerson'schen Vorschläge im Centralbl. d. Bauverw. 1891, S. 421, auch Centralbl. d. Bauverw. 1889, S. 139, und Deutsche Bauz. 1891, S. 491.

⁵⁵⁾ In dem Aufsatz „Zum Deichwesen“, Deutsche Landeszeitung vom 2. April 1876, steht Graf Willamowitz auf dem Gerson'schen Standpunkte der Grünland-Wirtschaft.

⁵⁶⁾ Vallès. Études sur les inondations. Paris 1858. (Preisschrift.) — J. D. van Rechteren. Reveiliging der Rivierpolders tegen doorbraak in de Dyken, sowie Mitteilung von Franzius in der Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1866.

⁵⁷⁾ J. Schlichting. Aderweilige Eindeichung der Flußthäler. Sorau 1880.

es für solche bewohnten Marschen am Platze sein können, die in steter hoher Deichbruchgefahr schweben, ohne daß ihnen durch Fluß- oder Deichregulierungen in Verbindung mit Entlastungsanlagen abzuhelfen ist; denn die Deichgefahr wird vermindert werden, da die gegen Wellenschlag zu verteidigenden Ringdeiche geringere Länge besitzen und sich in unmittelbarer Nähe der Wohnungen befinden. Für unbewohnte Niederungen an Gebirgsflüssen ist ein Querdeichsystem ohne Längsdeiche ausnahmsweise, nämlich an der Durance, Fig. 13^{a-c}, Taf. XIX, bereits zur Ausführung gebracht und im § 6 näher besprochen.

Ein Einlassen der Winterfluten wird allerdings in Erwägung gezogen werden müssen, falls die Marsch regelmäfsig so sehr unter Qualmwasser leidet, daß ein Ackerbetrieb bei den heutigen wirtschaftlichen Zuständen dem Grünlandbetriebe (Weidewirtschaft) nachsteht und die Anzahl der Wohnungen gering ist, sodafs sich die besondere Umdeichung oder der Aufbau auf wasserfreien Hügeln (Worthen) oder auf hochwasserfreien Fundamenten ohne zu grofse Schwierigkeiten durchführen läfst, auch bei Ertheilung der Baugenehmigungen allmählich zu erreichen ist. Es wird dann aber erst festzustellen sein, ob nicht die Einrichtung von Überläufen insofern den Vorzug vor der Verwandlung der Winter- in Sommerdeiche verdient, als sich durch Erhöhung der Überlaufkronen die hohen Sommerfluten leichter kehren lassen. Macht man, um dies zu verhüten, die Sommerdeiche zu hoch, so finden auch die meisten fruchtbringenden Winterfluten keinen genügenden Eintritt und es wird die Unterhaltung der Deiche zu kostspielig.

Ist jedoch die am Qualmwasser leidende Marsch dicht bevölkert und in hoher Kultur, auch von zahlreichen Wegen, vielleicht selbst von Eisenbahnen in Geländehöhe durchzogen, so ist ein Aufgeben der Winterdeiche wegen der Kosten schwer durchführbar. Es blieb z. B. der für die Dannenberger Niederung aufgestellte Entwurf der Zurücklegung des Elbdeiches unausgeführt, obgleich die Niederung sehr stark unter Qualmwasser leidet und der Deich im Frühjahr 1888 vielfach zerstört war. Die Umwandlung der Winter- in Sommerdeiche oder die Beseitigung der Deiche wird immer wieder von Einzelnen empfohlen, von den Beteiligten sind aber dahin zielende Anträge nicht gestellt worden, vielmehr sucht man durch Erhöhung und Verstärkung der bestehenden Deiche einen gröfseren Schutz zu gewinnen. Zur Einschränkung der bestehenden Mifsstände wird man vorzugsweise die im § 4 zur Verminderung des Qualmwassers empfohlenen Mafsnahmen anwenden und auferdem für eine geregelte Zuführung des befruchtenden und den Boden erhöhenden Wassers mittels Einlafsschleusen sorgen müssen, indem nur die hierfür geeigneten Flächen bewässert werden.

6. Auch offene Deichanlagen, welche dem Wasser am unteren Ende der Niederung den Eintritt gestatten, sind als Entlastungsanlagen in solchen Fällen zu empfehlen, wo nach der Lage und Gestalt der Niederung, z. B. bei einer vorspringenden Halbinsel, anzunehmen ist, daß eine gelinde Überströmung derselben stattfinden wird. Kann nur ein einmaliges ruhiges Einstauen des Wassers erfolgen, so ist die Überschlückung zu gering und bietet keinen genügenden Ersatz für die Wirtschaftsstörungen (vergl. § 2). Für sandige Flächen, die vom Wasser leicht ausgelaugt werden und stark unter Qualmwasser leiden, sind die offenen Deiche zu empfehlen, falls das kostspieligere System der Einlafsschleusen nebst Bewässerung nicht gewählt werden kann. Am Unterrhein finden sich offene Polder in solcher Ausdehnung, daß sie beim höchsten Wasser 200 Mill. cbm aufnehmen können. —

Handelt es sich um die Verbesserung alter fehlerhafter Deichanlagen an einem gröfseren Flusse, dessen reich gesegnete Niederungen in hoher Kultur stehen, so gehört die richtige Auswahl der zu ergreifenden Mittel zu den schwierigsten Aufgaben des Hydrotekten, selbst für den Fall, daß ihm ausreichende Vorarbeiten, also namentlich

genügende Beobachtungen über die Dauer und das Anwachsen der Hochfluten, sowie über die Wassermengen bei den verschiedenen Hochwasserständen zur Verfügung stehen. Denn es erfahren in der Regel auch die wirtschaftlichen Zustände eine Änderung; die richtige Beurteilung dieser Verhältnisse ist bei dem steten Wechsel des wirtschaftlichen Lebens sehr schwierig. Ein für alle Verhältnisse passendes Verfahren giebt es überhaupt nicht, nur nach eingehendem Studium der örtlichen Verhältnisse läßt sich das geeignetste Mittel angeben.

§ 21. Sonstige Mittel zur Verminderung der Gefahren und Nachteile der Überschwemmungen.

1. Für diejenigen Flüsse, deren Deiche am meisten beim Eisgang gefährdet sind, hat sich die Anschaffung zahlreicher Eisbrechdampfer als segensreich erwiesen, die, von unten beginnend, schon bald nach Bildung des Eisstandes die Aufeisung bewirken. Namentlich sind die noch im Flutgebiet liegenden Strecken möglichst bald vom Eise zu befreien. Dies ist z. B. auf der Elbe in den letzten Jahren von der Mündung bis unweit Magdeburg vor dem Eintritt des Frühjahrshochwassers gelungen; auch an der Weichsel haben die Eisbrechdampfer sehr gut gewirkt.⁵⁸⁾

2. In den Niederlanden sind Fluchthügel zur Bekämpfung des Notstandes, welcher zur Zeit der Überschwemmungen in einzelnen Niederungen eintritt, angelegt worden. Auf diese Hügel können sich die Bewohner der Niederungen mit ihrem Vieh und ihrer Habe flüchten, nachdem sie durch Notschlüsse von dem Überströmen des Deiches oder Überlassens in Kenntnis gesetzt worden sind. Sie entsprechen den in älterer Zeit ausgeführten Worthen und sind neuerdings zuerst im Jahre 1852 seitens der niederländischen Regierung zu Best und Rhenoy in Niederbetuwe in einer Größe von $47 \times 20,5$ m, bzw. $45,5 \times 23$ m, einfachen (an der Westseite zweifachen) Böschungen, 1 m über dem höchsten Wasserstande, nebst Rampen von 3 m Breite ausgeführt. Die Regierung wollte jährlich 10000 fl. (17000 M.) für diesen Zweck verwenden, fand aber bei der Provinz Gelderland und bei den Bewohnern selbst geringe Unterstützung, sodafs die weitere Ausführung vorläufig unterblieb. Erst nach den großen Überschwemmungen von 1861 wurde der Gegenstand von neuem in Betracht gezogen und zum Gegenstande einer Preisbewerbung⁵⁹⁾ gemacht, in der die Herren Dr. Staring und J. van der Toorn siegten.

Nach ihren Vorschlägen sollen die Fluchthügel entweder freiliegend oder im Anschluß an den Deich errichtet werden. Die freiliegenden Hügel sollen entweder rechteckige oder kreisrunde Flächen von etwa 2000 bis 2500 qm Oberfläche, ausreichend für etwa 500 Personen mit ihrem Vieh, bilden, 0,5 bis 1 m über dem höchsten Wasserstande bzw. der Deichkrone liegen, 2- bis 3fache Böschungen und eine Rampe besitzen (Fig. 41) oder aber nach Fig. 42 (S. 678) als Ringdeiche von gleicher Höhe, mit 3 m Kronenbreite, 3facher Außen-, 2facher Binnenböschung und mit einem kleinen Siele zum Ablassen des sich in gewöhnlichen Zeiten ansammelnden Wassers angelegt werden. Sie sollen sowohl mitten in den Notstandsgegenden, als namentlich in der Nähe des Deiches, wo die Arbeiter in ihren niedrigen Häusern zu wohnen pflegen, hergestellt werden. Fluchthügel im unmittelbaren Anschluß an den Deich sollen nur da angeführt werden, wo die betreffenden Deiche Vorland genug haben und nicht durch die Strömung leiden. Vor jedem am Deiche liegenden Dorfe soll für je 600 Personen eine etwa 200 m lange Strecke binnen um 10 m verbreitert werden, was wegen des geringeren Erdbedarfs und der kleineren Grundfläche billiger als die Anlage freistehender Hügel ist und gleichzeitig eine Deichverstärkung bildet.

⁵⁸⁾ Görz. Die Eisbrecharbeiten an der Weichsel. Zeitschr. f. Bauw. 1888. — Verhandlungen über die Mittel zur Verhütung von Eissperrungen auf dem VI. Internationalen Binnenschiffahrts-Kongress 1894. — Görz u. Buchheister. Das Eisbrechwesen im Deutschen Reiche. Berlin 1900. — Vergl. auch Kap. XI, S. 532.

⁵⁹⁾ Bekroonde antwoorden betreffende vlugtheuvels. s'Gravenhage 1862.

Fig. 41.

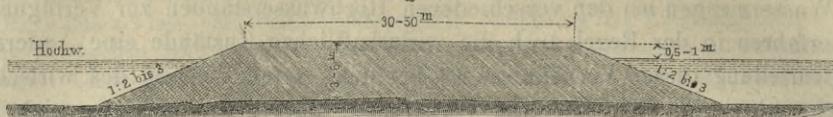
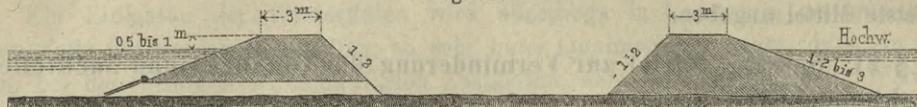


Fig. 42.



Auch wurde die Ausrüstung der Fluchthügel mit billigen Hütten für die Menschen, mit Verschlägen für Vieh, mit eisernen Betten und Viehfutter, sowie ferner die Umdeichung der als Zufluchtsorte zu wählenden Kirchen und Schulen mit Ringdeichen empfohlen.

Auf Grund dieser Vorschläge⁶⁰⁾ sind seit 1861 noch 12 Fluchthügel hergestellt, nämlich acht freiliegende Hügel und vier durch Verbreiterung der Deichkrone gewonnene Hügel, die hauptsächlich in den Bezirken Maas und Waal, Overbetuwe und Bommelerwaard ausgeführt sind. Auch ist die Stadt Nieuwpoort in der Provinz Südholland durch Benutzung der Stadtwälle durch einen besonderen Ringdeich mit 0,5 m weitem Siele von dem Ablasserwaard abgesondert; ferner ist im Bommelerwaard, oberhalb des Meidijk, die Binnenberme stark erhöht und auf dieser hohen Binnenberme sind die Wohnhäuser wieder aufgebaut.

Solche Fluchthügel mildern zwar die bei Überschwemmungen eintretende Not und Gefahr, doch bleibt die Lage der Bewohner noch immer eine so hilfsbedürftige, daß die Hügel nur da in Betracht kommen können, wo die für die Regulierung der Deich- und Flußverhältnisse erforderlichen größeren Opfer unerschwinglich erscheinen. Eine Umdeichung der Dörfer, eine Verlegung der einzeln stehenden Gehöfte auf Worthen oder eine Errichtung der Gebäudefundamente in wasserfreier Höhe würde den Fluchthügeln jedenfalls vorzuziehen sein, ist aber in denjenigen Marschen, wo die ärmlichen niedrigen Arbeiterhütten zerstreut längs der Binnenberme des Deiches errichtet sind, sehr schwer durchführbar.

3. Durch die Einrichtung eines ausgedehnten hydrologischen Dienstes und durch telegraphische Übermittlung der Pegelbeobachtungen aus dem oberen Flußgebiete ist es möglich, die Höhe und das Eintreffen der Hochwasserstände im mittleren und unteren Flußlaufe mit einiger Sicherheit vorher zu bestimmen und mittels eines ausgedehnten Hochwasser-Nachrichtendienstes zur allgemeinen Kenntnis zu bringen. Durch frühzeitige Bergung der Ernte, Aufkadung der Überläufe, rechtzeitiges Öffnen etwaiger Grundablässe und Vorbereitungen für die Verteidigungsarbeiten wird sich dann mancher Nachteil von den Niederungen abwenden lassen.

Für eine einigermaßen zuverlässige Hochwasser-Vorhersage sind allerdings vieljährige Feststellungen über den Verlauf der Flutwellen erforderlich, die am besten aus den genauen Anschreibungen der selbstzeichnenden Pegel, sowie unter Mitbenutzung der Meldungen über die Niederschläge zu gewinnen sind. An den wichtigeren norddeutschen Flüssen ist bereits ein Hochwasser-Meldedienst zur Verbreitung von Nachrichten über Hochwasserstände und Eisgänge eingerichtet worden, ebenso in Frankreich, Ungarn und den Vereinigten Staaten.

Es ist z. B. für die Oder und ihre Nebenflüsse eine Meldedienstordnung vom 1. Oktober 1895 erlassen (Breslau 1896), die den Meldedienst für alle beteiligten Dienststellen ordnet, auch eine Beschreibung verschiedener Hochwasser, einen Vergleich einiger Flutwellen u. s. w. enthält, woraus eine, allerdings nur

⁶⁰⁾ Mitteilung des Herrn J. van der Toorn.

beschränkte, Voraussage für die Beteiligten ermöglicht wird. Die Nachrichten über gefährliche Wasserstände im Flußgebiete der Oder werden täglich dem Oberpräsidium in Breslau zugesandt, welches Höhe und Eintrittszeit des Hochwassers ermittelt und verbreitet. Die Verbreitung der Nachrichten und der Voraussage erfolgt telegraphisch, telephonisch, durch Postkarten und durch Boten, sowie durch Aushang u. s. w., doch wird eine Vermehrung der Meldestellen und eine Beschleunigung betreffs der Sammlung der Hochwassernachrichten und ihrer Verbreitung angestrebt. In Ungarn wird auf Grund der telegraphisch einlaufenden Pegelangaben des Donaugebietes täglich eine Karte angefertigt, gedruckt und versandt, auf der die Niederschlagsbeobachtungen und die zu erwartenden Wasserstände verzeichnet sind; jeder Empfänger erhält also ein Bild der Gesamtlage, doch geht Zeit durch die Anfertigung u. s. w. der Karte verloren. Beim Odergebiet wird wegen des raschen Fortschreitens der Flutwelle auf die schnelle telegraphische Verbreitung der größte Wert gelegt.⁶¹⁾

4. Von den französischen Schriftstellern, namentlich von Dupuit⁶²⁾, ist der Vorschlag gemacht, die bedrohten Niederungen zu versichern, um den bei außerordentlichem Hochwasser eintretenden finanziellen Verlust mittels der Prämienzahlung auf die besseren Jahre zu verteilen, wie solches auch bei Hagel-, Unfall- und ähnlichen Versicherungen geschieht. Eine solche Assekuranz würde schwerlich von einer Privatgesellschaft unternommen werden können, liefse sich aber durch ein landschaftliches oder staatliches Institut um so eher einrichten, als auch jetzt der Staat und die Privatwohlthätigkeit nach größeren Unglücksfällen eintreten müssen, um die wirtschaftliche Existenz der schwer betroffenen Grundbesitzer zu ermöglichen.

5. Zahlreiche Änderungen in der Gesetzgebung sind erforderlich, um die vorstehend besprochenen technischen Maßnahmen überhaupt durchführen zu können; es fehlt in der Regel die gesetzliche Grundlage für die Erhaltung und Ausdehnung der Wälder, die Anlegung von Sammelbecken und Sammelweihern, die Regulierung und sachgemäße dauernde Unterhaltung der nicht schiffbaren Flüsse durch leistungsfähige Verbände, die Freilegung und Freihaltung des wesentlichen Hochwasserbettes u. s. w. Es sind Wasserbücher anzulegen, in denen namentlich auch die Verhältnisse der Stauanlagen klarzulegen sind, Schauordnungen zu erlassen und Schaukommissionen für die regelmäßige Besichtigung der Wasserläufe, die Freihaltung des Hochwasserbettes und die wasserwirtschaftlichen Fragen einzusetzen. Für Preußen kommt bezüglich der Freihaltung des Hochwasserbettes das Deichgesetz vom 28. Januar 1848 in Betracht; es ist die deichpolizeiliche Genehmigung des Bezirksausschusses herbeizuführen, doch hat das Oberverwaltungsgericht am 30. Januar 1899 erkannt, daß Wohn- und Wirtschaftsgebäude nicht zu den deichähnlichen Erhöhungen (§ 1 des Deichgesetzes) gehören, während das Ministerium für Landwirtschaft am 16. Mai 1899 entgegengesetzte Anweisungen erteilt hat. Die Unterhaltung der Flußläufe darf nicht auf eine bloße Räumung und Auskrautung beschränkt werden, zu der in Preußen die Anlieger gewöhnlich nur nach dem Vorflut-Edikt vom 15. November 1811 und dem Privatflußgesetz vom 28. Februar 1843 verpflichtet sind. Nach neueren Entscheidungen des Oberverwaltungsgerichts (Bd. 5, S. 253, Bd. 8, S. 229) sind allerdings Anlandungen, Verstrauchung und Abbruch, letzterer insoweit er das Bett verschlammt, zu verhindern.

⁶¹⁾ Wasserstands-Vorherbestimmungen sind seit 1854 von Belgrand im Seine-Becken, von Comoy an der Loire, von Poincaré an der Maas vorgenommen; vergl. Belgrand. La Seine. Paris 1873. — Vom französischen Ministerium der öffentlichen Arbeiten sind am 11. Dez. 1878 die „Règlements et instructions concernant l'annonce des crues et l'étude du régime des rivières“ erlassen, welche auch für andere französische Flüsse eingeführt werden sollen. — Neuere Litteratur über Hochwasser-Vorhersage ist am Schluß dieses Abschnittes (S. 680) angegeben.

⁶²⁾ Dupuit. Des inondations; examen des moyens proposés pour en prévenir le retour. Paris 1858.

Neuere Litteratur.

1. Hochwasserkatastrophen, Verminderung von Hochwasserschäden u. s. w. betreffend.

- H. Garbe. Deichwirtschaft und Bekämpfung des Hochwassers. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1882.
- Über das Hochwasser der Seine. Ann. des ponts et chaussées 1883, S. 318.
- Ermittlung von Hochwassermengen. Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1883, S. 215; 1884, S. 25.
- Verminderung der Anschwellungen der großen Flüsse. Scientific american 1884, S. 229.
- Vaticché. Hochwassermengen von Gebirgsflüssen. Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1883, S. 182.
- H. Keller. Wasserwirtschaft und Hydrologie. Centralbl. d. Bauverw. 1883, S. 122.
- Honsell. Die Hochwasserkatastrophe am Rhein 1882. Berlin 1883.
- Verhütung von Hochwasserschäden. Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1883, S. 279 und Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1883, S. 417.
- Lueger. Entstehung und Verlauf der Hochfluten. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1885, S. 77.
- Klunzinger. Über Hochwasser. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1886, S. 10.
- Regulierung der Ströme zur Verminderung der Hochwasserschäden. Deutsche Bauz. 1887, S. 198 u. 267.
- Schlichting. Überschwemmungen und Deiche. Deutsche Bauz. 1888, S. 197.
- Überschwemmungen im unteren Weichsel-, Warthe- und Elbe-Gebiet. Centralbl. d. Bauverw. 1888, S. 151.
- Intze. Bessere Ausnutzung des Wassers. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1888, S. 984.
- Wasserwirtschaft des Harzes. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1888, S. 1142.
- Geschäftsanweisung für Hochwasser- und Deichverhältnisse in Preußen. Centralbl. d. Bauverw. 1889, S. 33 u. 123.
- Mafsregeln zur Abwendung von Überschwemmungsgefahren. Centralbl. d. Bauverw. 1889, S. 72.
- Gerhardt. Beseitigung der Hochwassergefahren. Centralbl. d. Bauverw. 1889, S. 139.
- Überschwemmungen an der Unterelbe im Jahre 1888. Deutsche Bauz. 1889, S. 574; auch Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1889, S. 173.
- Ergebnisse der Untersuchungen der Hochwasserhältnisse im deutschen Rheingebiete. Herausgegeben vom Bureau für Meteorologie und Hydrographie in Karlsruhe, bezw. von der Reichskommission. Berlin 1891. Auch Centralbl. d. Bauverw. 1892, S. 109 u. 255, sowie Deutsche Bauz. 1893, No. 49.
- Das Karlsbader Hochwasser von 1890. Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1891, S. 265.
- Hochwasser der Moldau und Elbe. Techn. Blätter 1891, S. 27 u. 36.
- L. Hagen. Vortrag über Hochwassergefahren u. s. w. Centralbl. d. Bauverw. 1892, S. 389.
- Sonne. Über Hochwasser u. s. w. Deutsche Bauz. 1892, S. 215.
- Gerson. Über Niederungs-Landwirtschaft. Landw. Jahrbücher 1893.
- Vereinbarungen zwischen Preußen und Holland wegen der Hochwasser- und Eisgefahr im Rhein. Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 423.
- H. Keller. Die Sommerhochwasser in der Oder u. s. w. Centralbl. d. Bauverw. 1894, S. 345.
- H. Keller. Die Hochwasser der norddeutschen Ströme. Centralbl. d. Bauverw. 1896, S. 521.
- Schmidt. Verzögerung der Niederschläge im Gebirge. Centralbl. d. Bauverw. 1895, S. 379.
- Mafsregeln zur Abwendung von Hochwassergefahren. Deutsche Bauz. 1897, S. 514.
- Hellmann. Wolkenbrüche im Riesengebirge, Juli 1897 und August 1888. Meteorol. Zeitung 1897, S. 313 u. desgl. 1889.
- Hochwasserkatastrophe in Sachsen im Juli 1897. Wochenausgabe der Zeitschr. f. Arch. u. Ing. 1897, S. 496.
- Hochwassergefahren und ihre Bekämpfung durch Sammelbecken, von Hempel, nebst Entgegnung von Tolkmitt. Zeitschr. f. Binnenschiffahrt, Dezbr. 1897.
- Die Hochwasserkatastrophe im Bezirk Balingen (Württemberg). Deutsche Bauz. vom 8. Febr. 1898.
- Die Vorbeugung gegen Wassergefahren für das Oder- und Elbe-Gebiet. Gutachten des Wasserausschusses. Berlin 1898 u. 1899.
- Lindig. Die Weißeritz-Hochflut im Jahre 1897 und die zur Ausführung gebrachten Flußbauten. Zeitschr. f. Arch. u. Ing. 1899, S. 474.

2. Hochwasser-Vorhersage und Nachrichtendienst betreffend.

- Über die Anschwellungen der Saône. Ann. des ponts et chaussées 1884, S. 238.
- Sonne. Über Hochwasser-Vorausberechnungen. Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1884, S. 342.
- Sasse. Bestimmung der höchsten Wasserstände. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1885.
- Schrader. Ankündigung der Sommerhochwasser. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1885.

- Préau deau. Hydrologie der Seine. Paris 1884.
- Nachrichtendienst für Hochwasser und Eisgänge in Preußen. Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 45, auch daselbst 1893, S. 493.
- Ankündigung der Hochwasser des Ohio. Ann. des ponts et chaussées 1884, S. 487 und Wochenbl. der Baukunde 1885, S. 294.
- Harlacher u. Richter. Vorherbestimmung der Wasserstände der Elbe in Böhmen und Sachsen. Allg. Bauz. 1886, S. 17; Zeitschr. f. Bauw. 1887, S. 603 und daselbst 1894, S. 85 (von Richter).
- Mazoyer. Vorherbestimmung des Hochwassers in der mittleren Loire. Ann. des ponts et chaussées 1890, II. S. 441; desgl. in Frankreich, daselbst 1881, I. S. 272; 1888, I. S. 464; 1889, I. S. 629; 1890, II. S. 451; 1892, I. S. 166; 1896, II. S. 128.
- Selbstthätige Hochwasser-Warnungen. Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1891, S. 114.
- Ehlers. Hochwasser-Voraussage an der Oder. Zeitschr. f. Bauw. 1894, S. 283 und Centralbl. d. Bauverw. 1894, S. 310.
- Berichte des internationalen meteorologischen Kongresses in Chicago 1893 über die Vorhersage in den verschiedenen Ländern. Auszug in der Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1895, Heft III.
- Veröffentlichungen des Centralbureaus für Meteorologie und Hydrographie im Großherzogtum Baden über den Rheinstrom, insbesondere I. und II. Heft. Berlin 1891, auch Centralbl. d. Bauverw. 1892, S. 255.
- Iszkowski. Wasserstands-Vorhersage. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1894, S. 87.
- Hochwasser-Voraussage in den Vereinigten Staaten. Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 169.
- Hochwasser-Meldedienst an der Saale. Schiff 1897, S. 25.
- Heubach. Zur Wasserstands-Vorhersage. Deutsche Bauz. 1897, S. 370; auch daselbst 1898, S. 48.
- Kleiber. Studien über Wasserstands-Vorhersage. Zeitschr. f. Gewässerkunde 1898, S. 10 u. 129.
- Hochwasser-Nachrichtendienst in Sachsen. Centralbl. d. Bauverw. 1899, S. 351.

B. Seedeiche.

§ 22. Vorkommen und Einteilung der Seedeiche. Die an Küsten und Flussmündungen vorkommenden Deiche werden Seedeiche genannt. Sie werden indessen nur ausnahmsweise am offenen Meere hergestellt, da dieses entweder von Sanddünen oder von Felsen begrenzt zu sein pflegt. In geschützten Buchten, hinter Inseln oder hinter den bei Niedrigwasser trocken laufenden sogenannten Watten dagegen ist die Bildung von Marschen möglich und eine Eindeichung dieser sehr fruchtbaren, wertvollen Flächen mit Erfolg ausführbar.

Es muß den Besprechungen im XVII. Kapitel vorbehalten bleiben, die Vorgänge bei Entstehung der Marschen näher zu erörtern. Hier genügt es, darauf hinzuweisen, daß das Material zu einer fortwährenden Marschbildung einerseits die gewaltigen Schlickmassen, welche die Flüsse dem Meere zuführen, andererseits jene Seemarschen liefern, die vor Jahrhunderten infolge zerstörender Deichbrüche zu Grunde gingen, wobei der Transport der Massen namentlich durch die Flut des Meeres besorgt wird. Da ein Anwachsen des Bodens besonders an den großen Buchten der deutschen und niederländischen Nordseeküste beobachtet wird, so kommen hier fast alljährlich neue Eindeichungen vor, durch die der alte Deich in einen Schlafdeich verwandelt und die alte Marsch immer mehr den Gefahren der Überschwemmung entzogen wird. Von einer solchen fortschreitenden Einpolderung geben die Fig. 9 u. 10, Taf. XX, ein anschauliches Bild.

Auch hat man Seedeiche wohl durch Buchten von geringer Tiefe geschüttet, um die abgeschnittene, aus wertvollem Seeschlick bestehende Fläche nach künstlicher Trockenlegung landwirtschaftlich zu nutzen oder Vorteile in Bezug auf das Fahrwasser, den Uferschutz u. s. w. zu erringen. Bemerkenswert ist in dieser Beziehung das Abschließen des Y, des südwestlichen Armes der Süder-See, wodurch wertvolle Grundstücke gewonnen

sind, das Fahrwasser von Amsterdam erheblich verbessert und ein gröfserer Schutz gegen die Sturmfluten erreicht worden ist. Von noch gröfserer Bedeutung wird die in Aussicht genomme Abschließung und teilweise Eindeichung des südlichen Teils der Süder-See sein, deren Abschlußdamm 25 km Länge erhält, vergl. § 32 und Kap. IX, Fig. 8.

Die unteren Teile der Flüsse befinden sich, insoweit die Flutwelle eine aufwärts gerichtete Strömung zweimal täglich veranlaßt, in ähnlicher Lage wie die Meeresbuchten; die Seedeiche müssen daher (gleich den Rückstaudeichen an den Nebenflüssen) an ihnen hinaufgeführt werden und gehen allmählich in Flufsdeiche über. Neue Eindeichungen kommen hier sehr selten vor, da die Deiche der Strommündungen gleich anfänglich so weit vorgeschoben wurden, daß die Aufführung neuer Deiche wegen der zu geringen Breite des einzudeichenden Vorlandes nicht lohnend ist. Ferner würde nach der Verminderung der Profilbreite auch die Flutwelle weniger kräftig eindringen und daher bei der Abströmung eine weniger wirksame Spülung und Vertiefung des Fahrwassers ausüben.

Die kleineren, sowohl unmittelbar in das Meer als in die großen Flüsse mündenden Gewässer werden gewöhnlich mittels einer im Hauptdeiche erbauten Deichschleuse (Siel) vor dem Eindringen der Flutwelle geschützt. Dies ist für die Abwässerung am günstigsten, auch sind die Kosten des Bauwerks geringer als diejenigen für Herstellung und Unterhaltung von Deichen.

Man hat selbst bei Gewässern von mittlerer Größe, in welche früher die Flutwelle eindrang, sodafs in älterer Zeit Deiche angeschüttet waren, später noch Deichschleusen aufgeführt, z. B. ist dies bei der Hamme, einem Nebenflusse der bei Vegesack in die Weser einmündenden Lesum, im Jahre 1875 geschehen.⁶³⁾ Durch diese Deichschleusen werden alle höheren Sommerfluten von dem Flusse zurückgehalten; indem man aber im Winter, sowie in Zeiten, wo nur gewöhnliche Fluten zu erwarten sind, die Schleusen öffnet, vermag die Flutwelle ihre günstige Wirkung auf die Vertiefung des Fahrwassers auszuüben und auf die Zuführung von schlickreichem, zur Bewässerung zu benutzenden Wasser. Durch das Abschließen der Flutwelle von einem solchen in der Nähe der Flutgrenze einmündenden Nebenflusse wird in der Regel eine günstige Einwirkung auf das Fahrwasser des Hauptflusses, eine ungünstige auf dessen hohen Wasserstände und die vorhandenen Deiche ausgeübt werden.

Diejenigen Deiche, welche man in einzelnen Fällen sowohl an der Nordsee als auch an der Ostsee im Anschluß an die Dünen und zwischen denselben findet, sind nicht als eigentliche Seedeiche anzusehen, sondern als künstlich aufgeführte Teile der Dünen; diese Anlagen werden somit im XVII. Kapitel näher besprochen werden.

Auch bei den Seedeichen unterscheidet man Winterdeiche (Hauptdeiche, Banndeiche, Schauddeiche) und Sommerdeiche; die ersteren sollen Schutz vor den höchsten, überhaupt beobachteten Fluten, die letzteren nur vor den im Sommer öfters eintretenden höheren Fluten gewähren. Die Sommerdeiche kommen jedoch gewöhnlich nur auf dem Aufsendeichlande der Hauptdeiche, vergl. Fig. 10, Taf. XX, und verhältnismäßig selten vor.

Wie bei den Flufsdeichen kommen auch Binnendeiche, zum Schutze vor dem Binnenwasser, Schaardeiche und Schlafdeiche vor. Flügeldeiche finden sich zum Schutz des Hauptdeiches an gefährdeten Stellen, z. B. scharfen Ecken, jedoch sehr selten. Ihre Unterhaltung ist eine so kostspielige, daß es in der Regel vorzuziehen ist, den Hauptdeich durch Anschüttung einer flacheren Aufsenböschung oder durch Abpflasterung widerstandsfähig zu machen.

⁶³⁾ Vergl. H. Tolle. Stau- und Schiffahrtsschleuse in der Hamme bei Ritterhude. Zeitschr. d. Arch.-u. Ing.-Ver. zu Hannover 1878, S. 323, sowie auch Kap. XIII, Fig. 2.

Sturmdeiche sind Deiche, welche hinter einem im stärksten Angriff liegenden Hauptdeiche aufgeführt worden sind, um nach dessen Bruch noch das Binnenland zu schützen. Einlagedeiche nennt man die Deiche, welche hinter einem sehr stark angegriffenen und nicht länger zu haltenden Deiche angelegt werden, indem dieser preisgegeben wird. In der Provinz Zeeland sind früher in einem Menschenalter wohl drei hintereinander liegende Einlagen ausgeführt. Sturm- und Einlagedeiche kommen jetzt selten vor, da der Deich und das Ufer angemessen gesichert werden.

Flut- bzw. Ebbedeiche werden diejenigen Deichstrecken genannt, welche normal zur herrschenden Flut- bzw. Ebbeströmung liegen. — Nach dem Materiale, welches zum Schutz der Außenböschung verwandt ist, spricht man von Rasen-, Stroh-, Rohr-, Holz-, Busch-, Stein-, Wierdeichen. Ferner unterscheidet man bei den Seedeichen der Flußmündungen wohl Grodendeiche, welche grünes festes Vorland besitzen (in Oldenburg wird das grüne Vorland Groden genannt), von Schlickdeichen, bei denen das Vorland aus weichem, unbegrüntem Schlick besteht und von Uferdeichen, welche mit ihrem Fusse die Uferlinie berühren.

In den Niederlanden wird eine Deichgenossenschaft, welche mehrere Polder umfaßt, Waterschap genannt. Falls sie die Unterhaltung der Deiche und Ufer aus eigenen Mitteln bestreitet, nennt man sie frei, falls sie öffentliche Mittel in Anspruch nimmt, calamiteus; sie kommt dann unter staatliche Aufsicht.

§ 23. Geschichtliches über Seedeiche. Die Seedeiche der deutschen und niederländischen Nordseeküste reichen bis in die frühe Zeit zurück. Wahrscheinlich haben schon vor dem Eindringen der Römer einzelne, wenn auch unregelmäßige Bedeichungen in den von den Batavern bewohnten Landstrichen an den Rheinmündungen bestanden. Jedenfalls zog der römische Feldherr Drusus, welcher 10 Jahre v. Chr. Holland eroberte, dort neue Kanäle, sowie kunstgerechte Deiche⁶⁴), Plinius der Ältere macht im 16. Buche (Kap. 1) seiner Naturgeschichte betreffs der Cauchen (Ostfriesen) die Mitteilung, daß das Volk, aus Schilf und Binsen sich Stricke und Netze zum Fischfang flechtend, nur in Hütten auf Hügeln (den sogenannten Worthen) wohne, welche, von Menschenhand aufgerichtet, Schutz vor den Fluten gewährten. „Sie trocknen den mit Händen geformten Torf mehr beim Winde als an der Sonne. Mit Erde kochen sie ihre Speisen, um ihre vom Nordwinde starrenden Eingeweide zu erwärmen. Regenwasser, das sie vor ihren Wohnungen in Gruben aufbewahren, ist ihr einziges Getränk. Und sollten diese Völker heute von den Römern überwunden werden, so würden sie sich dennoch für Sklaven halten“.

Diese Worthen erhoben sich aus den weiten, baum- und strauchlosen Sumpfebenen, welche der träge Fluß in zahlreichen großen und kleinen Armen durchfloß. Hohe Rohr- und Binsfelder bedeckten die niedrigen Flächen, so weit das Wasser noch ohne Salzgehalt war; sie wurden durch die Eisschollen abgemäht, durch die Flut- und Ebbeströmung längere Zeit auf- und ab-, sowie zusammen getrieben, um dann zu versinken, zu verschlickten und als „Darg“ jene torfartigen Massen zu bilden, welche jetzt sowohl als unterste Lage des Marschbodens, also unmittelbar auf dem Sande, als auch im Klai selbst in Lagen von verschiedener Stärke gefunden werden. Die ersten Bewohner der Worthen gehörten, nach den Spuren zu urteilen, welche man an der Nordküste des Jadebusens in brunnenartigen, aus Dargrasen gebildeten Vertiefungen gefunden hat⁶⁵), einer wohl Jahrtausende hinter uns liegenden Zeit an. — Aus dem Umstande, daß bei der Abtragung der Worthen Gegenstände aus verschiedenen Zeiten gefunden wurden, ist zu schließen, daß sie zum Teil nicht auf einmal, vielmehr allmählich bis zur vollen Höhe

⁶⁴) H. Allmers. Das Marschenbuch. Oldenburg. 2. Aufl.

⁶⁵) Reinhold's Mitteilungen in Crelle's Journ. f. d. Bauk. Bd. XIII, S. 107, woselbst auch Angaben über ältere Litteratur, ferner Westerhoff. Geschiedenis van ons dijkwezen. Groningen 1865.

aufgeworfen wurden. Die Worthen werden übrigens auch jetzt noch auf weiten Aufsendeichflächen und unbedeichten Inseln hergestellt, um dem weidenden Vieh beim Eintreten hoher Fluten Schutz und Trinkwasser zu gewähren und etwaige Wirtschaftsgebäude aufzunehmen. Sie werden dann gewöhnlich als Ringdeiche, ähnlich den im § 21 besprochenen Fluthügeln eingerichtet.

Erst als die Worthen sich vermehrten, vereinigten sich die Bewohner zu gemeinsamer Anlage von Deichen; urkundlich sind im 10. und 11. Jahrhundert seitens des Erzbischofs von Bremen eingeborene Holländer zum Deichbau nach den bremischen Marschen berufen worden und die älteren, noch jetzt bestehenden, niederländischen Deiche sind großenteils im 11. und 12. Jahrhundert errichtet. Die oldenburgischen Deiche im Stedingerland, Butjadingen und Jeverland sollen im Anfang des 12. Jahrhunderts geschüttet sein.⁶⁶⁾ Die Deiche waren jedoch anfänglich nur schwach, sodafs die Worthen als Wohnplatz und namentlich für Kirchen- und Begräbnisplätze noch beibehalten wurden. Jede hohe Sturmflut war mit zahlreichen Deichbrüchen begleitet und es wurden namentlich in den Sturmfluten des 13. Jahrhunderts große Teile der Marschen, darunter der Jadebusen im Jahre 1218 und der Dollart im Jahre 1277 mit vielen Ortschaften vom Meere verschlungen. Beim Jadebusen wird die Zerstörung dem Herausreißen des Schlicker Siels zugeschrieben, doch ist dies nicht verbürgt, namentlich auch zweifelhaft, ob der Jadebusen derzeit überhaupt in voller Ausdehnung eingedeicht war oder nur aus einzelnen, zum Teil eingedeichten Inseln bestand. Bei solchen Einbrüchen des Meeres trat nämlich nicht etwa ein jäher Untergang der Niederung ein, vielmehr erweiterten sich die eingerissenen Rinnsale durch die ein- und ausströmende Flutwelle allmählich zu Seebaljen und das ungeschützte Land wurde allmählich abgerissen. Die jetzigen Nordseemarschen von der Spitze Nordhollands unweit der Insel Texel bis Jütland werden etwa die Hälfte derjenigen Flächen bilden, welche noch unter Karl d. Gr. vorhanden waren; ihre Zerstörung begann bereits in vorgeschichtlicher Zeit mit der sagenhaften cimbrischen Flut. Die vielfach zerrissene Küste, die lange Reihe der Inseln, welche einst mit dem Festlande zusammenhingen, geben Zeugnis von den gewaltigen Angriffen, welche die Marschen ertragen mußten.

Erscheinen schon die Flußdeiche als mächtige Hebel einer höheren Kultur, so beginnt mit den Seedeichen die Geschichte der Marschbewohner, ein furchtbarer Kampf gegen die Elemente, in dem der Mensch oft genug unterlag, dessen Bedeutung die alten Deichordnungen mit ihren drakonischen Strafen bekunden.

Seit der mit großen Umgestaltungen an der schleswigschen Küste verbundenen Flut von 1634 sind jedoch erhebliche Zerstörungen an der deutschen Nordseeküste nicht eingetreten, vielmehr hat man durch zahlreiche neue Einpolderungen (in Schleswig Kooge genannt) das früher verschlungene Land dem Meere und zwar in besserer Güte zum Teil wieder abgerungen. Es sind z. B. an der linksemsischen Seite des Dollarts, soweit derselbe zu Deutschland gehört, von 1605 bis 1877 acht Einpolderungen vorgenommen worden. An der oldenburgischen Nordseeküste finden sich an mehreren Punkten 6 bis 8 Polder hintereinander, die seit 1600 ausgeführt sind und deren Breite in der Neuzeit etwa 400 bis 500 m beträgt. Ferner sind in den Niederlanden die kleineren Nebenarme der großen Ströme nach und nach geschlossen, um die früher verloren gegangenen Landflächen zurückzugewinnen und zugleich bessere Stromverhältnisse zu erzielen. Falls jedoch die Inseln fortgerissen würden, welche jetzt das Bollwerk des Festlandes bilden, aber den heftigen Angriff des offenen Meeres zu erleiden haben und zum Teil künstlich befestigt sind, oder falls durch andere Ursachen die gegen die Deiche

⁶⁶⁾ O. Tenge. Das Jever'sche Deichband. Oldenburg 1898.

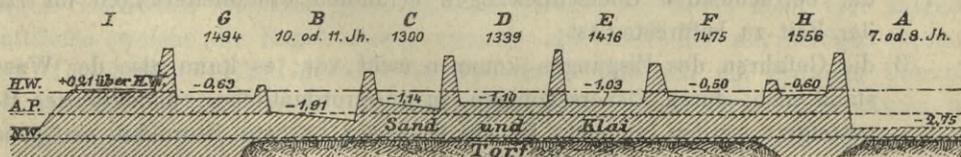
anstürmenden Flutwellen heftiger werden sollten, so wird jener Kampf, den die friesische Bevölkerung seit Jahrhunderten mit Kraft und Ausdauer erfolgreich geführt hat, von neuem heftig entbrennen, vergl. Kap. XVII, § 6.

Aber auch bei den jetzigen Verhältnissen ist es nicht ausgeschlossen, daß bei besonders ungünstigen und lange andauernden Stürmen Fluten entstehen, welche die bisher beobachteten so erheblich übersteigen, daß die Deiche in großer Ausdehnung durchbrochen und die größten Zerstörungen hervorgerufen werden.

Es sind z. B. die Deichhöhen der Elbe nach der Sturmflut vom 4. Februar 1825 bestimmt, die sich am Pegel zu Hamburg bis + 8,3 m, etwa 4 m über das gewöhnliche Hochwasser erhob. Beim Sturme vom 12. Februar 1894 wurde nur ein Stand von + 7,28 m beobachtet, weil die stärkste Windwirkung in der Zeit zwischen Niedrig- und Hochwasser der Gestirnsflut eintrat. Hätte der Sturm mit unverminderter Stärke bis nachmittags 6 Uhr angehalten, so wäre ein Stand von + 8,67 m, also 0,37 m über dem Stande von 1825, erreicht. Große Zerstörungen der Deiche würden dann herbeigeführt sein. In Nieuwediep, in Nord-Holland, wo die stärkste Windwirkung mit dem Hochwasser zusammentraf, wurde der Stand von 1825 um 63 cm überschritten. Hätte ferner ein so heftiger Nordost-Orkan, wie er im November 1872 beobachtet wurde, während 3 Tage aus Nordwest geweht, so würden die deutschen Nordseemarschen infolge der Deichzerstörungen überschwemmt worden sein. Es ist dies allerdings aus meteorologischen Gründen nicht wahrscheinlich, doch kann beim Zusammentreffen ungünstiger Umstände sehr wohl der bisherige Höchststand überschritten werden. Wo besonders wichtige Interessen in Betracht kommen, also namentlich bei den Städten, wo erhebliche Werte infolge der Zerstörung der Deiche vernichtet werden können, wird dies im Auge zu behalten sein.⁶⁷⁾

§ 24. Nachteile der Seedeiche. Durch die Anlage von Seedeichen wird leicht eine Verminderung der Vorflut herbeigeführt. Es tritt nämlich im Laufe der Zeit durch Austrocknung und dichtere Ablagerung eine Senkung des Bodens ein, die hier meist bedeutender als bei den Flußmarschen ist, weil die thonigen Ablagerungen sich in weit größerer Mächtigkeit und namentlich oft auf sehr lockeren Lagen von Moor oder von Darg (Schilf- und Rohrlagen) finden. Je älter ein Polder ist, um so tiefer liegt er in der Regel. Dies zeigt deutlich Fig. 43, welche die Höhenlage der 8 Polder A bis H der niederländischen Insel Tholen darstellt. Es liegen unter dem Hochwasser der Polder A (7. oder 8. Jahrhundert) 2,75 m, der Polder B (10. oder 11. Jahrhundert) 1,91 m, der jüngste Polder H (1556) nur 0,60 m, während das Vorland 0,21 m (nach der Messung von 1874) über dem Hochwasser gelegen ist. Die ältesten Eindeichungen zeigen im allgemeinen den am wenigsten, die neuen den am meisten klaihaltigen Boden; die älteren, niedrigen Polder werden mehr als Weideland, die jüngeren hohen Polder als Ackerland benutzt.⁶⁸⁾

Fig. 43. Höhenlage von Poldern auf Tholen. Höhen 1 : 4000.



Es läßt sich mit Bestimmtheit voraussetzen, daß die älteren Seemarschen zur Zeit der Eindeichung mindestens in der Höhe der gewöhnlichen Flut gelegen haben,

⁶⁷⁾ Aufsätze von Bubendey im Centralbl. d. Bauverw. 1895, S. 7 und daselbst 1897, S. 441. Ferner von Nehls in den Hydrologischen Jahresberichten von der Elbe für 1895. Magdeburg 1896.

⁶⁸⁾ F. Müller. Das Wasserwesen der niederländischen Provinz Zeeland. Berlin 1898. Enthält auch ausführliche Angaben über die auf die Geschichte und das Wasserwesen dieser Provinz sich beziehende Litteratur.

indem sonst die Herstellung der Deiche zu schwierig gewesen wäre; sie liegen aber zur Zeit fast ohne Ausnahme unter dem Flutspiegel, an der norddeutschen Küste z. B. 1 bis 2 m niedriger und haben zum Teil (namentlich in den niederländischen Provinzen Nord- und Südholland) ihre natürliche Vorflut ganz verloren, sodaß sie der künstlichen Entwässerung durch Schöpfmaschinen bedürfen, vergl. Kap. IX.

Dafs sich seit der Eindeichung der Seemarschen die Flutverhältnisse erheblich geändert haben, ist nicht anzunehmen, wenn auch örtliche Gezeitunterschiede infolge der Ausführung der Deiche und der Schließung oder Erweiterung von Öffnungen oder Einbuchtungen vielfach stattgefunden haben. Der Unterschied zwischen Hochwasser (gewöhnlicher oder ordinärer Fluthöhe) und Niedrigwasser (gewöhnlicher Ebbehöhe) mußte gröfser werden, wenn das Eindringen der Flutwelle erleichtert wurde, also eine vermehrte Wasserzuführung stattfand oder falls der Arm im oberen Teil enger wurde. Dafs der Spiegel der Nordsee fortwährend im Verhältnis zur Verschiedenheit der Höhenlage der Polder gestiegen sei, ist mindestens unwahrscheinlich.⁶⁹⁾ Es kann die niedrige Lage aller älteren Polder auch nicht wohl einer allgemeinen fortdauernden Senkung des Bodens zugeschrieben werden, wie dies van Geytenbeck in der „Geolog. Verhandeling“ annimmt, indem er aus den Höhenunterschieden der Insel Tholen eine allgemeine mittlere Senkung von 0,267 cm jährlich ableitet. Eine solche Senkung hat zwar in vorgeschichtlicher Zeit stattgefunden, doch ist sie ohne Einfluß auf die durch Austrocknung und festere Ablagerung sich vollziehende allmähliche Senkung der Marschen, welche auch zur Zeit noch stattfindet. In den Einpolderungen an der deutschen Küste des Dollarts ist diese Senkung durchschnittlich jährlich zu 0,7 bis 1,1 cm beobachtet worden⁷⁰⁾, woran die Moor- und Darglagen jedoch die Hauptschuld tragen.

Bei den unmittelbar an der See gelegenen Marschen übt ferner das durch Aufschlickung hervorgerufene Anwachsen der Watten einen nachteiligen Einfluß auf die Vorflut aus, indem das Aufsentief, der Entwässerungskanal zwischen dem Deiche und der offenen See, eine immer gröfsere Länge erhält und einen gröfseren Teil des nutzbaren Gefälles beansprucht. Für die Deiche selbst ist diese Aufschlickung des Aufsendeichlandes und der Watten, da sie auf eine Ermäßigung der Wellen hinwirkt, von günstigem Einfluß.

Die eingedeichten Seemarschen sind dagegen in den folgenden Beziehungen in günstigerer Lage als die eingedeichten Flufsniederungen:

1. Bei ihnen kommt wegen der gröfseren Mächtigkeit der oberen thonigen Klaischicht und wegen der kurzen Dauer der zu kehrenden hohen Sturmfluten kein Qualmwasser vor;
2. die sehr fruchtbare starke Klaischicht läfst selbst nach Jahrhunderten die befruchtenden Überschlickungen entbehrlich erscheinen; wenn auch die Ernteerträge in den ersten Jahren nach einer neuen Eindeichung am allergröfsten sind und im Laufe der Zeit etwas geringer werden, so tritt doch nicht die Erschöpfung oder Verarmung des Bodens ein, welche bei den weniger fetten, der befruchtenden Überschlickungen beraubten Flufsniederungen im Laufe der Zeit zu befürchten ist;
3. die Gefahren des Eisganges kommen nicht vor; es kann also der Wasserstand nicht durch Eisversetzungen zu auferordentlicher, unbegrenzter Höhe gesteigert werden, vielmehr ist die bekannte höchste Sturmflut maßgebend für die Höhe und Stärke des Deiches;
4. infolge des Wechsels der Flut und Ebbe, sowie des Nachlassens des Sturmes, dauern die hohen, vom Deiche zu kehrenden Wasserstände nur kurze Zeit, sodaß die Deichfahren in dieser Beziehung geringer sind als bei den

⁶⁹⁾ Westendorp. Van en over de provincie Groningen, 1829 u. 1832, sowie Westerhoff. De Kwel-derkwestie nader toegelicht. Groningen 1844, vertreten diese Ansicht.

⁷⁰⁾ Reinhold's Mitteilungen in Crelle's Journ. f. d. Bauk. Bd. XIII, S. 308.

Flussdeichen, wo die oft lange Zeit andauernden Hochwasser durch Erweichung des Deichkörpers und Ermüdung der Deichverteidigungsmannschaften gefährlich werden können;

5. auch für die Entwässerung der Niederung ist der Flutwechsel von günstigem Einfluss. Die Entwässerungsschleusen bleiben zwar bei ungünstigen Winden wohl während einiger Tiden geschlossen, aber nicht wochenlang, wie bei den Flussdeichen.

Mifsstände oder Mifsstimmung der Bevölkerung, wie sie sich bei den Flussniederungen wegen zu geringer Erträge der Marsch so oft finden, kommen bei den Seemarschen nicht vor, obwohl die Deich- und Siellasten auch hier zuweilen bei gefährdeter Deichlage oder schwierigen Entwässerungsverhältnissen eine große Höhe erreichen.

§ 25. Die Lage der Seedeiche. Die in den § 7 bis 17 über die Flussdeiche gemachten Darlegungen haben in den meisten Punkten auch für die Seedeiche Giltigkeit; es soll in Nachstehendem daher nur das Abweichende besonders hervorgehoben werden. Bei Festlegung der Richtungslinie, vergl. § 7, braucht nicht, wie bei den Flussdeichen, die Hochwassermenge berücksichtigt, also eine Profildbreite inne gehalten zu werden, es fällt also die im § 7 unter 1 aufgestellte wichtige Bedingung fort. Eine übermäßige Verschiebung von neuen Seedeichen an einer tief eingeschnittenen Meeresbucht oder an der unteren Flussmündung wird allerdings die eindringende Flutwelle beschränken und hierdurch die als Spülstrom wirkende ausgehende Strömung, die für die Fahrwassertiefe maßgebend ist, vermindern, doch sind im allgemeinen daraus keine Nachteile für den Seedeich selbst zu befürchten.

Zu 2. (S. 629) ist zu bemerken, dass der Deich, um vor Beschädigungen gesichert zu sein:

a) nicht von der zur Zeit der Sturmfluten stattfindenden Strömung und namentlich nicht von dem Hauptwellenschlage getroffen werden darf. Die Deichbrüche der Seedeiche werden nicht durch Überlauf bei Eisstopfungen oder durch Quellöcher, sondern fast nur durch die Wellen hervorgerufen; es kommt daher hauptsächlich darauf an, den Deich so anzulegen, dass der Wellenschlag möglichst wenig wirken kann. Die Wellen werden aber um so stärker sein, je mehr der Deich normal zu den bei Sturmfluten herrschenden Winden, an der deutschen Küste den nördlichen, nordwestlichen und westlichen, an der niederländischen Küste auch den südwestlichen, gelegen ist.

b) Die Breite des Vorlandes (Aufsendeichlandes, Aufsendeiches) muss bei denjenigen Seedeichen möglichst groß gewählt werden, vor denen nicht eine ausgedehnte Wattfläche (welche die Regel bildet), vielmehr ein Meeresufer mit heftigen Strömungen liegt. Das breite Vorland gewährt die Sicherheit, dass sich ein etwaiger Uferabbruch dem Deiche überhaupt nicht oder wenigstens erst in sehr ferner Zeit nähern werde, und mäßigt die Wellen. Die Breite des Vorlandes ist hiernach allein aus den örtlichen Verhältnissen zu bestimmen; sie wird von Woltmann zu 113 bis 135 m, von Caland bei ungünstiger Lage zu 300 m, von Brünings zu 375 m angegeben, wobei die Maße von der Uferlinie bei Niedrigwasser (gewöhnlicher Ebbe) bis zum Deichfusse gelten. Jedenfalls muss die Vorlandsbreite so groß sein, dass die Erde zum Bau und zur Unterhaltung des Deiches aus dem Vorlande genommen werden kann. Hierbei ist ein breiter Uferstreifen und ein Sicherheitsstreifen zwischen der Außenberme und den Gruben unberührt zu lassen, auch wegen der etwaigen starken Deichsenkungen von vornherein

ein Zuschuss von 50 bis 100% des Deichprofils für die erste Anlage anzunehmen. Die Erhaltung des Vorlandes ist noch weit wichtiger als bei Flußdeichen und muß daher rechtzeitig durch Uferbauten (vergl. Kap. XVII) erzielt werden; ein schaar liegender Seedeich ist nur mit dem größten Kostenaufwande zu unterhalten. Keinenfalls sollte die Vorlandsbreite auf weniger als die Hälfte der oben angegebenen Abmessungen durch Abbruch vermindert werden; bei nicht rechtzeitiger Ufersicherung hat man oft die weit kostspieligere Zurücklegung des Deiches zur Ausführung bringen müssen.

Die Bedingungen unter c) und d) (S. 630), wonach der Deich keine scharfen Ecken erhalten darf und über guten Boden geführt werden muß, sind auch hier zutreffend, während:

e) größere Vertiefungen bei Anlage der Seedeiche nicht vorzukommen pflegen. Es sind allerdings die durch das eindringende Flut- und das abfließende Ebbwasser entstandenen, oft sehr tiefen Priele zu beachten, die bei der Durchdeichung gleich anderen Wasserläufen zu behandeln sind. Falls sie ganz oder größtenteils zugeschlickt sind, geben sie wegen der großen Mächtigkeit des weichen Bodens leicht Veranlassung zu starken Versinkungen und selbst Durchbrüchen des über ihnen aufgeführten Deiches und sind deshalb thunlichst aufsendeichs zu lassen.

3. Mit der kürzesten Linie muß eine möglichst große Fläche eingeschlossen werden, um eine hohe Rente zu erzielen. Da neue Einpolderungen in der Regel ausschließlich zum Zweck der Steigerung der Erträge ausgeführt werden, so ist diese Bedingung von weit größerer Bedeutung als bei den Flußdeichen, wo vielfach auch zugleich Flußregulierungsaufgaben in Betracht kommen.

4. Die Grundstücke müssen deichreif sein, d. h. so hoch liegen, daß ihre künftige Entwässerung, unter Beachtung der durch Austrocknung und dichtere Ablagerung zu erwartenden Senkung, gesichert ist. Sowohl in Rücksicht hierauf, als auf die leichtere Herstellung und Unterhaltung eines auf festem Grünlande liegenden Deiches und auf die größere Güte des Landes ist es dringend zu empfehlen, nur die wenigstens 0,3 m über dem gewöhnlichen Flutspiegel gelegenen, jedenfalls aber nur die mit fest begrünter Grasnarbe bedeckten, also über gewöhnlicher Fluthöhe liegenden, etwas älteren Grundstücke einzupoldern. Alle niedriger gelegenen Flächen, welche erst einen spärlichen Graswuchs zeigen, mithin jünger und vielfach noch mit zahlreichen Priele durchzogen sind, sowie die sich nach aufsen daran schließenden Flächen, auf denen nur Salzwächse, z. B. der Queller, *Salicornia herbacea*, vereinzelt vorkommen, sind auszuschließen. Bei jenen fest begrüntem Grundstücken läßt sich mit Sicherheit annehmen, daß da, wo der Flutwechsel erheblich ist, etwa gleich 2,5 bis 3,5 m, wie an der ganzen deutschen Nordseeküste, die natürliche Entwässerung auch nach der Austrocknung bis auf ferne Zeiten erhalten bleibt; bei geringem Flutwechsel, z. B. an der Süder-See mit einem Flutwechsel von 0,2 bis 1,2 m, kann leicht die ganze Vorflut durch die Bodensenkung verloren gehen.

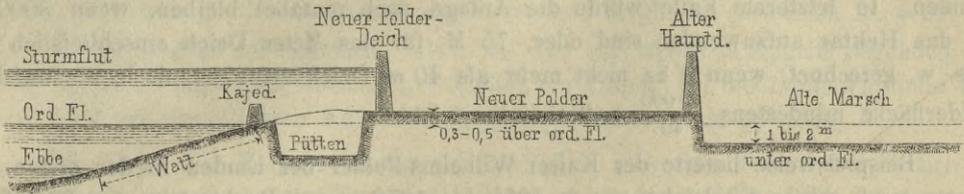
Handelt es sich um die Abschließung einer Seebucht, also einer Wasserfläche, welche ausgeschöpft und künstlich trocken gehalten werden muß, wie z. B. bei der geplanten Trockenlegung des westlichen Teils der Süder-See, so ist die Einpolderung sandiger Flächen möglichst zu vermeiden. Sie würden nicht allein geringe Erträge liefern, sondern durch das Qualmwasser auch die Trockenhaltung sehr kostspielig machen.

Sommerdeiche werden nur auf begrüntem Vorlande angelegt und zwar unter Berücksichtigung der vorstehend unter 2. und 3. hervorgehobenen Gesichtspunkte; es

ist jedoch nicht notwendig, eine so erhebliche Vorlandsbreite wie bei den Winterdeichen anzunehmen.

§ 26. Inangriffnahme und Verzinsung einer neuen Einpolderung. Die gewöhnlichen Höhenverhältnisse einer Einpolderung sind durch das Profil Fig. 44 dargestellt. Je breiter die einzupoldernde Fläche ist, um so geringer sind die bei der Eindeichung und Entwässerung für das Hektar aufzuwendenden Kosten, weshalb die Grundbesitzer geneigt sind, den neuen Polderdeich möglichst weit nach aufsen, in der Nähe der Wattes, anzulegen.

Fig. 44.



Es hat dies auch bei stärkerem Flutwechsel und einem festen, sich stetig erhöhenden Watt, bei dem der neue Deich auf älterem, fest begrüntem Untergrunde zu schütten ist, keine Bedenken; namentlich ist für die künftige Entwässerung des Polders nichts zu befürchten. Sehr gefährlich ist aber ein weites Vorrücken des neuen Deiches bei einem weichen Watt, dessen Anwachs durch künstliche Mittel (Begrüppungen) hervorgerufen, also jung und wenig abgelagert ist und daher geringe Tragfähigkeit besitzt. Hier können die Mehrkosten, welche aus dem erhöhten Erdbedarf, der schwierigen Gewinnung der Erde, sowie der kostspieligeren Sicherung und Unterhaltung des Schlickdeiches erwachsen, sehr leicht die Vorteile beträchtlich überschreiten, die im allgemeinen aus der gröfseren Breite des Polders entstehen. Es verdient daher den Vorzug, entweder die Einpolderung noch einige Zeit hinauszuschieben und inzwischen auf Erhöhung des Wattes hinzuwirken oder aber den neuen Polderdeich weniger weit vorzuschieben, sich also mit einer kleineren, aber in Anlage und Unterhaltung ungleich billigeren Einpolderung zu begnügen.

Die baldige Eindeichung einer schmäleren, fest begrünten Aufsendeichfläche (in Ostfriesland „Anwachs“, an der oldenburgischen Küste „Grodan“ genannt) verdient den Vorzug vor der späteren Eindeichung einer breiteren Fläche, falls die unbedeichte Fläche keine genügende Verzinsung liefert, sodafs ein erheblicher Zinsverlust bei längerem Warten entstehen würde. Die Aufsendeichfläche wird nämlich entweder gemäht oder als Weide benutzt. Das Mähen ist nur möglich, falls das darauf wachsende Gras eine gröfsere Länge besitzt, also einen genügenden Ertrag liefert, was von der Beschaffenheit des Schlicks, seinem Sandgehalt, sowie vielleicht auch von der Lage der Fläche gegenüber den Winden abhängt; z. B. erzeugt die grofse, zwischen Greetsiel und Norden, südwestlich der Insel Norderney belegene Leybucht, Fig. 9, Taf. XX, trotz ihrer günstigen Aufschlickungsverhältnisse nur ein sehr kurzes, zum Mähen ungeeignetes Gras, während am Dollart ein langes vorzügliches Gras, der Queller (an der oldenburgischen Küste „Andel“ genannt), gedeiht. Die Benutzung als Weide setzt dagegen voraus, dafs sich das Vieh bei allen die Fläche unter Wasser setzenden Fluten flüchten kann und süfses Trinkwasser findet. Der Besitzer des Aufsendeiches wird also einige Zugänge zum alten Deiche und einige mit Wassergruben zu verschende Flächen im alten Polder erwerben, oder besondere ringförmige Fluchthügel mit Süfswassergruben auf dem Aufsendeiche

anlegen müssen; letzteres kommt nur bei sehr breiten Flächen oder auf Inseln vor. Solche grösseren Weideflächen werden deshalb gern mit Sommerdeichen versehen, um ein Überfluten der Flächen während der Weidezeit thunlichst einzuschränken.

Für Aufsendeichflächen von geringerer Güte beträgt der Wert der unbedeichten beweideten oder gemähten Flächen nur etwa 1000 M. für das Hektar und wird durch die Einpolderung auf 3000 M. gesteigert; betragen die Ausgaben für die Einpolderung, also für Deich, Siel, Wegeanlagen u. s. w. 1500 M., so ergibt sich ein Kapitalgewinn von 500 M. für das Hektar. Bei sehr guten Flächen ist eine Steigerung von 1500 auf 4500 Mark, also bei 1500 M. Kosten ein Kapitalgewinn von 1500 M. für das Hektar anzunehmen. In letzterem Falle würde die Anlage noch rentabel bleiben, wenn 3000 M. für das Hektar aufzuwenden sind oder, 75 M. für das Meter Deich einschliesslich Siel u. s. w. gerechnet, wenn 1 ha nicht mehr als 40 m Deich erfordert, d. h. die nutzbare Polderfläche mindestens $\frac{10000}{40} = 250$ m breit ist.

Beispielsweise lieferte der Kaiser Wilhelms-Polder bei Emden in den ersten drei Jahren nach seiner Eindeichung, von 1875 bis 1878, einen Pächtertrag von 274 M., in den späteren Jahren von 188 M. für das Hektar und Jahr; der südlich von Emden gelegene, 1847 eingedeichte Königspolder lieferte einen jährlichen Pächtertrag von etwa 200 M. für das Hektar; beide Polder sind nicht mit Wirtschaftsgebäuden ausgestattet, sondern werden parzellenweise auf sechs Jahre verpachtet.

In den ersten Jahren nach der Einpolderung, wo die Grasnarbe noch wenig widerstandsfähig ist und das neue Vorland (Aufsendeich) gewöhnlich geringe Breite und Höhe besitzt, sind grössere Unterhaltungskosten zu befürchten, die aber reichlich gedeckt werden durch die in den ersten drei Jahren zu erwartenden, ausserordentlich hohen Ernte-Erträge, die nach altfriesischer Volksmeinung sogar die Eindeichungskosten decken sollten. In späteren Jahren werden die Unterhaltungskosten des Deiches durch die Einnahmen aus seiner Weide ungefähr gedeckt, falls der Deich von vornherein auf grünem, festem Vorlande angelegt ist, sodafs sein Fufs von allen gewöhnlichen Fluten nicht getroffen wird. Hierbei ist ferner zu berücksichtigen, dafs der alte Deich den Angriffen der Wellen entzogen und dafs die Aufschlickung, das sogenannte Anwachsen des Vorlandes, durch den neuen Polderdeich begünstigt wird. Vor der Einpolderung strömte nämlich bei der Ebbe von der grösseren Fläche eine grössere Wassermenge ab und veranlasste eine die Schlickablagerung störende Strömung. Es kann deshalb vorteilhaft sein, zunächst einen Sommerdeich herzustellen, der für den nach einigen Jahrzehnten aufzuführenden Winterdeich den Fufs bildet und wegen seines geringeren Erdbedarfs weit eher an die Grenze des grünen Anwachs vorgeschoben werden kann. Der sich bildende neue Anwachs liefert den Boden und Rasen für den Winterdeich.

§ 27. Das Querprofil (Bestick) der Seedeiche. Von den im § 8 näher erörterten Kräften hat nur der Wellenschlag maassgebenden Einfluss auf das Querprofil der Seedeiche. Allerdings kann auch das von der Flut und Ebbe auf- und abgetriebene Eis, falls es durch höhere Fluten gegen die Aussenböschung getrieben wird, grössere Schöllöcher hervorrufen; es ist jedoch höchst selten beobachtet (z. B. bei der sogenannten Eisflut von 1511, die am Jadebusen grosse Zerstörungen anrichtete), dafs die Eisschollen zur Zeit der höchsten, für die Deiche maassgebenden Sturmfluten den Angriff verstärkt haben. Die Eisschollen werden entweder von der heftigen Wellenbewegung zerbrochen oder üben, gleich anderen schwimmenden Körpern, eine beruhigende Wirkung auf die

Wellen aus. Es sind auch Durchweichungen, Abrutschungen oder Quellen, die bei Flußdeichen infolge schlechter Deicherde bei lange Zeit andauerndem Hochwasser eintreten, hier nicht zu befürchten, weil der durch Sturmfluten erzeugte hohe Wasserstand nur einige Stunden anhält. Ein Verschieben oder Versinken des Deiches, sowie ein Durchbrechen des Wassers im Untergrunde sind allerdings bei sehr weicher Beschaffenheit des letzteren auch während jener wenigen Stunden möglich, innerhalb deren die Wellen mit einer bei Flußdeichen unbekanntem Heftigkeit vom Sturm gegen die Außenböschung des Deiches gepeitscht werden. Deiche auf weichem, unzuverlässigen Untergrunde sind deshalb an der Binnenseite flacher anzulegen oder mit hohen Binnenbermen (Fußdeichen) zu versehen, die eine Abstützung bewirken, vergl. den Lekdeich im § 29.

Das Querprofil der Seedeiche bildet bei den nur wenig in Angriff liegenden, auf hohem Vorlande angelegten Deichen gewöhnlich ein Trapez, bei niedrigem Vorlande wird jedoch statt der geradlinigen Außenböschung eine andere Linie gewählt.

Die Höhe der Kappe beträgt 0,3 bis 0,5 m über dem Kamm der Wellen zur Zeit der beobachteten höchsten Sturmflut. Diese ist für den größten Teil der deutschen und niederländischen Küste diejenige vom 3. und 4. Februar 1825, für einen kleinen Teil die Flut von 1808 bzw. 1837 und vom 31. Januar 1877, welche Fluten sich an der holländischen Küste etwa 2,5 bis 2,8 m, an der deutschen Küste 3 bis 4 m über die gewöhnliche Flut erhoben haben. Das Maß, um welches sich der Kamm der Wellen noch über diesen höchsten, im ruhigen Wasser ohne Wellenschlag gemessenen Wasserstand (Wasserpafs) erhebt, ist um so geringer:

- a) je weniger die betreffende Küste normal zu den während der Sturmflut herrschenden Winden gelegen ist,
- b) je breiter und höher das den Wellenschlag mätsigende Vorland ist,
- c) je flacher die Außenböschung und je höher die Außenberme ist, indem diese ähnlich einem hohen Vorlande einen günstigen Einfluß auf die Wellenbildung vor der Deichkappe ausüben.

Die Wellen erheben sich über den Wasserpafs an der deutschen und holländischen Küste bei Deichen ohne Vorland an der offenen See, welche den Wellenschlag unmittelbar aufzunehmen haben, bis 3 m. Bei über dem Winde liegenden Deichen an der Flutgrenze der Flüsse, wo sich nur eine schwache Dünung bilden kann, ermäßigt sich die Erhebung der Wellen bis auf 0,3 m, sodafs der Deich im ungünstigsten Falle 3,5 m und im günstigsten Falle 0,6 m über dem Wasserpafs der bekannten höchsten Sturmflut liegt, wobei jedoch einzelne besonders heftige Wellen höher auflaufen und namentlich das Spritzwasser auf und über die Kappe fortgeschleudert wird. Mit dem allmählichen Übergange der günstigen in die ungünstige Lage der Küste steigt auch der Deich allmählich an. Nach Woltmann soll die Deichkappe über dem Wasserpafs der höchsten Sturmflut liegen bei einer

den Landwinden zugekehrten Küste		0,15 m
„ Mittelwinden „ „		0,3—0,9 „
„ Seewinden „ „ (Deiche mit Berme und Vorland)		1,2 „
„ „ „ „ „ ohne „ „ „		1,8 „

Brahms verlangte 0,6 bis 1,8 m, je nach Lage der Küste gegen die zur Zeit der Sturmflut wehenden Winde. Nachstehende Zusammenstellung enthält die Höhen verschiedener Deiche:

	Höhe der Kappe über	
	Sturmflut	gewöhnlicher Flut
Ostfriesische Küste	1,7—2,2 m	5,2—5,7 m
Oldenburgische Deiche der Weser und Jade	0,6—1,75 m	4,0—5,6 m (ausnahmsweise 5,8)
Oldenburgische Nordseeküste	—	5,6 m
Jadedeich bei Wilhelmshaven	1,5 m	5 m
Hafendeich bei Geestemünde	2,0 m	5,65 m
Weserdeich oberhalb Geestemünde	1,75 m	5,4 m
Weserdeich von Osterstade	1,2 m	4,6 m
Holsteinische Westküste (Ditmarschen)	1,8—2,8 m	5,3—6,3 m
Holländische Deiche am Helder	—	3,7—4,77 m
Holländische Deiche der Süder-See	—	3,5—3,77 m
Friesische Deiche der Süder-See	—	3,5—3,8 m
Küste von Groningen	—	4,0—4,7 m
Westkapeler Deich in Zeeland (Schelde-Mündung)	3,3 m	5,55 m

Es fehlt übrigens nicht an Beispielen, daß sich eine neuere Sturmflut weit über die früher beobachteten erhebt, sodafs die arg beschädigten Deiche auf Grund der neuen Beobachtung in weit größerer Höhe als früher aufgeführt werden; so hatte man beim Anschlusse der Groninger an die deutschen Dollartdeiche bei einer im Jahre 1875 neu ausgeführten Einpolderung seitens Hollands auf Grund der Sturmflut von 1825 eine Deichhöhe von 4,6 m über gewöhnlicher Flut für ausreichend erachtet, erhöhte diese aber nach der Sturmflut vom 30./31. Januar 1877 auf 5,8 m über gewöhnlicher Flut.

Die Breite der Kappe wird gewöhnlich zu 3 bis 4 m angenommen, um die Deichmaterialien im Notfalle auch auf der Deichkappe anfahren zu können. Als regelmässiger Fahrweg wird die Kappe wegen des heftigen Windes weit seltener als bei Flufsdeichen benutzt; die Binnenberme bildet vielmehr den gewöhnlichen Fahrweg. Die

holländischen Deiche haben allerdings zum Teil Kappenbreiten von 6 bis 8 m erhalten, um als regelmässige Verkehrswege dienen zu können; sie sind auch oft an der Aufsenseite mit einer schwächeren, etwa 1,5 m breiten

Kade, welche die eigentliche Krone bildet, versehen, während der mit Seemuscheln oder Klinkern befestigte, mit starkem Binnengefälle angelegte breite Weg auf einem 1,5 m tiefer liegenden Bankette hergestellt ist, s. Fig. 45. Bei mehreren in neuerer Zeit ausgeführten Einpolderungen an der

See ist die Kronenbreite aber nur zu 2 m angenommen, doch ist eine zu grofse Beschränkung des Mafses nicht empfehlenswert, weil die Breite der Kappe für die Haltbarkeit des Deiches von grofser Wichtigkeit ist. Die Zerstörung des Deiches erfolgt nämlich gewöhnlich in der Weise, daß starke Schölungen sowohl an der Außen- als auch, durch einzelne überschlagende Wellen verursacht, an der Binnenseite entstehen (vergl. die punktierten Linien der Fig. 46). Der Durchbruch der Kappe (Kappstürzung) wird hierbei um so weniger leicht eintreten, je breiter die Kappe ist; diese sollte daher für die unmittelbar an der See gelegenen Deiche je nach den Verhältnissen des Vorlandes und der Lage der Küste nicht unter 3 bis 4 m und an den Flüssen nicht unter 2,5 bis 3 m angenommen werden. Bei 2,5 m Breite ist ein Befahren, wenn auch mit grofser Vorsicht, noch ausführbar.

Die Außenböschung wird in dem oberen, von den Springfluten nicht bespülten Teile gewöhnlich mit Rasen bekleidet und um so flacher angelegt, je heftiger der Wellen-

Fig. 45.

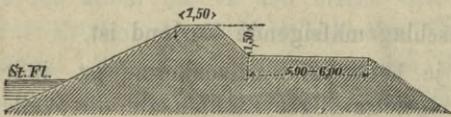
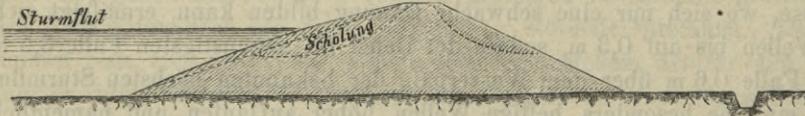


Fig. 46.



schlag ist. Bei niedrigem Vorlande, wo auch die gewöhnlichen und die Springfluten den Deich bespülen, würde der Rasen zwar bis zur Höhe der toten Fluten noch wachsen können, aber zu oft vom Wasser durchweicht werden, um dem Wellenschlage gegenüber widerstandsfähig zu bleiben, weshalb der untere Teil durch Strohbestückung, Steinpflasterungen oder andere Sicherungen geschützt werden muß. Die Böschungsanlage ist dann abhängig von der Art der Sicherung, die bei einer den Seewinden zugekehrten Küste und niedrigem Vorlande auch noch über Springfluthöhe, nämlich so weit die Wellen der häufiger eintretenden Fluten den Deich bespülen, ausgeführt wird, um die häufigen Schölungen des Rasens zu vermeiden. Bei sehr gefährdeten Deichen an der See oder bei schaar liegenden Deichen der Flußmündungen, bei denen es an Vorland für Anlage einer flachen Rasenböschung fehlt, wird die Sicherung sogar bis in die Nähe der Kappe oder selbst bis zu dieser fortgeführt. Hiernach ist die Anlage der Außenböschung auch abhängig von der Art der Sicherung.

Für Rasenböschungen, die das gewöhnliche und billigste Bedeckungsmittel bilden, lassen sich für Klaideiche die folgenden 6 Klassen unterscheiden, von denen Klasse 1 und 2 nur an einzelnen gefährdeten Punkten ausnahmsweise vorkommen.

1. Klasse. Deiche, die dem heftigsten Wellenschlage der See unmittelbar ausgesetzt sind, falls das Vorland sehr niedrig ist und selbst bei gewöhnlicher Ebbe nicht wasserfrei wird: 8- bis 10fache Anlage der nur über Sturmfluthöhe zu berasenden Böschung. (Deiche an der Spitze Nordhollands und bei Westkapeln auf der Insel Walcheren.)

2. Klasse. Deiche, die ebenso gelegen sind, aber mit höherem Vorlande: 6- bis 8fache Anlage der nur in der oberen Hälfte zu berasenden Böschung.

3. Klasse. Deiche an der Küste, den Meeresbuchten und Flußmündungen, die durch Inselreihen vor dem heftigsten Wellenschlage geschützt sind, bei sehr niedrigem Watt und ungünstigster Lage gegen den Wind: 5- bis 6fache Anlage der nur über Springflut-Wellenhöhe zu berasenden Böschung.

4. Klasse. Deiche, welche ebenso gelegen sind, falls das Vorland höher oder die Lage gegen den Wind günstiger ist: 4- bis 5fache Anlage.

5. Klasse. Deiche an den Flüssen bei ungünstiger Lage in Bezug auf Vorland oder Windrichtung: $3\frac{1}{2}$ - bis 4fache Anlage.

6. Klasse. Deiche ebenso gelegen, jedoch mit hohem Vorlande oder günstiger Windrichtung: 3- bis $3\frac{1}{2}$ fache, an Nebenflüssen auch wohl $2\frac{1}{2}$ fache Anlage.

Schon von Woltmann ist empfohlen, stark angegriffene Seedeiche im oberen Teile flacher als im unteren, also konvex auszuführen, vergl. Fig. 46, S. 692, da dieser obere Teil von den heftigsten Wellen angegriffen werde; auch Caland schließt sich jener Ansicht an. Andererseits ist jedoch zu erwägen, daß der oberste Teil des Deiches nur nach einer Reihe von Jahren auf einige Stunden von den Wellen getroffen wird, sodafs sich dort die Grasnarbe befestigen kann, während der untere Teil weit häufiger den höheren Fluten ausgesetzt ist und daher zur Erzielung einer guten Rasendecke möglichst flach aufgeführt werden muß, falls er überhaupt in Rasen erhalten werden soll. Hierdurch wird aber der weitere Vorteil erreicht, daß der untere, flache Teil des Deiches, indem er ähnlich einem hohen Vorlande wirkt, die brandende Welle erheblich schwächt. Das konvexe Profil hat deshalb für die erste und zweite Klasse Berechtigung, da bei ihnen der untere Teil des Deiches wegen der Pflasterung steiler ausgeführt werden kann. Es ist dagegen für die Klassen 3 bis 5 vorzuziehen, entweder den unteren Teil

weit flacher als den oberen anzulegen (Fig. 47), wodurch ein konkaves Profil entsteht, oder, was dieselbe Wirkung hat, eine hochgelegene Aufsenberme (Fig. 48) auszuführen, die um so höher und breiter hergestellt wird, je stärker der Angriff der Wellen ist.

Fig. 47.

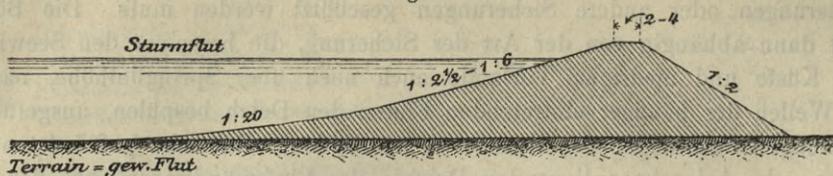
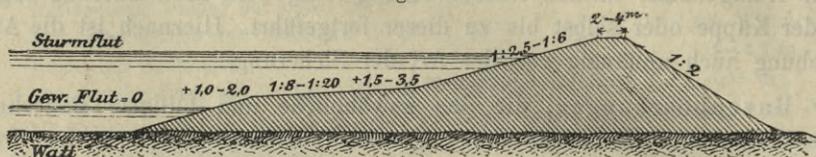


Fig. 48.



Der obere, auch von den Wellen der höheren Springfluten nicht getroffene Teil der Aufsenböschung erhält dann, je nach der Lage des Deiches, $2\frac{1}{2}$ bis 6fache Böschung. Bei konkavem Profile wird die Linie zweckmäßig noch wieder gebrochen und an den Knickpunkten abgerundet, um alle scharfen, von den Wellen stets angegriffenen Übergänge zu vermeiden. Man findet konkave Profile an der deutschen Nordseeküste allerdings seltener als solche mit hochgelegener Aufsenberme, an welche sich der obere trapezförmige Deich schließt (Fig. 48). Bei den letzteren bildet sich aber zwischen Berme und Deich ein nachteiliger Knick, der Veranlassung zu Schölungen giebt und deshalb, ähnlich wie bei Fig. 8, Taf. XX, ausnahmsweise wohl durch eine kostspielige Steinpflasterung geschützt ist; immerhin werden aber beim Anschluss des Rasens an das Steinpflaster solche Beschädigungen leicht hervorgerufen werden.

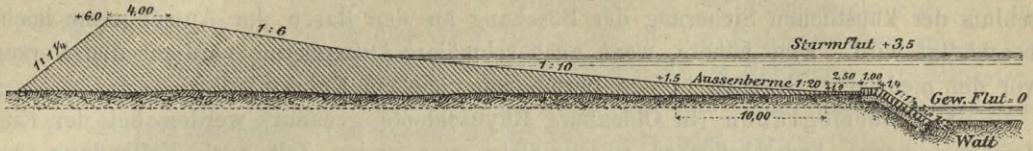
Auf Taf. XX sind dargestellt in Fig. 5 das Profil des Kaiser Wilhelm-Polderdeiches bei Emden vom Jahre 1874; in Fig. 7 das Profil des Krumbörndeiches am Dollart; in Fig. 8 der Anschlussdeich des holländischen Staatensiels am Dollart mit Basaltpflaster am Übergange zwischen der Aufsenberme und Deich. Fig. 12 zeigt das Profil des Heintzpolder-Anwachsdeiches am Dollart vom Jahre 1877, welches nach den Vorschlägen des Verfassers der Ausführung zu Grunde gelegt wurde, nachdem der neue, einfach trapezförmige, mit 4-facher Anlage ausgeführte Deich in der Januarflut 1877 gänzlich zerstört war. Die Fig. 13 und 14 stellen Profile des holsteinischen Kaiser Wilhelm-Koogs vom Jahre 1873 dar⁷¹⁾, und zwar Fig. 13^a einer stark gefährdeten Stelle mit niedrigem Vorland, Fig. 13^b einer weniger gefährdeten mit hohem Vorland, Fig. 13^c einer ziemlich geschützten Stelle mit hohem Vorland. Bei Fig. 13^c fehlt die höhere Aufsenberme ganz, bei Fig. 13^b ist sie in geringerer Höhe und Breite als bei Fig. 13^a ausgeführt; in dem letzteren Profile ist der von jeder Springflut bespülte Fuß der Aufsenberme durch eine Steinböschung und demnach in steilerer Anlage geschützt. Fig. 15 zeigt das Profil eines holländischen Deiches an der Süder-See.

Einen ungewöhnlich starken Deich mit konkavem Profil bringt Fig. 49.

Die Seedeiche der Flüsse (5. und 6. Klasse) werden gewöhnlich als trapezförmige Rasendeiche mit $2\frac{1}{2}$ bis 4facher Aufsenböschung (Fig. 4, Taf. XX), bei un-

⁷¹⁾ Vergl. Eckermann. Die Bedeichung der Maxqueller. Zeitschr. f. Bauw. 1875, S. 219.

Fig. 49. Deich auf der Insel Nordstrand (Schleswig). M. 1 : 500.



genügendem Vorland jedoch auch wohl als steile Steindeiche angelegt; die linksseitigen Elbdeiche unterhalb Harburg im Alten Lande haben z. B. das Profil Fig. 6^a, Taf. XX, nämlich nur $1\frac{1}{2}$ fache Steinböschungen vom Fuß bis zur Krone, welche unten durch ein Faschinengrundbett vor Unterspülung geschützt sind.

Die Binnenböschung der Seedeiche wird stets durch Rasen geschützt, der durch Einsäen erzeugt wird und die Erde vor dem Ausspülen durch Regen und den Angriffen der heftigsten, zur Zeit der höchsten Fluten über die Deichkappe rollenden Wellen schützt. Zur Bildung eines widerstandsfähigen Rasens sollte die Binnenböschung nicht steiler als 2fach genommen werden, da sie dann auch durch das weidende Vieh weniger leicht beschädigt wird. Flachere Binnenböschungen von $2\frac{1}{2}$ - bis 4facher Anlage können auf Strecken mit weichem Untergrunde notwendig werden, um das Deichgewicht auf eine breitere Fläche zu verteilen und einen Gegendruck gegen das Emporquellen der unteren weichen Lagen zu schaffen. Es kommen jedoch bei den Deichen an den Flußmündungen auch vielfach, z. B. in Oldenburg, $1\frac{1}{2}$ fache Anlagen der Binnenböschung an sehr guten alten Klaideichen vor.

§ 28. Die Bermen. Sicherung des Deiches. Die Binnenberme wird in Bodenhöhe, 4 bis 10 m breit, mit geringem Quergefälle nach dem zur Abgrenzung notwendigen 2 bis 4 m breiten, 1 bis 1,5 m tiefen, mit $\frac{1}{2}$ - bis 1fachen Böschungen angelegten Bermegraben (Schloote) hergestellt und dient als Weg; in der Regel wird sie nicht befestigt.

Die Außenberme erhält bei Deichen unmittelbar an der See 10 bis 25 m, an den Flüssen 5 bis 10 m Breite. Bei hohem, auch von den gewöhnlichen Springfluten nicht überschwemmtem Vorlande bildet die Außenberme nur einen grünen Streifen dieses Vorlandes, der durch einen etwa 3 m breiten Bermegraben abgegrenzt ist, s. Fig. 13^a, Taf. XX. Bei niedrigem Vorlande, sowie auch bei gefährdeter Lage der Küste wird dagegen die Außenberme bis zur mittleren Höhe von + 1 bis + 2 m (Null = gewöhnl. Flut) besonders angeschüttet (Fig. 48) und schließt dann entweder in Höhe von + 1,5 bis + 2,5 m mit geringem Gefälle von $\frac{1}{12}$ bis $\frac{1}{20}$ oder, um die scharfen Knickpunkte zu vermeiden, in Höhe von + 2 bis + 3,5 m mit $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{12}$ Gefälle ganz allmählich an den oberen Deichkörper. Eine angeschüttete hohe Außenberme ist ganz besonders geeignet, den Angriff der brandenden Wellen aufzunehmen, weshalb sie vielfach, z. B. in Zeeland, erst nachträglich zur Verstärkung alter Seedeiche zugefügt ist. Sie geht bei begrüntem, also über gewöhnlicher Fluthöhe liegendem Vorlande allmählich in dasselbe über, ohne daß eine besondere Böschung entsteht, s. Fig. 12 u. 13^a, Taf. XX, weil hier die gewöhnlichen Fluten und Springfluten schon durch das Vorland gebrochen werden. Liegt aber der Fuß der Außenberme unter gewöhnlicher Fluthöhe, so ist eine bis zum Watt reichende Bermeböschung anzulegen und durch künstliche Mittel, gewöhnlich Strohbestückung oder Steinpflaster, zu sichern, s. Fig. 13^a, Taf. XX. Der obere Punkt der Böschung ist

dann zweckmäÙig so hoch zu legen, auf + 1,2 bis + 2 m, daÙ die Wellen der gewöhnlichen Springfluten nicht mehr auf die Außenberme rollen, welche sonst beim Anschluß der künstlichen Sicherung der Böschung an den Rasen der Außenberme leicht beschädigt wird. Eine höhere, wenn auch schmalere Außenberme verdient den Vorzug vor der niedriger gelegenen breiten Berme von gleichem Kubikinhalte.

Die Bermegräben (in Oldenburg Rhynschloote genannt) werden bei der Eindeichung junger Anwachsflächen zweckmäÙig erst einige Zeit nach Vollendung des Deiches ausgeführt, nachdem die Sackungen infolge Zusammenpressung des wenig tragfähigen Untergrundes aufgehört haben. Es ist sonst namentlich ein Zuschlammen des inneren Grabens zu befürchten. Für die Entwässerung des neuen Polders ist es allerdings zweckmäÙig, den Binnen-Bermegraben als Zugschloot anzulegen, da die Fläche hier am niedrigsten ist und die Vertiefung des älteren Außen-Bermegrabens für diesen Zweck kostspielig ist.

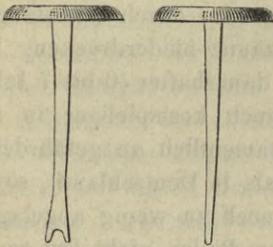
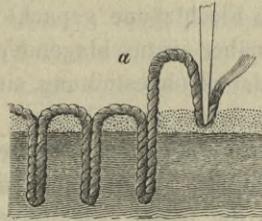
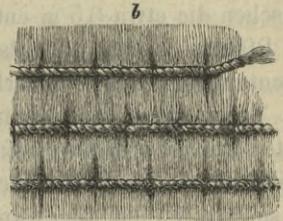
Die Sicherung der äußeren Oberfläche des Deichkörpers erfolgt in der Regel durch Rasenbelag; dieser ist allein ausreichend, falls ein hohes Vorland vorhanden ist, der Deich also nur ausnahmsweise von den Wellen getroffen wird. Der Rasen ist jedoch untauglich für alle unter gewöhnlicher Fluthöhe liegenden Flächen, weil er dort täglich zweimal bespült wird, nicht ordentlich austrocknet und infolge der wiederholten, wenn auch geringfügigen Beschädigungen durch den Wellenschlag sich zu keiner festen Narbe entwickeln würde. Auch eine zwischen gewöhnlicher und Springfluthöhe liegende Rasenfläche kommt nicht genügend zur Ruhe und bei ungünstig gelegenen Deichstrecken, namentlich solchen mit niedrigem Vorland, wird der Deich noch über Springfluthöhe hinaus durch den Wellenschlag zu oft getroffen. Alle Flächen, welche öfter von den Wellen bespült werden, wozu namentlich die wegen fehlenden Vorlandes bis zum unbegrüntem Watte hinabreichende Außenberme-Böschung gehört, müssen deshalb eine widerstandsfähigere Befestigung erhalten.

Die Schutzdecke wird entweder im Spätherbst, etwa Mitte Oktober, auf den Rasenbelag gebracht, um ihn nur während der heftigen Winterfluten zu schützen, im Frühjahr aber beim Beginn der Vegetation beseitigt; solche zeitweilige Sicherung erfolgt durch Strohbestückung, geflochtene Hürden, seltener durch Faschinenbespreitung. Oder es fehlt der Rasenbelag, sodafs die Decke dauernd die Erdoberfläche allein zu schützen hat, in welchem Falle die nachstehenden Sicherungsmittel angewandt werden können, von denen die unter 1. bis 5. einer öfteren Erneuerung bedürfen:

1. Strohbestückung (holl. Krammat). Eine 1½ bis 3 cm starke, gleichmäÙige Schicht (Matte) von gesundem Roggen- oder Weizen-Langstroh (Hafer- und Gerstenstroh ist weniger dauerhaft) wird, nachdem die Bunde aufgeschnitten, auf der Böschung so verlegt, daÙ nirgends die Erde zum Vorschein kommt. Um dies zu erreichen, werden die Halme dicht aneinander und in der Richtung des Gefälles verlegt, auch die StöÙe der Halmschichten, aus denen sich die Lage zusammensetzt, um je etwa 20 cm verwechselt. Diese sogenannte Dachlage wird auch wohl statt aus Stroh aus dünnem Rohr (Riet) gefertigt, das im Bereich des SüÙwassers auf niedrigen oder meist von Wasser bedeckten Aufsendeich- und Inselflächen üppig gedeiht, und oft billiger zu beschaffen ist. Das Stroh darf nicht durch die Dreschmaschine geknickt sein; Roggenstroh verdient wegen seiner Zähigkeit den Vorzug. Die Befestigung dieser Dachlage erfolgt durch Festnähen oder Besticken mit 3 bis 3½ cm starken Strohseilen, die vom Arbeiter durch Drehen oder Winden der in den StöÙen verwechselten Strohhalme erst während des Stickens, indem das Bund Stroh neben ihm liegt, hergestellt werden; auch Strohseile von etwa 1 cm Dicke,

5 bis 7 cm Breite werden verwendet. Dieses Sticken oder Nähen besteht darin, daß das Strohseil quer über die Halme der Dachlage mittels der Sticknadel (Fig. 50) in Entfernungen von 9 bis 14 cm und etwa 10 cm tief in die Erde gestossen wird; die Stiche (Bügel, Krammen oder Krampen) der in 10 bis 20 cm Entfernung ausgeführten Strohseilnähte stehen dabei im Verband (Fig. 51*b*); auf dem Quadratmeter finden sich also 40 bis 100 Krampen. Die Sticknadel ist aus Eisen oder hartem Holz, unten etwa 1 cm stark, 5 bis 8 cm breit und mit einem Einchnitt versehen, mit welchem das Strohseil, indem der Arbeiter das Knie auf die obere Scheibe stützt, kräftig in den Boden gestossen wird, ohne jedoch das Seil zu zerschneiden oder zu zerreißen (Fig. 51*a*). Bei festem Boden und geringerem Angriff begnügt man sich wohl mit 7 cm tiefen Krampen, gewöhnlich sind sie mindestens 10 cm tief und bei weicherem Boden und stärkerem Angriff müssen sie bis 20 cm tief ausgeführt werden, um die Lockerung des Strohes zu verhüten. Zum Bekrammen läßt sich Rohr wegen seiner Sprödigkeit nicht verwenden. 1 qm Strohbestückung erfordert 4 bis 5 kg Stroh, sodafs das Material, 1000 kg = 40 M. gerechnet, 16 bis 20 Pf. kostet; an Arbeitslohn werden für das Quadratmeter 10 bis 15 Pf. bezahlt, an der norddeutschen Küste sind somit gewöhnlich 26 bis 35 Pf. für die fertige Strohbestückung zu zahlen.

Fig. 50.

Fig. 51*a*.Fig. 51*b*.

Die Strohbestückung ist nur auf Klaiflächen anzuwenden; auf sandigen Flächen finden die Bügel keinen festen Halt. Sie hält sich nur auf die Dauer eines Jahres; unter halber Fluthöhe, wo sie nicht austrocknen kann und stark leidet, verliert sie schon weit früher ihre Widerstandsfähigkeit, weshalb man sie erst in größerer Höhe, am besten erst über gewöhnlicher Fluthöhe verwenden sollte. Auf flacheren als sechsfachen Böschungen trocknet sie gleichfalls schlecht aus, während sie bei steileren als dreifachen Böschungen und heftigem Wellenschlag überhaupt nicht mehr ausreicht. Ferner ist sie nur auf fettem Boden haltbar. Gewöhnlich wird sie auf der Außenberme-Böschung oder dem unteren Teile der Außenböschung auf 3- bis 6facher Böschungsanlage ausgeführt und zwar in den meisten Fällen auf der bloßen Erdböschung. Es werden aber auch die in stärkerem Angriffe liegenden Rasenflächen mit Strohbestückung versehen; sie muß dann in jedem Herbst neu hergestellt, im Frühjahr entweder ganz beseitigt oder (falls der Rasen allein im Sommer nicht ausreicht) durchkrammt (mit einem Sommerdache versehen) werden, indem man neue Nähte den alten hinzufügt. Sie ist daher kostspielig in der Unterhaltung, hat aber gegenüber den steilen, abgepflasterten Böschungen insofern den Vorzug, als die brandende Welle an ihr mit geringerer Geschwindigkeit zurückläuft und mithin auch geringere Abspülungen des Schlicks hervorruft, der für die Erhöhung des Wattes so wichtig ist. Wird daher eine Erhöhung des Vorlandes durch Aufschlickung, wenn auch unter Zuhilfenahme von künstlichen Mitteln (Schlickfängen und Begrippungen), erwartet, so empfiehlt es sich, bei einem

neu angelegten Deiche die kostspielige, für die Aufschlickung ungünstige Steinböschung vorläufig nicht auszuführen, vielmehr während einiger Jahre die flacher anzulegende Böschung in Strohbestückung zu unterhalten, bis das Watt fest begrünt ist und jede künstliche Sicherung des Aufsenbermfusses entbehrt werden kann.

Wegen der geringen Anlagekosten bildete die Strohbestückung früher an der deutschen Nordseeküste das fast ausschließlich angewendete Schutzmittel der Deiche in allen Fällen, wo Rasen überhaupt nicht verwandt werden konnte oder allein nicht sicher genug war; sie ist jetzt jedoch bei den dauernden Anlagen größtenteils durch Steinpflaster verdrängt worden.

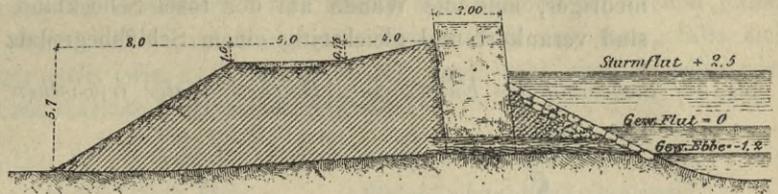
2. Die Bespreutung der Böschung besteht aus einer 15 cm starken Strauchdecke von feinen Reisern mit gut verwechselten Stößen, welche auf einer etwa 5 cm dicken, dicht gelegten Heide-, Stroh- oder Rohrlage, oder besser auf Strohbestückung, normal zur Deichkappe ausgebreitet wird. Diese Unterbettung ist unbedingt erforderlich, weil die dünne Strauchdecke zu große Zwischenräume besitzt, um die Erde genügend zu schützen. Die obere Decke wird in 0,3 bis 0,6 m Entfernung durch 15 cm hohe Flechtzäune befestigt, indem die Pfähle eichene Quernägel erhalten, welche die Flechtruten und somit den Strauch niederdrücken. Die Zäune sind um so näher zu stellen, je mehr eine Lockerung der Faschinen durch den Wellenschlag zu befürchten ist. Bei gefährdeter Lage wird die Lockerung der Faschinen noch durch Steine verhindert, die zwischen die etwa 0,5 m entfernten Flechtzäune gepackt werden, oder durch Querstangen mit Pfählen, welche die alsdann näher einzuschlagenden Flechtzäune niederdrücken. Bespreutungen auf Strohunterlage oder Strohbestückung sind weit dauerhafter (6 bis 7 Jahre bei Verwendung von Steinen, 3 Jahre ohne Steine), aber auch kostspieliger in der ersten Anlage als die einfache Strohbestückung. Sie werden namentlich an gefährdeten steilen Böschungsflächen des Deichfusses (in Holland häufiger als in Deutschland), sowie in solchen Fällen angewandt, wo die frisch geschüttete Erde noch zu wenig abgelagert ist, als daß die Strohbestückung allein, deren Nähte in lockerem Boden nicht fest genug halten, den Angriffen der winterlichen Fluten zu widerstehen vermöchte. Sie sind auch für frisch angeschüttete Schutzdeiche, Kajedeiche, oder Notdeiche, deren Bruch große Nachteile herbeiführen würde, für Schutzbuhnen aus Erde und ähnliche Anlagen zu empfehlen; für ältere, wenigstens 2¹/₂mal angelegte, fest abgelagerte Deichböschungen ist dagegen die billigere Strohbestückung in der Regel ausreichend.

3. Hürden (Flecken), aus starken Weidenruten geflochten, 0,6 bis 1 m breit, 2 bis 4 m lang, werden zur dauernden Sicherung der Aufsenböschung namentlich bei Deichen mit steiler Aufsenböschung verwandt, z. B. am linksseitigen Elbufer unterhalb Harburg, bei zweifacher Böschung, s. Fig. 6^b, Taf. XX. Sie werden vom Fuß bis zur Kappe, sowohl in der Länge als in der Breite 5 bis 10 cm übereinander greifend, normal zur Deichkappe auf einer Unterlage von Strauch, Rohr oder Heidekraut verlegt, mit hölzernen Pflocken oder Stackpfählen befestigt und müssen nebst der Unterlage alle zwei Jahre erneuert, die Erdböschung selbst muß alle vier bis sechs Jahre im ursprünglichen Profile wieder hergestellt werden.

Ferner benutzt man solche Hürden aber auch, wie bei der Verteidigung der Flußdeiche, zur Sicherung des Rasens während des Winters, indem sie Mitte Oktober auf den Rasen gelegt und im Frühjahr wieder fortgenommen werden. Sie bilden dann die Verlängerung des Steinpflasters, das den untersten, auch von den gewöhnlichen Springfluten noch getroffenen Teil des Deiches schützt und werden nur an den gefährdeten Strecken verlegt.

4. Sicherungen mit Wiergras (Seegras), das auf Schlickbänken unter Wasser, besonders in der Nähe der Insel Wieringen, in großen Massen wächst, sind seit dem Ende des 13. Jahrhunderts an der Süder-See in etwa 3 m starken, futtermauerartigen Packungen oft vorgenommen (Fig. 52); sie schützen die steilen Außen-

Fig. 52. Wierdeich. M. 0,003.



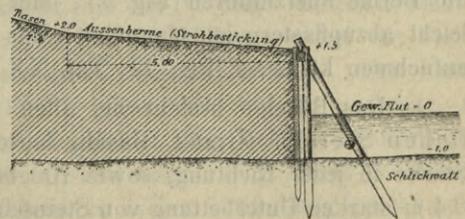
böschungen und werden am Fusse durch Steinschüttungen auf Faschinen gegen Auskolkungen befestigt. Das Seegras wird nach dem Ablühen von selbst an die Küste getrieben oder durch Abmähen der damit bewachsenen Untiefen gewonnen. Die Packung bedarf jedoch in jedem Jahre einer Ergänzung und der Erddeich muß starke Abmessungen erhalten, weshalb die Wierdeiche fast überall durch Steindeiche ersetzt sind.⁷²⁾

5. Eine Deckung des frischen Deichkörpers mit Zeug (Jute) ist im Jahre 1893 bei der Erweiterung der Bremerhavener Hafenanlage zur Verwendung gekommen. Der auf 900 m Länge auf dem Schlickwatt der Weser geschüttete Deich sollte zum vorläufigen Schutz in den unteren Teilen mit Faschinen auf Rasen, in den oberen Teilen durch eine Strohbestückung gedeckt werden. Wegen Stroh mangels und der Umständlichkeit der Bestückung wurde statt derselben eine Deckung mit Jute vorgenommen. Die 1,24 m breiten Bahnen der Jute wurden senkrecht zur Längsachse des Deiches verlegt, indem sie sich um 12 cm überdeckten. In Entfernungen von 50 bis 75 cm wurden quer zu den Jutebahnen Drähte über dieselben gelegt und diese Drähte alle 50 cm mit dem Deichkörper mittels Drahtkrampen von etwa 30 cm Länge befestigt, die aus Draht durch Umbiegen hergestellt waren und in den Boden gesteckt wurden. Das Quadratmeter kostete 28 Pf., war erheblich billiger als Strohbestückung. Die Abdeckung hat sich bei den im Februar 1894 eingetretenen Sturmfluten gut gehalten.⁷³⁾ — Für provisorische Abdeckungen sind seit alter Zeit im Notfalle Segel verwendet worden.

6. Holzwände findet man in verschiedener Art:

- a) Als gewöhnliche Bohlwerke, Fig. 53, welche die Außenberme bei niedrigem Watt stützen, sodafs die Bermeböschung fehlt; an Stelle der Anker sind vordere, sich gegen ein Gurtholz (Rimm) lehrende Schrägpfähle angeordnet. An der unteren Ems, wo sie in dieser Weise früher hergestellt wurden, ersetzt man sie wegen ihrer kostspieligen Unterhaltung jetzt meist durch Steinböschungen;

Fig. 53. Holzwände an der Unter-Ems. M. 0,006.



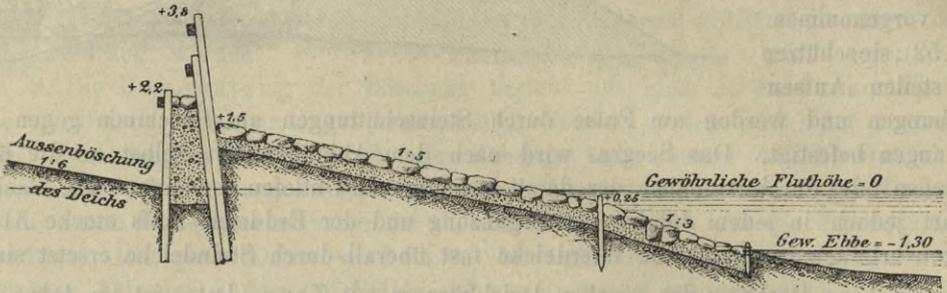
- b) als Holzwände, die sich hoch über die Außenberme, nämlich noch über Sturmfluthöhe, frei erheben, sodafs sie den Stofs der Wellen aufnehmen. In der niederländischen Provinz Friesland (Fig. 54) sind solche Wände aus zwei Bohlen-Stülpwänden hergestellt, die durch obere Gurthölzer gehalten

⁷²⁾ Über den Nutzen der Seegraspflanzen in wasserbaulicher Hinsicht. Wochenbl. f. Bauk. 1885, S. 391.

⁷³⁾ Centrabl. d. Bauverw. 1894, S. 140.

werden, während eine dritte Wand den hinterliegenden, zum Schutz vor Hinterspülungen erforderlichen Steindamm begrenzt und ein äußeres Steinpflaster gegen Unterwaschungen am Fusse angelegt ist. Ähnlich, jedoch niedriger, sind die Wände auf der Insel Schockland in der Süder-See; sie sind verankert und gleichzeitig einem Schiffsliegplatz nützlich.

Fig. 54. Sicherung des Fusses eines Deiches an der friesischen Westküste. M. 0,006.



7. Steinböschungen. Sie bilden das bei weitem dauerhafteste und zugleich sicherste Schutzmittel und werden deshalb angewandt:

- Zur Befestigung des unter der Springfluthöhe liegenden Teiles der Böschung, wo Rasen überhaupt nicht anwendbar ist, oder häufiger Ausbesserungen bedarf (Fig. 7, Taf. XX);
- zur Befestigung des äußeren Deichkörpers bei sehr gefährdeten Seedeichen, sowie bei solchen Flusmündungsdeichen, welche wegen geringer Vorlandsbreite keine für Rasen genügende Böschung erhalten können oder aus Sand ohne genügende Klaidecke hergestellt werden müssen (Fig. 6^a, Taf. XX).

Die Steinböschungen werden bei den sehr gefährdeten und fast ganz abgepflasterten Seedeichen der 1. und 2. Klasse mit 4- bis 6facher Anlage aus schweren natürlichen Steinen, bei den übrigen nur am Fusse gepflasterten Deichen in der Regel nur mit $1\frac{1}{2}$ - bis 2facher Anlage hergestellt, falls grössere natürliche Steine verwandt werden, mit $2\frac{1}{2}$ - bis 4facher Anlage bei der Ausführung in harten Ziegelsteinen. Beim Anschluß des Pflasters an den oberen Rasen erleidet dieser häufig kleinere Beschädigungen, weshalb das Pflaster der Aussenbermeböschung entweder mit einem Bogen allmählich in die Berme überzuführen (Fig. 55), oder die Berme dort etwa 0,5 m tiefer anzulegen und leicht abzupflastern ist, damit sich das Wasser ansammeln und den Stofs der Wellen aufnehmen könne, s. Fig. 14, Taf. XX.

Das Pflaster besteht bei allen stark angegriffenen Deichen aus festen natürlichen Steinen (Granit, Basalt, harten Sandsteinen u. s. w.), welche 0,30 bis 0,6 m Stärke in jeder Richtung, sowie 100 bis 500 kg Gewicht haben und auf einer 0,2 bis 0,4 m starken Unterbettung von Steinschlag, Ziegelstücken oder grobem, gesiebttem Kies gebettet, sowie sorgfältig verzwickt und unterstopft werden. Ist der Deich aus sandigem Boden geschüttet, so wird zum Schutz gegen Ausspülung unter die Bettung noch eine etwa 0,3 m starke Klaischicht gebracht, die zur grösseren Sicherheit auch wohl noch durch Strohbestückung gedeckt wird. Die Steine müssen im Verband dicht schliessend und so eingesetzt werden, daß der einzelne Stein für sich selbst fest steht, ohne sich an die benachbarten Steine zu lehnen; vor dem Verzwicken werden die Steine mit schweren hölzernen Rammen abgerammt. Wo es auf hohe Sicherheit ankommt, wie

z. B. beim Anschluß an Schleusen, werden sie auch wohl mit hydraulischem Mörtel ausgefugt oder in Beton gebettet, um das Eindringen des Wassers in die Fugen, das Loslösen der Erde und das Versacken und Herausreißen der Steine noch kräftiger als durch bloße Verzwickung zu verhindern. Der Deich muß jedoch in solchen Fällen gut abgelagert sein. Statt der Unterbettung von Steinmaterial hat man, falls sich solches übermäßig teuer stellt (wie z. B. an der Jade), auch wohl eine doppelte oder dreifache Lage von 6 cm starken Moorsoden verwandt.

Fig. 55.

Baksteinböschung am Aussenberme-Fuße.

M. 0,006.

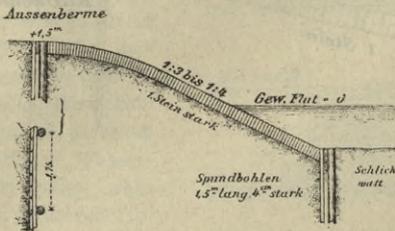
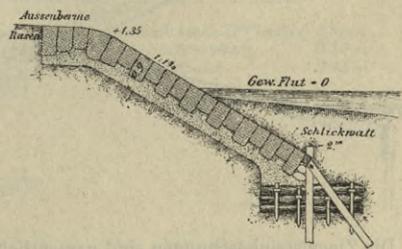


Fig. 56.

Steinböschung aus Quadern.

M. 0,006.

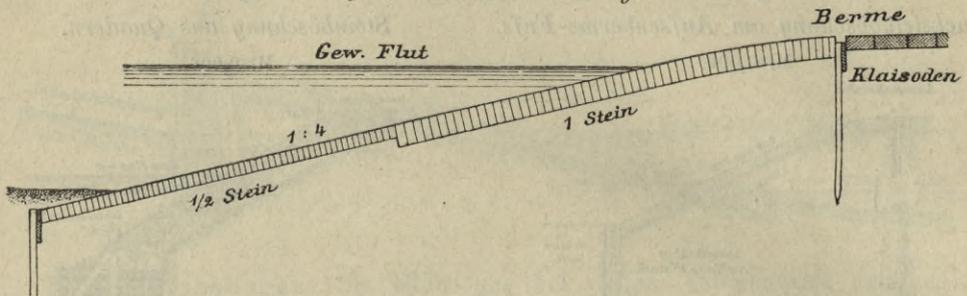


Steinböschungen aus bearbeiteten, in hydraulischem Mörtel versetzten Werksteinen sind nur ausnahmsweise, z. B. an der Aussenbermeböschung des Hafendeiches zu Geestemünde (Fig. 56) ausgeführt; der Fuß ist hier durch ein Faschinen-Grundbett (Risberme, vom holländischen Rijs = Strauch), sowie durch eine Pfahlreihe mit Schrägpfählen gesichert, gegen deren Holm sich die Böschung stützt.

Steinböschungen aus hartgebrannten Ziegelsteinen sind wegen des geringen Gewichts der einzelnen Steine zwar weniger widerstandsfähig, aber an der Küste ungleich billiger als solche aus natürlichen Steinen. Sie werden gewöhnlich in 1 Stein Stärke, ohne jede Unterbettung unmittelbar auf dem Klai ausgeführt und zwar hauptsächlich bei den Deichen der 3. bis 5. Klasse zum Schutze der Aussenbermeböschung, indem der obere Teil der Böschung mit flachem Kreisbogen, ohne daß jedoch eine gewölbartige Spannung entsteht, in die Berme übergeht. Bei den weniger in Angriff liegenden Strecken wird der untere Teil der Böschung, bis etwa 0,5 m unter gewöhnlicher Fluthöhe, aus Sparsamkeitsrücksichten auch nur $\frac{1}{2}$ Stein stark hergestellt (Fig. 57). Die Fugen der 1 Stein starken Schichten laufen parallel, die der $\frac{1}{2}$ Stein starken Schichten zur Verhütung des Überkantens der Steine normal zur Deichkappe, wobei die Steine in Verband gesetzt und die Fugen mit Muschelsand ausgefüllt werden. Um Unterwaschungen zu verhüten, werden am oberen Punkte eine oder zwei 30 cm breite, an starken eichenen Stackpfählen befestigte, 4 cm starke Bohlen oder bei stärkerem Angriff eine 1 bis $1\frac{1}{2}$ m lange, 4 bis 5 cm starke Spundwand angebracht; diese lehnt sich mittels einer 5 cm starken Rimmbohle gegen eichene, in 1,75 m Entfernung geschlagene, 1,5 m lange, 15 cm starke Pfähle, s. Fig. 55. Der Fuß der Böschung wird bei stärkerem Angriff durch eine solche Spundwand mit Pfählen oder eine dichte Pfahlreihe von etwa 15 cm starken, 1,5 m langen Pfählen gesichert, bei geringerem Angriff durch eine 7 cm starke, 25 cm breite Bohle, die sich gegen 1,5 m lange, in 1,5 m Entfernung gerammte, 12 cm starke eichene oder buchene Pfähle lehnt; es genügt bei sehr geringem Angriff auch ein kräftiger Flechtzaun nebst Faschinen-Grundbett. Schutzmittel am Fusse der Böschung sind bei den leichter zu zerstörenden Ziegelböschungen weit notwendiger

als bei den Böschungen mit natürlichen Steinen, wo sie nur bei gefährdeter Lage oder weichem Untergrunde ausgeführt werden. In Holland hat man auch wohl, um die Beweglichkeit der kleinen Klinker zu vermeiden, hart gebrannte Steine von größerem Formate, z. B. 40 cm □, 20 cm dick verwandt; neuerdings werden aber dort rheinische Basalte wegen ihres großen spezifischen Gewichts und ihrer Lagerhaftigkeit vielfach verwandt, während an der norddeutschen Küste entweder gespaltene Granitfindlinge oder, bei geringerem Angriffe, hart gebrannte Ziegelsteine benutzt werden.

Fig. 57. Backsteinböschung.



Die Ziegelsteinböschungen sind namentlich an der oldenburgischen Küste, wo sie zuerst im Jahre 1808 zur Ausführung gelangten, zur Befestigung der Deichfußes viel verwendet worden (Fig. 57) und zwar gewöhnlich bei 3- bis 4facher Böschungsanlage, nämlich 4facher bei der Lage des Deiches gegenüber den westlichen, 3facher gegenüber den östlichen Winden. Nach dortigen Erfahrungen tritt bei einer steileren Anlage leicht ein Abwärtsgleiten der Steine ein. Falls der Bogen, welcher den Übergang zur Berme bildet, nicht flach genug ausgeführt ist, können sich die Steine nicht ungehindert setzen, es entsteht ein Hohlraum unter der Wölbung, einzelne Steine sinken, die Fugen öffnen sich und es fallen selbst ohne die Einwirkung der Wellen Löcher ein. Der Versuch, den Anschlußbogen stark zu überhöhen (ähnlich wie Fig. 14, Taf. XX), um auf der Berme totes Wasser anzusammeln, hat sich dort nicht bewährt. Es hatte dies, auch wenn Abflusrrinnen hergestellt wurden, zur Folge, daß in den Unebenheiten Wasser stehen blieb, das dem Graswuchs schadete und beim Durchsickern durch die Fugen der Holzwand allmählich Höhlungen unter den Steinen erzeugte. Die Verlegung von Feld- oder Ziegelsteinen hinter der oberen Wand, an Stelle von starken Klaisoden, hat sich auch nicht bewährt, weil sie fast so leicht wie die Soden beschädigt wurden und außerdem noch Beschädigungen beim Anschluß an den oberen Rasen stattfanden. Hartbraune Bockhorner Steine werden den Klinkern, die zu uneben sind und daher zu große Fugen geben, vorgezogen. Das Einfegen der Fugen mit stark muschelhaltigem Sand hat sich vorzüglich bewährt, aber nicht das Einschlemmen von Cementmörtel, der das unvermeidliche Setzen der Steine infolge Schwindens und Abspülens des Untergrundes verhindert, auch durch Frost und Wellen zerstört wird. Stroh, Heide, Moorsoden u. dergl. unter die Steine zu betten, ist nicht zweckmäßig, weil sie nicht schwer genug sind, um nicht durch das Aufquellen dieser Bettung bewegt und gelockert zu werden. Die Steine lassen sich auch auf einer elastischen Unterlage weit weniger dicht verlegen und es sind beim Fehlen der Bettung kleinere Beschädigungen in kürzester Zeit, oft schon bis zur nächsten Flut, leicht wiederherzustellen; nur ausnahmsweise wird die Wiederherstellung bis zum Sommer verschoben und eine Notbestückung vorläufig ausgeführt. Der Fuß wird dort durch eine 7 cm starke Bohle gestützt, die sich gegen 1,5 m lange, in 1,5 m Entfernung gerammte, 12 cm starke eichene oder buchene Pfähle lehnt; der obere Abschluß erfolgt durch eine 4 cm starke, je nach Lage des Deiches 1 bis 1,5 m lange Streichwand, die durch eine Diele begurtet ist. Anfänglich hatte man die Böschungsfäche auch noch durch Dielen an Pfählen oder durch Holzwände abgeteilt, um Beschädigungen auf einen geringeren Raum zu beschränken. Sie haben sich aber als schädlich erwiesen, weil an ihnen der Boden abgespült wurde.

Die Ziegelsteinböschungen erfordern in Oldenburg einschließlic der kapitalisierten Unterhaltungskosten nur $\frac{1}{3}$ der für Feldsteinböschungen aufzuwendenden Kosten, sodaß die Feldsteinböschungen aus Granitfindlingen dort völlig verdrängt sind. Die Feldsteine waren nämlich in $3\frac{1}{2}$ - bis 4facher Anlage auf 3 Lagen von 6 cm starken, 0,3 m im Quadrat großen Moorsoden anfänglich derart verlegt, daß sie mehr das Forttreiben der äußerst dauerhaften Soden verhüten sollten. Es wurden aber oft Steine von den brandenden Wellen herausgeschlagen, die Moorsoden fortgespült und Löcher in die Böschung ge-

rissen, worauf dann die Steine weiter nachstürzten. Selbst bei kleiner Beschädigung wurden größere Flächen in Mitleidenschaft gezogen, sodass sich die Unterhaltung sehr kostspielig gestaltete. In neuerer Zeit sind die Feldsteine aber hochkantig, so dicht wie möglich und mit mehr Gewölbspannung versetzt, sodass das Herausreißen einzelner Steine nur selten vorkommt. Am Fuße und oben werden die Steine durch Dielen begrenzt, die an 1,5 m langen, 1,5 m voneinander entfernt stehenden Pfählen befestigt sind.⁷⁴⁾

Der Hafendeich des neuen Fischereihafens zu Geestemünde⁷⁵⁾ liegt 2 m über Sturmflut, 5,67 m über gewöhnlicher Flut, hat 3,5 m Kappenbreite, 5fache Außenböschung und eine 8 m breite, etwa 2 m über gewöhnlicher Flut gelegene Außenberme, deren zweifache Böschung teils durch Ziegelkopfpflaster, teils in der in Fig. 58 und 59 dargestellten Art geschützt ist. Das Ziegelkopfpflaster ist auf den Strecken mit geringer Wassertiefe verwendet, während bei größeren Tiefen 0,3m starkes Bruchsteinpflaster, Fig. 58, und bei stärkstem Angriff in der Nähe des Molenkopfes Säulenbasaltpflaster von 0,4 m Stärke, Fig. 59, zur Ausführung gekommen ist. Unmittelbar unter die Steine ist eine 0,25 m bzw. 0,3 m starke Ziegelbrockenschicht und unter diese eine 0,3m starke Klaischicht gebracht, die zum Teil noch eine Strohbestückung erhalten hat. Bei dem Ziegelsteinpflaster sind die Kantsteine und Abschlussplatten an der Berme aus Stampfbeton hergestellt. Der Fuß des Böschungspflasters ist überall durch eine Pfahlreihe teils mit, teils ohne Holm und Bohlwand gesichert.

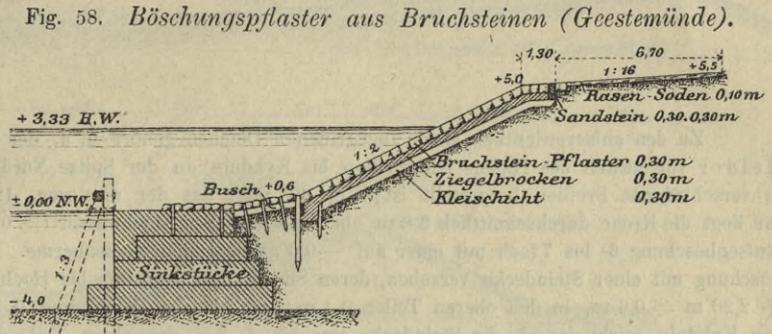
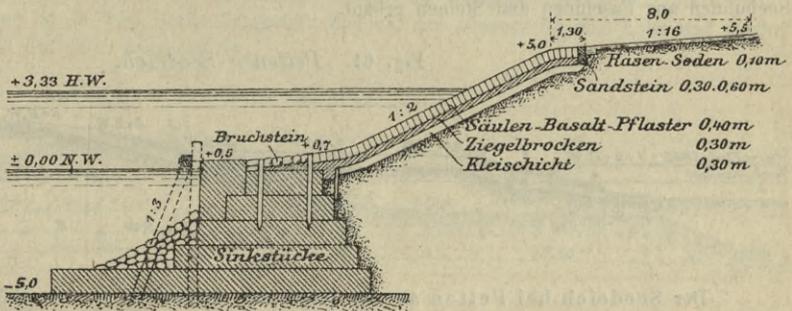


Fig. 59. Böschungspflaster aus Säulenbasalt.



An der Ostsee sind auch einige Ufer nach dem Verfahren von M. Möller mit Hilfe von Cement-Erdankern gesichert (Centralbl. d. Bauverw. 1898, S. 339).

Das Vorstehende wird in einigen Punkten ergänzt durch die Besprechung der parallelen Schutzwerke des Seeuferbaus, s. Kap. XVII, § 8 und 9; eine Grenze zwischen Seeuferbau und Deichbau lässt sich bei diesem Gegenstande nicht ziehen.

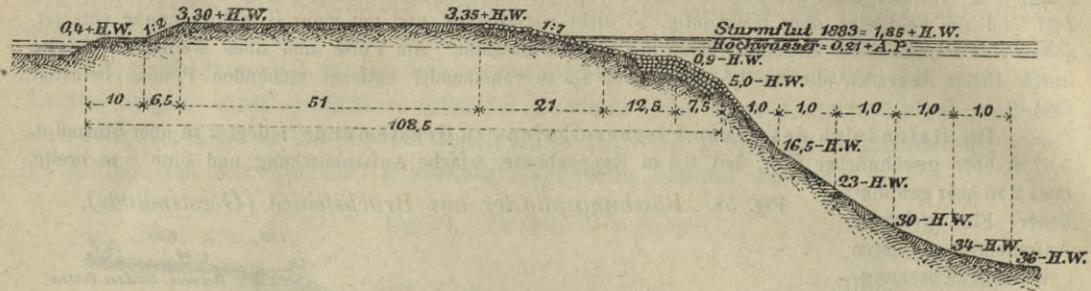
§ 29. Außergewöhnliche Deichprofile und Deichsicherungen. Falls nicht Inselreihen oder weit vorliegende Wattflächen einen mächtigenden Einfluss ausüben, die Deiche vielmehr dem unmittelbaren Angriff der Meereswellen ausgesetzt sind oder falls der Untergrund weich und unzuverlässig ist, wie beides in den Niederlanden öfters vorkommt, sind außergewöhnliche Deichprofile und Deichsicherungen zur Ausführung gebracht worden.⁷⁶⁾

⁷⁴⁾ Tenge. Deiche und Uferwerke des zweiten oldenburgischen Deichbandes. Oldenburg 1878.

⁷⁵⁾ Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 358.

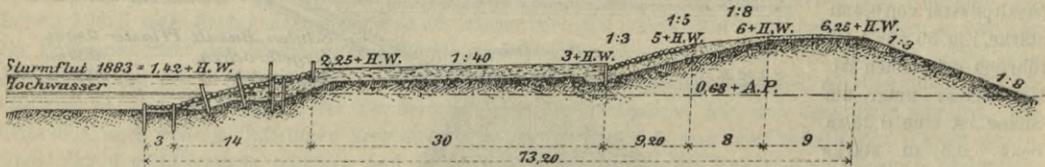
⁷⁶⁾ Veröffentlichungen des Königlichen Institutes der Ingenieure der Niederlande, insbes. Gedenkböck 1897, ferner Mitteilung von v. Horn. Wochenbl. f. Bauk. 1887, S. 6, sowie im Centralbl. d. Bauverw. 1898, S. 339.

Fig. 60. Deich am Helder.



Zu den außerordentlich stark angegriffenen Deichen gehört u. a. der 4575 m lange Deich am Helder von unweit des Hafens Nieuwediep bis Kykduin an der Spitze Nordhollands, welcher aus Sand in verschiedenen Profilen hergestellt ist; Fig. 60 zeigt das der mittleren, 1225 m langen Strecke. In ihr liegt die Krone durchschnittlich 3,8 m über gewöhnlichem Hochwasser (± 0), ist 30 bis 60 m breit, die Außenböschung 6- bis 7-fach mit einer auf $-0,6$ m liegenden Außenberme. Diese ist gleich der Außenböschung mit einer Steindecke versehen, deren Stärke vom Deichfuß bis Hochwasser 0,5 m, darüber bis $+2,20$ m $= 0,6$ m, in den oberen Teilen 0,4 m und bis zur Deichkrone 0,3 m beträgt. In der Nähe von Kykduin reicht jedoch die Steindecke nur bis $+3,5$, der obere Teil, die Krone und die Binnenböschung sind dort mit Sandhafer bepflanzt oder mit einer Grasnarbe bedeckt. Auf 3400 m Länge ist das unterseeische Ufer durch Steinschüttungen befestigt, auch sind auf der Strecke nahe Nieuwediep sechs Seebuhnen aus Faschinen und Steinen erbaut.

Fig. 61. Pettener Seedeich.



Der Seedeich bei Petten an der Westküste Hollands (Fig. 61) schließt eine Dünenlücke und ist gleichfalls Sanddeich, jedoch auf der Krone und den äußeren Teilen mit Klai bedeckt; er hat 600 m Länge, die 9 m breite Krone liegt in der Mitte auf $+6,25$, an den Kanten auf $+6,0$, die Binnenböschung hat an der Krone 3-fache, am Fuß 8-fache Anlage und ist mit Sandhafer bepflanzt. Die Außenböschung hat nahe der Krone bis $+5,0$ m 8-fache, darunter bis $+3,0$ m zuerst 5-, dann 3-fache Anlage; zwischen $+3,0$ und $+5,0$ m ist sie mit einer Steindecke versehen. Die Berme ist 30 m breit und liegt zwischen $+2,25$ und $+3,0$ m, ihre 4-fache, gleichfalls abgeplattete Böschung stützt sich gegen ein auf Niedrigwasserhöhe ($-1,30$ m) liegendes, 3 m breites Bankett aus Faschinen. Ferner sind auf dieser Böschung drei als Wellenbrecher dienende, bis $+1,0$ m, bzw. $+1,75$ m und $+3,0$ m reichende Pfahlreihen angeordnet und zur Sicherung des Strandes noch 6 Buhnen (vorspringende Schutzwerke) aus Faschinen mit Steinbedeckung erbaut, jede 115 m lang, 6 m breit, mit 3 m breiter Berme an beiden Seiten.

Ähnlich ist der sich an den Pettener Seedeich schließende, 4675 m lange Hondsbots'sche Seedeich (Sanddeich) hergestellt, doch liegt die 5 m breite Krone auf $+7,0$ m, die 20 m breite Außenberme auf $+4,0$ bis $+5,0$ m, ihre Böschung hat im oberen Teile 9-fache, im unteren 7-fache Anlage und ist bis zur Höhe von $+4,0$ m mit Basaltplaster auf Ziegelbrockenbettung bekleidet.

Der Westkapel'sche Seedeich (Sanddeich) (Fig. 62) ist 3800 m lang, die Krone erhebt sich bis $+7,30$ m, die Außenböschung hat 12- bis $13\frac{1}{2}$ -fache, zum Teil $18\frac{1}{2}$ -fache Anlage, sodafs sie einer Berme gleicht, ist mit Klai 0,3 bis 0,9 m stark bedeckt, zwischen $+3,0$ und $+4,5$ m durch Strohbestückung, darüber bis $+4,8$ m durch Steine gesichert. Der untere Teil der Außenböschung ist durch Steinsetzungen und Stacketwerke, die als Wellenbrecher dienen, geschützt.

Bemerkenswert ist ferner der 21,5 km lange Seedeich bei Delfzyl (Klaideich) am Dollart (Fig. 63). Die 1,5 bis 2 m breite Krone erhebt sich bis $+6,36$ m, die 4-fache Außenböschung geht von der Krone bis zum Watt hinunter. Die Steinpflasterung reicht entweder bis zur Krone oder geht in

eine kappenförmige, auf + 5,56 m liegende Erhebung über. Ein Teil dieses Deiches ist auch ähnlich dem Profile Fig. 13^a, Taf. XX hergestellt.

Fig. 62. Westkapel'scher Seedeich.

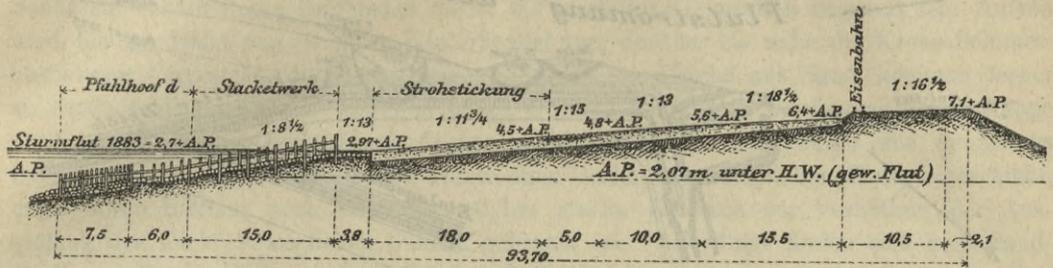
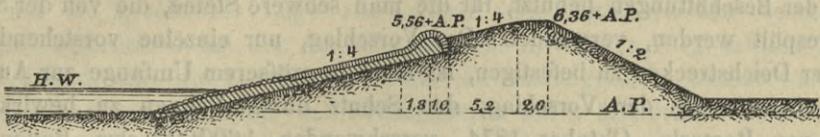
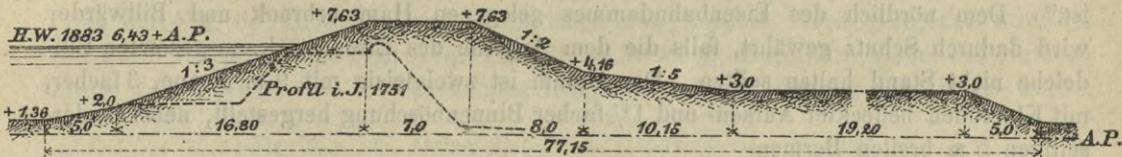


Fig. 63. Seedeich bei Delfzyl.



Zu den Deichen, die wegen des weichen Untergrundes sehr starke Profile erhalten haben, gehören namentlich die Lekdeiche.⁷⁷⁾ Fig. 64 zeigt das jetzige Profil und (punktiert) auch das ältere Profil vom Jahre 1751; die Krone ist in 7 m Breite hergestellt und an der Binnenseite eine hohe und starke Berme von 30 m Breite als Fußsdeich angeschüttet.

Fig. 64. Lekdeich bei Vreeswyk.



Besondere Erwähnung verdienen die Deichfälle und Ufergrundbrüche in der holländischen Provinz Zeeland, die an der Schelde-Mündung gelegen und von breiten und tiefen Wasserläufen durchzogen ist. Diese Grundbrüche entstehen plötzlich, ohne vorherige Anzeichen, selbst bei ruhigem Wetter, im Vornfer der Seedeiche und erstrecken sich oft bis in die Binnenböschung des Deichkörpers. Die Deichfälle sind demnach bis in den Deichkörper reichende Grundbrüche, dadurch veranlaßt, daß die starke Strömung durch Sandbänke und Untiefen nach dem festen Ufer gedrängt wird (Fig. 65, S. 706). Das nahezu horizontale Wegschießen des Bodens ist durch den mangelhaften Zusammenhang und die Wasserdurchlässigkeit des feinen Sandes, welcher flüssig wird, zu erklären, wobei die Kapillarwirkung und der hydrostatische Druck von Einfluß sind. Gewöhnlich gehen den Fällen große Gezeit-Höhenunterschiede oder hohe Fluten und namentlich tiefe Ebben vorher oder diese sind mit ihnen oder den Grundbrüchen verbunden. Früher bestand das System der Einlagedeiche, der bisherige Deich nebst Ufer wurde also preisgegeben, wodurch sich die Polder immer mehr verkleinerten, seit einiger Zeit ist man aber dazu übergegangen, die von der Strömung und dem Wellenschlage angegriffenen Uferstrecken durch große, tief hinabreichende Sinkstücke und Steinschüttungen zu

⁷⁷⁾ Van Dissel. De verhooging van den Lekdijk. Tijdschr. van het kon. inst. van Ing. 1881/82; bemerkenswert ist namentlich die allmähliche Erhöhung und Verstärkung des Deiches. — Gedenkboek 1897.

ländischen Insel Tholen geschütteten Deiches darstellt. Hier ist die Bekleidung der Außenbermböschung 0,5 m, der Außenberme und oberen Böschung 0,4 m, der Krone und Innenböschung 0,2 m stark; die Binnenberme hat eine 4 m breite, 0,5 m hohe Sandkiste erhalten, die beiderseits durch 0,2 m starke Klaiestreifen begrenzt ist. Außen wird bis zur Höhe von + 2,2 m Winterbestückung, darüber bis nahe der Krone Sommerbestückung hergestellt, die Innenböschung besamt. — Deiche aus Sand kommen ferner an Stelle fehlender Dünen auf dem hohen Strande der Ostsee häufig vor. Ihre Kappe wird breiter, die Außenböschung flacher angelegt und entweder durch eine wenigstens 0,6 m starke Klailage oder besser durch eine Decke aus natürlichen Steinen geschützt, unter deren Bettung noch eine etwa 0,3 m starke Klailage zur Verhütung der Ausspülung des leicht beweglichen Sandes gebracht ist. Allerdings finden sich auch Sanddeiche, z. B. am Watt an der südlichen Seite der Insel Norderney, sowie an der Ostsee, welche allein durch eine 10 bis 15 cm starke, gute Rasendecke gesichert sind, doch ist dies nur bei geschützter Lage ausreichend. Die umfangreichen Beschädigungen, welche die Ostseedeiche bei der Sturmflut am 13. November 1872 erlitten⁸⁰⁾, beruhen zum Teil darauf, daß die Deiche außen nur mit Strandgräsern besamt waren, sodafs der Wellenschlag das lose Sand- und Sodenmaterial leicht zerstören konnte. Ein solcher vor dem Gruber-See in Schleswig ausgeführter Deich hatte zweifache besodete Binnenböschung; die 3,9 m breite, 3,8 m über mittlerem Ostseespiegel liegende Kappe war ebenso wie der obere Teil der 4fachen Außenböschung mit Strandgräsern befestigt, während der untere Teil und der anschließende 2,2 m über Ostseespiegel liegende Strand in 3 m Breite vom Deichfufse durch eine Geröllschicht gesichert war. An Stelle dieser Sanddeiche hat man die neuen Deiche in Ostholstein grolsenteils aus Lehm nach dem Profil der Fig. 68 an gefährdeten, d. h. nach Ost, Nordost, Nord gelegenen Strecken und nach dem Profil der Fig. 67 an geschützten Strecken ausgeführt, wobei das Material mittels Lokomotiven und Interimsbahnen teils aus weiter Entfernung angefahren wurde.

Fig. 67 u. 68. Ostsee-Deiche in Ost-Holstein. M. 0,003.

Fig. 67. Geschützte Lage.

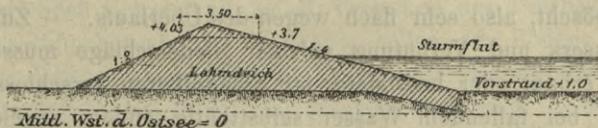
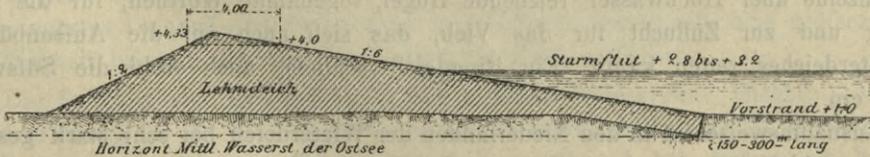


Fig. 68. Gefährdete Lage.



Überlaufdeiche kommen bei Winterdeichen an der See nur ganz ausnahmsweise vor, da sie zur Entlastung der benachbarten Strecken wenig beitragen können. Allerdings erhebt sich der Wasserspiegel am oberen Ende einer langgestreckten, trichterförmigen Meeresbucht zu gröfserer Höhe als an der Mündung und ein Überlauf des Wassers am oberen Punkte wird auf die Höhe ermäfsigend einwirken, doch nicht in

⁸⁰⁾ Baensch. Die Sturmflut vom 12./13. November 1872. Zeitschr. f. Bauw. 1875.

so erheblichem Grade, daß die sonstigen Nachteile, nämlich die Überschwemmung des Hinterlandes, sowie die Kosten für die Verstärkung des Überlaufdeiches an der Binnenböschung und für die Siele zum Ablassen des eingeströmten Wassers, im Verhältnis zu der geringfügigen Senkung ständen. Man hat deshalb den Slaper Deich bei Sparndam, welcher die aus der Süder-See in das Y vordringende Flutwelle zur Zeit der Sturmfluten nach dem Harlemer Meere zur Sicherheit Amsterdams entlastete, später erhöht, ohne nachteilige Einwirkungen zu verspüren; jener Deich hatte 11- bis 12fache Binnenböschungen. In der Provinz Over-Yssel befanden sich Überlaufdeiche, welche zum Einlassen des befruchtenden Schlickwassers angelegt waren, 1,6 bis 2 m Höhe über Terrain, 2 m Kappenbreite, 8fache Aufsen-, 12fache Binnenböschung hatten und bis 0,85 m hoch übergelaufen sind, ohne Schaden zu leiden.

Sommerdeiche finden sich unter anderem vor der schleswigschen Küste, sowie an der hannoverschen Unterelbe und zwar stets auf grünem Vorlande im Anschluß an den Winterdeich, auch Fig. 10, Taf. XX, zeigt das Vorkommen derselben. Sie erheben sich gewöhnlich 1 bis 2 m über Vorland oder 2 bis 3 m über gewöhnliche Fluthöhe und erhalten (Fig. 69) eine etwa 2 m breite, nach den Böschungen stark abgerundete

Fig. 69. Sommerdeich. M. 0,003.



und wie diese beraste Kappe, 4- bis 8fache Anlage der Binnen-, und, wie der Hauptdeich, 3- bis 4fache Anlage der Aufsenböschung. Bei diesen Abmessungen treten jedoch Beschädigungen

beim Überlauf noch häufig ein, sodafs, je nach der Höhe des Deiches und der Dauer des Überlaufs, 6- bis 12fache Binnenböschungen vorzuziehen sind. Für einen im Jever'schen Deichbände an der oldenburgischen Nordseeküste geplanten Sommerdeich, der den Fuß für einen, einige Jahrzehnte später aufzuführenden Winterdeich bilden sollte, waren folgende Abmessungen angenommen: Kappenbreite 2,0 m auf + 2,5 m liegend, 5fache Aufsenböschung nebst 13,2 m breiter, bis + 1,32 m ansteigender Berme, die Binnenböschung in den oberen 10 m Breite 10fach, in den nächsten 12 m 20fach, am Fuß 40fach geböschet, also sehr flach wegen des Überlaufs. — Zur raschen Wiederabführung des Wassers und Verhütung salziger Niederschläge müssen die Siele mit großem Querschnitt erbaut oder besondere, mit Stemmthoren verschlossene Durchfahrten im Deiche, die sich bei fallendem Wasser selbstthätig öffnen, angelegt werden. Die Sommerpolder werden gewöhnlich als Weide benutzt und erhalten bei größerem Umfange einzelne über Hochwasser reichende Hügel, sogenannte Worthen, für die Hirtenwohnung und zur Zuflucht für das Vieh, das sich auch auf die Aufsenböschung des Winterdeiches retten kann. Ein Ringdeich schließt auch wohl die Süßwasser-Cisterne ein.

Ausnahmsweise ist in den Niederlanden der Winterdeich bei sehr stark gesenkten Marschen wohl später in einen Sommerdeich mit Überlaufstrecken verwandelt, um durch den Schlickfall eine allmähliche Erhöhung des Bodens herbeizuführen. Getreidebau ist dann nicht möglich, die Gebäude müssen auf Worthen errichtet, Fluchthügel mit Regenwasser für das Vieh hergestellt werden, die Verkehrsverhältnisse erleiden eine Störung, sodafs man sich in bewohnten Marschen nicht leicht zu einer solchen Maßregel entschließen wird.

Deichrampen werden in derselben Weise wie bei den Flußdeichen (s. § 12) angelegt.

Durchfahrten (Deichscharten) kommen bei den Seedeichen noch weit seltener als bei Flufsdeichen vor, weil ihre rechtzeitige Schließung bei den oft unerwartet eintretenden Sturmfluten leicht versäumt werden kann. Sind sie des Verkehrs wegen nicht zu entbehren, so empfiehlt es sich, sie mit vorderen Stemthoren und dahinter sich befindenden, doppelten Dammfalzen, sowie mit massiven Seitenwänden zu erbauen, die gegen den Durchbruch des Wassers in der Sohle und an der Erdseite geschützt werden; ihre Sohle sollte aber stets nur in etwa halber Deichhöhe angelegt werden.

Befindet sich ein neuer Polderdeich vor dem alten Schaudeiche, so ist man allerdings weniger ängstlich in der Zulassung von Durchfahrten in letzterem Deiche; z. B. ist der Bahnhof zu Emden im Königspolder aufserhalb des Schaudeiches angelegt, der von der Eisenbahn mittels einer Durchfahrt mit Thoren durchschnitten wird.

Bei den Sommerdeichen werden die Deichscharten wohl angelegt, um das öftere Eintreten der Winterfluten zu ermöglichen und höhere Sommerfluten abzulassen.

§ 31. Herstellung der Seedeiche. In Betreff der Vorbereitung der Deichbasis, der notwendigen Eigenschaften der im Vorlande zu gewinnenden Deicherde, der Schüttung und Dichtung (Zusammenpressung) der einzelnen Lagen und des Schwindens des Deiches ist auf den § 13 zu verweisen. Die Deicherde darf keinenfalls aus gröfseren Klumpen bestehen, die leicht Veranlassung zum Durchbruche geben können; z. B. wird der am 30. Dezember 1894 am Nieuw Strijen-Polder (niederländische Insel Tholen) erfolgte Durchbruch der nachlässigen Ausführung infolge Verwendung gröfserer Klumpen zugeschrieben; es wurde ein kräftiger, an der Innenseite durchdringender Wasserstrahl wahrgenommen, der an Ausdehnung zunahm, dann erfolgte ein Einsinken des Deichkörpers, ein Verschwinden auf 54 m Kronenlänge und ein Einströmen des Wassers. — Die Fälle, in denen ein neuer Deich auf sehr weichem Untergrunde zu schütten ist, d. h. auf wenig abgelagertem Schlickwatt oder frischem Grünlande, sowie durch noch thätige oder vor nicht langer Zeit zugeschlickte Priele oder Baljen (Wasserläufe, welche nur das Flutwasser ein und ausführen), kommen jedoch weit häufiger als bei Flufsdeichen vor. Die hieraus hervorgehenden Gefahren bestehen in einem übermäfsigen, nach den Bohrungen oft kaum zu erwartenden Setzen und selbst Versinken des Deiches in Verbindung mit Abrutschungen der Binnenböschung und Emporquellen des Bodens in geringerer oder gröfserer Nähe des Deiches, namentlich in Gräben und Kanalsohlen. Sie treten nicht allein während der Ausführung leicht ein, sondern sind auch in den ersten Jahren zu befürchten, besonders nach lang andauernder Nässe, wodurch die noch nicht gehörig abgelagerte Erde durchweicht wurde, oder bei einer aufserordentlichen Sturmflut. Nur bei alt abgelagerten Deichen, die auch wegen ihrer festeren Rasennarbe eine gröfsere Widerstandsfähigkeit besitzen, ist man vor solchen Gefahren gesichert.

Die Senkung des Deiches kann bei weichem Untergrunde leicht $\frac{1}{3}$ der Höhe, der Erdverbrauch 50 bis 100, ja auf einzelnen Strecken selbst 200% mehr betragen, als sich aus dem endgiltigen Profil berechnete, während bei festem, alt begrüntem Vorlande, ohne Darg- oder Mooruntergrund, oder bei sandigem Maifelde weniger zu rechnen ist. Die Überhöhung des Profils ist eher zu grofs als zu klein anzunehmen, z. B. ist für die an der oldenburgischen Nordseeküste im Jever'schen Deichbände geplante Bedeichung angenommen, dafs der Deich $\frac{1}{3}$ seiner Höhe über Maifeld als Übermafs für Schwindung und Sackung erhält, obgleich der Untergrund sehr fest ist und die Deicherde, bei starker Vermengung mit Sand, wenig der Schwindung unterworfen ist und aus dem grünen Vorlande, nicht etwa aus dem Schlick-

watt genommen werden soll. Diese vorsichtige Annahme stützte sich auf die Erfahrung, daß bei ähnlichen Verhältnissen 81 $\frac{1}{2}$ % des Bodens durch Schwinden und Sacken verloren gegangen waren. Über bestehenden oder verschlammten Wasserläufen, sowie Strecken mit weichem Boden ist die Überhöhung größer anzunehmen und sind die stärker überhöhten Teile mit etwa 1:20 Neigung in die nebenliegenden Strecken überzuführen. Gewöhnlich wird in dieser Beziehung zu wenig veranschlagt; die Überhöhung geht dann zuweilen schon kurz nach der Vollendung des Deiches, im Spätherbste und Winter, verloren, sodafs die Frühjahrs-Hochfluten einen ungenügenden Deich finden, dessen nachträgliche Erhöhung, falls die in der Nähe verfügbare Deicherde vergraben worden und da ein Abnehmen und Wiederaufbringen der Rasen erforderlich ist, sehr kostspielig werden kann. Sorgfältige Bodenuntersuchungen sind daher unentbehrlich, auch kann es sich empfehlen, gleich beim Beginn des Baues eine kurze Probestrecke sofort bis zur vollen Höhe mit starker Überhöhung auszuführen, um Erfahrungen über das richtige Sackmaß und den Bodenverbrauch, der auch bestimmend für die Ausschachtungstiefe ist, zu sammeln.⁸¹⁾

Die Gewinnung der Deicherde erfolgt bei einem wenigstens 0,5 m über gewöhnlicher Fluthöhe liegenden, also auch bei gewöhnlichen Springfluten wasserfrei bleibenden Aufsendeichslande in derselben Weise wie bei den Flufsdeichen, nämlich aus Gruben (Pütten), zwischen denen 4 bis 6 m breite Dämme (sogenannte Speckdämme) zu belassen sind, um die künftige Aufschlickung zu erleichtern, den Verkehr mit dem Vorlande zu vermitteln und für die spätere Unterhaltung Erde zu gewinnen; die Tiefe der Gruben, gewöhnlich 1,2 bis 1,5 m, richtet sich nach der Beschaffenheit des Bodens, von welchem thunlichst nur der gute Klai entnommen wird. Zwischen den Pütten und der Aufsenberme ist ein etwa 20 m breiter Streifen zur Sicherung des Deiches und als Reserve für künftige Arbeiten unberührt zu lassen.

Ist aber das Vorland niedriger oder besteht es, weil der neue Deich etwa an die Grenze des festen Grünlandes gerückt wird, zum Teil oder ausschließlich aus Watt, so ist es für den ungestörten Arbeitsbetrieb notwendig, einen Schutzdeich (Kajedeich), welcher noch die gewöhnlichen Springfluten fernhält, vor den Gruben anzulegen, Fig. 70 u. 71, S. 712. Die Arbeit beginnt alsdann mit der Herstellung dieses Kajedeiches, der so weit nach aufsen vorzuschieben ist, daß die zwischen ihm und dem Sicherheitsstreifen zu bildenden Pütten auch bei ungünstigsten Sackungsverhältnissen noch genügend guten Boden liefern. Er hat bei einigen neuen Einpolderungen folgende Abmessungen erhalten:

	I. Heinitzpolder- anwachs am Dollart 1876	II. Kaiser Wilhelms- Polder am Dollart 1874	III. Kaiser Wilhelms- Koog, Elbmündung 1872	IV. Idagroden in Oldenburg 1882	V. Waert und Groetgrouden in Holland
Breite der Deichkappe . .	0,5 m	3 m	1,25 m	0,9 m	1,5 m
Höhe über gewöhnlicher Flut	1 m	0,7 m	1,2 bis 1,8 m	1,0 m	1,5 m
Höhe über Watt oder grünem Vorlande	1,5 m	1,7 m	0,9 bis 2 m	0,65 m	2,2 m
Außenböschungsanlage . .	2 $\frac{1}{2}$ fach	3 fach	—	3 fach	4 fach
Binnenböschungsanlage . .	2 $\frac{1}{2}$ fach	2 fach	—	5 fach	2 fach
Sicherung der Deichoberfläche	Strohbestückung	Strohbestückung	Berasung, zum Teil Strohbestückung	Berasung	—

⁸¹⁾ Gelegentlich der Herstellung des Fahrwasserdeiches zu Emden, s. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover, Bd. IV, S. 202, wurde die Schwindung des weichen Schlicks zu $\frac{1}{3}$ ermittelt und angenommen, daß er im Deiche nicht ganz austrockne und nur $\frac{1}{4}$ durch Schwindung verliere; dazu kommt die Einsinkung in den Boden.

Der Kajedeich muß in Rücksicht auf die zu erwartende starke Schwindung und Versackung um $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ seiner Höhe überhöht werden. Er schließt sich in der Regel an das höhere Vorland oder an andere Deiche; außerdem werden bei größerer Länge desselben noch einige Queranschlußdämme angelegt, damit bei seinem Durchbruch nicht die ganze Püttwerksfläche unter Wasser gesetzt werde. Ist das höhere Vorland oder der alte Deich zu entfernt, um den Kajedeich anschließen zu können, so muß noch ein Binnenkajedeich angelegt werden. Er wird am besten auf der Basis des neuen Polderdeiches geschüttet und erhält wegen seiner günstigeren Lage etwas geringere Abmessungen als der äußere Kajedeich, z. B. bei der zuletzt angeführten holländischen Einpolderung 1 m Kappenbreite, 1 m Höhe über gewöhnlicher Flut, 1,7 m Höhe über Watt, 3fache äußere, 2fache innere Böschung. — Es ist zwar erwünscht, den Kajedeich möglichst kräftig anzulegen, um bei der Erdgewinnung wenig Störungen zu erleiden; diese können insofern verhängnisvoll werden, als die mit Mühe herangezogenen, bei einer größeren Einpolderung nach Tausenden zählenden Arbeiter nach wiederholt eintretenden Überschwemmungen und Unterbrechungen den Arbeitsplatz leicht verlassen. Andererseits ist aber zu berücksichtigen, daß die Kosten eines hoch und stark angelegten Kajedeiches bedeutend sind, seine Ausführung einen großen Teil der kaum $\frac{1}{2}$ Jahr umfassenden Arbeitszeit beansprucht und es ohne Aufwendung unverhältnismäßiger Mittel überhaupt nicht möglich ist, ihn auch gegen Fluten von über + 1 m zu halten. Die vom Verfasser für den Heinitzpolderanwachs gewählten mäßigen Abmessungen, siehe I. der vorstehenden Tabelle, bei denen sich der auf seiner ganzen Oberfläche sorgfältig durch Strohbestückung geschützte Deich gegen alle sommerlichen Fluten gehalten hat, dürften daher in der Regel ausreichen. An der deutschen Küste kommen nämlich während der eigentlichen Arbeitszeit, April bis Ende September, nur selten höhere Fluten als + 0,8 m vor; von den 360 Fluten dieses Zeitraums übersteigen diese Höhe durchschnittlich nur etwa 8 Fluten, von denen einzelne aber bis + 2 m auflaufen, also zu einer Höhe, gegen welche ein Kajedeich nicht wohl angelegt werden kann. Eine öftere Überflutung des Kajedeiches sammt der Püttenfläche ist also nicht zu vermeiden, weshalb die geeigneten Maßnahmen zur Verminderung der hierdurch entstehenden Mifsstände zu treffen sind: der Kajedeich ist durch Bestückung oder Berasung gegen den Durchbruch zu sichern und es sind Vorkehrungen zur Entwässerung der Pütten zu treffen.

Die Erde zum Kajedeich wird daher gewöhnlich zum Teil aus einem an seiner Binnenseite angelegten Graben, der auch die Entwässerung der Püttgruben bewirkt, gewonnen; liegt der Kajedeich auf weichem Watt, so müssen die Arbeiter beim Aufwerfen desselben auf Brettern stehen, um nicht zu versinken. Er muß sehr stark überhöht, sofort mit Stroh bestickt (falls er auf grünem Vorlande angelegt wird, belastet) und in der sorgfältigsten Weise unterhalten werden, um einen Durchbruch bei den nächsten Fluten zu verhüten; Schöllöcher sind sofort auszubessern. Je niedriger das Watt gelegen ist, um so kürzer ist die verfügbare Zeit zum Arbeiten (Tidearbeit) beim Aufwerfen des Kajedeiches, um so größer ist die Gefahr eines Durchbruchs, um so weniger abgelagert ist der aus den Pütten gewonnene Boden. Der aus diesem jungen Boden geschüttete Deich erleidet erhebliche Senkungen, erfordert also eine weit größere Erdmasse und bedarf einer kräftigeren Sicherung. Aus all diesen Gründen kann nicht genug vor einem zu weiten Vorschieben des neuen Polderdeiches gewarnt werden.

Bei der in den Jahren 1879 bis 1882 vorgenommenen Bedeichung des 71 ha großen Idagrodens im Jever'schen Deichbände (Oldenburg) (Fig. 70 und 71) ist sehr vorsichtig verfahren, es ist nämlich der neue 2040 m lange Deich so weit zurückgelegt worden, daß auch noch der Kajedeich, dessen

Abmessungen oben unter IV. angegeben sind, auf grünem Vorlande (+ 0,35 m) lag. Seine definitive Höhe war deshalb nur 0,65 m, die Überhöhung 0,35 m, und da er auf der ganzen Oberfläche berast war und sehr flache Böschungen besafs, vermochte er sich während der drei Jahre umfassenden Arbeitszeit gut zu halten, ohne bei den öfteren Überflutungen durchbrochen zu werden. In 3,33 m Entfernung war der 3,7 m breite, 1,5 m tiefe Entwässerungsgraben angelegt, der vom Püttwerk durch einen 2 m breiten Damm getrennt und an den Speckdämmen abgesetzt war. Es hat demnach jede Püttgrube ihren zugehörigen Graben, in den das Wasser über den 2 m breiten Damm geschöpft wird und aus dem es mittels Durchlässen von 7,5 m Länge, 25:25 cm Weite, mit einem Schott versehen, durch den Kaje-deich geleitet wird. Um nicht für jede Grabenstrecke eines Durchlasses zu bedürfen, werden die Dämme in schmalen Rinnen durchstochen, alsdann aber nach Bedürfnis wieder sorgfältig gedichtet. Durch die Trennung der Entwässerung werden die Arbeiter-Abteilungen voneinander unabhängig und haben ein größeres Interesse an der sorgfältigen Unterhaltung des zu ihrer Abteilung gehörenden Deiches, Grabens und Durchlasses.

Fig. 70 u. 71. Bedeichung des Idagrodens.

Fig. 70. Teil des Grundrisses und Querschnitt. M. 1:1000.

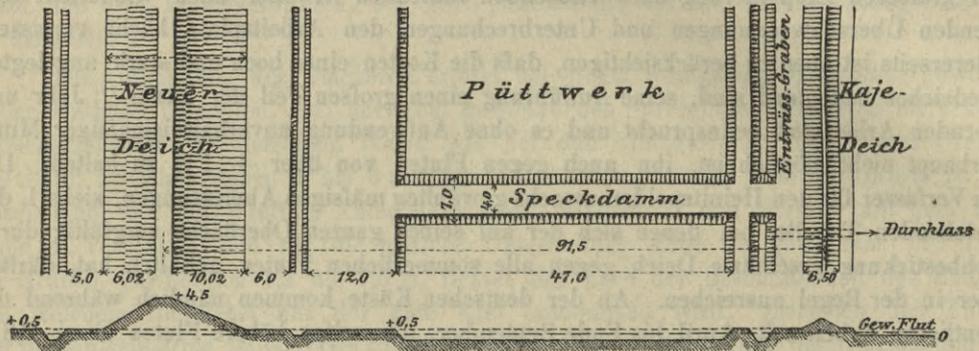
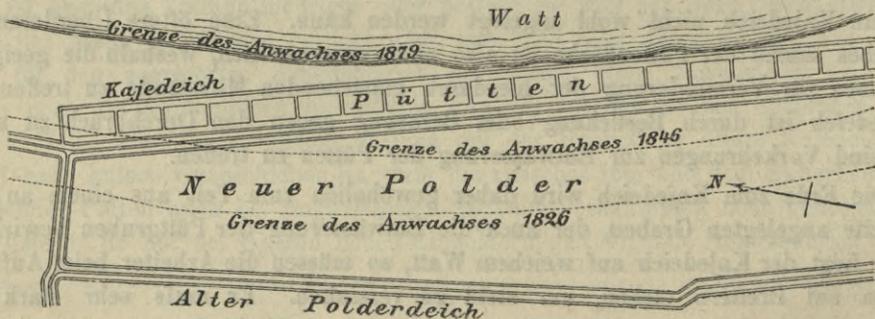


Fig. 71. Lageplan. M. 1:15000.



Die Aushebung der Püttgruben begann während der dreijährigen Arbeitszeit am Entwässerungsgraben und rückte allmählich bis in die Nähe des Deiches vor. Obgleich man bei dieser Bedeichung dem Watt fern geblieben war, die Basis des neuen Deiches fest begrünt und auf + 0,5 m lag und die Ausführung ganz allmählich erfolgte, betrug der Verlust im Deiche durch Versinken in den Untergrund und Schwindung $81\frac{1}{2}\%$. Der an der Binnenseite in 3 m Entfernung angelegte, 3,6 m breite, 1,5 m tiefe Bermegraben erwies sich als fehlerhaft, da er infolge der vom Deiche auf den Untergrund ausgeübten Pressung verschlammte und die Berme nach ihm auswich. Es hätte dieser Graben unausgeführt, dagegen der Außenberme-graben des älteren Deiches als Entwässerungsgraben des neuen Polders vertieft werden sollen. Die starken Versackungen des Deiches sind auf die Arbeiten zur Beförderung der Anlandung (Schlickzäune und Begrüppungen) zurückzuführen, durch die der Anwachs jährlich durchschnittlich 6,15 m an Breite zunahm, während das Anwachsen früher nur 4,8 m jährlich betrug. Namentlich traten auch starke Aussackungen und Aufbauchungen der inneren Deichböschung, die nur $1\frac{1}{2}$ fach angelegt war, ein; sie konnten erst am Ende der 3- bis 4-jährigen Arbeit beseitigt werden und die gänzliche

Aufarbeitung der stellenweise in großer Menge abgerutschten Erde mußte bis zum Schluß der Ausführung verschoben werden. Hierzu wurde der Boden vom Kajedeich und dessen Berme entnommen.

Die Bedeckungskosten betragen 122 666 M., das ist 1716 M. f. d. ha oder 60 M. für 1 m Deich, der 2,5 m Kappenbreite, $2\frac{1}{2}$ fache Außenböschung, $1\frac{1}{2}$ fache Binnenböschung hatte und auf 4,51 m über gewöhnlicher Fluthöhe lag. Die vor dem Deiche verbliebene grüne Fläche des Grodens betrug 27 ha.

Die Bedeckungen im nördlichen Jeverland sind in Höhe von 2796 M. f. d. ha veranschlagt unter der Annahme, daß der 9700 m lange Kajedeich wie beim Idagroden aufgeführt, in den ersten zwei Jahren ein provisorisches, im dritten Jahre das definitive Bestick geschüttet werde und der Deich $\frac{1}{3}$ seiner Höhe über Maifeld als Übermaß für Schwindung und Sackung erhalte. Die Kosten setzen sich wie folgt zusammen:

10400 cbm Boden zum Kajedeich à 0,40 M.	=	4160 M.
116400 qm Besodung des Kajedeiches à 0,30 M.	=	34920 "
8 Durchlässe durch den Kajedeich à 300 M.	=	2400 "
Für Unterhaltung des Kajedeiches		9080 "
83500 cbm Boden des Binnenbermegrabens à 0,40 M.	=	33400 "
851240 " " " " provisorischen Besticks à 0,92 M.	=	783141 "
300400 " " " " definitiven Besticks à 1,00 M.	=	300400 "
282910 qm Besodung der Außenböschung mit 0,125 m starken Soden à 0,40	=	113164 "
380000 qm Bestickungen à 0,22 M.	=	83600 "
Massives Siel nebst Aufsentiefl		15700 "
Sonstige Entwässerungs- und Wege-Anlagen		18208 "
Nebenkosten		30387 "
	Zusammen	1467000 M.

Der Frontdeich soll 8805 m Länge erhalten, 2,5 m Kappenbreite, 5,62 m Höhe über gewöhnlicher Flut, 4,95 m über Maifeld (+ 0,67 m), 2fache innere, 5fache äußere Böschung, die beiden Flügeldeiche 456 und 254 m Länge, sodafs 9515 m Deich zu schütten sind. Später soll eine 10 m breite, bis + 1,30 m reichende Außenberme angeschüttet und ein 2,2 m breiter Außenbermegraben angelegt werden. Die Fläche des Polders zwischen dem Außenbermegraben des alten und dem Binnenbermegraben des neuen Deiches würde 495 ha betragen, wozu nach der Verstühlung (vergl. § 33) noch 30 ha Interessenten- und Schaudedeiche treten. Die mittlere Breite des neuen Polders würde also etwa 560 m betragen.

Der Hauptdeich wird möglichst gleichmäfsig in die Höhe geführt, indem die Erde am besten mittels Wagen herangeschafft wird, damit die einzelnen, mit Neigung geschütteten Lagen durch die Räder gedichtet werden; oder es wird der Boden durch Handkarren gefördert und der Deich „geritten“. Stampfen und Abrammen sind wegen der klebrigen Beschaffenheit des Bodens oft undurchführbar.

Sobald nur ein Teil des Profils geschüttet worden, werden die Außenböschung und Außenberme, insoweit sie überhaupt in Rasendecke angelegt werden sollen, sofort mit 10 bis 12 cm starken Flachrasen sehr sorgfältig berast. Ist zu befürchten, daß der Rasen bald nach dem Verlegen, ehe noch ein Anwachsen erfolgen kann, vom Wellenschlage getroffen und fortgespült werde, so muß er durchkrammt, d. h. wie bei der Strohbekleidung durch Strohnähte mit der Erde befestigt werden.

Mit allen Kräften ist dahin zu streben, daß der Deich in der Hauptsache während der $3\frac{1}{2}$ Monate von Mitte April bis Ende Juli geschüttet werde, da es in den späteren Monaten schon schwieriger ist, den Kajedeich gegen wiederholte Durchbrüche zu schützen, und auch die Arbeiter der Ernte wegen knapper werden. Spätestens sollte er bis Ende September vollendet sein, damit der Rasen vor dem Winter noch überall fest anwachsen und die Erde sich ordentlich ablagern könne. Gelingt dies nicht, so müssen die später angelegten Rasen entweder durchkrammt oder auf den gefährdeten Flächen mit Stroh bestickt werden, welches im Frühjahr zu beseitigen ist. Insoweit eine Berasung nicht mehr ausgeführt werden konnte, muß die Außenböschung vorläufig mit Stroh bestickt werden, an dessen Stelle im nächsten Frühjahr eine Berasung tritt. Es kann sogar bei

billigen Strohpreisen und kostbaren Rasen vorteilhaft sein, im ersten Baujahr statt der Berasung eine Strohbestickung auszuführen, weil

1. es bei einer späteren starken Sackung leicht vorkommen kann, daß die Berasung behufs Anstärkung des Deiches wieder abgenommen werden muß,
2. die frische Deicherde gerade im ersten Winter eines besonders kräftigen Schutzes bedarf, welcher durch die kaum angewachsenen Rasen nur unvollständig erzielt wird,
3. die Zeit zum Anwachsen gewöhnlich fehlt.

Beim Mangel an guten Rasen wird auch wohl im nächsten Frühjahr die Berasung ganz unterlassen. Das Gras spriest nämlich bei dem außerordentlich fruchtbaren Klai-boden ohne weiteres oder nach vorheriger Besamung durch das Stroh, sodafs nach dessen Beseitigung der Anfang einer guten Vegetation überall sichtbar wird; bis zum folgenden Winter ist dann, falls nicht etwa wiederholt ungünstige Sommerfluten eintreten, der Rasen so gekräftigt, daß nur noch der am meisten gefährdete Teil des Deiches be-stickt zu werden braucht. Immerhin ist dieses Verfahren nur gerechtfertigt, falls sich die Berasung so hoch stellt, daß die Ersparnis im Verhältnis zu den bei Sommerfluten zu befürchtenden Beschädigungen steht. Mit Vorteil ist in solchem Falle auch wohl der auf dem Aufsendeich gemähte Queller, *Salicornia herbaica*, statt des Strohes zu der Dach-lage der Strohbestickung verwendet und mit dicht liegenden Strohnähten befestigt worden, indem hierdurch die Begrünung sehr gefördert wird, falls die verwendete Deicherde aus eigener Kraft weniger leicht begrünt. Krone und Binnenböschung werden in der Regel besamt, doch ist auch dies bei dem fruchtbaren Klai-boden der Seemarschen in vielen Fällen nicht erforderlich, da er sich von selbst begrünt.

Wegen der zu befürchtenden Überströmung ist es notwendig, den Deich vor dem Winter über-all auf die volle Höhe zu bringen. Falls die verfügbaren Arbeitskräfte hierzu nicht ausreichen, so ist die Arbeit von vornherein auf zwei Jahre zu verteilen, indem im ersten Jahre entweder nur die halbe Länge des Deiches bis zur vollen Höhe geschüttet oder die ganze Länge in einem provisorischen Bestick hergestellt wird. Bei dem ersteren Verfahren muß entweder ein Querdeich (Flügeldeich) zum Anschluß an den vorhandenen Winterdeich und etwa in Höhe des Hauptdeiches ausgeführt werden, wodurch gleichzeitig der Vorteil erreicht wird, daß ein Teil des Polders schon ein Jahr früher als Acker-land benutzt werden kann, oder es muß die lockere Binnenböschung des Hauptdeiches, um sie vor dem Fortspülen durch die Wellen der eindringenden höheren Fluten zu schützen, in irgend einer Weise, z. B. durch eine auf einer Heidekrautunterlage ausgeführte Faschinen-Bespreitung, gesichert werden. Bei etwa gleichen Kosten, unter Berücksichtigung des höheren Ertrages der bereits eingepolderten Grundfläche, verdient die Schüttung des Flügeldeiches wegen der größeren Sicherheit den Vorzug.

Nach dem zweiten Verfahren wird im ersten Jahre nur ein provisorisches Bestick (Fig. 72) her-gestellt und zwar am besten nach Art eines Sommerdeiches, der sich über der vollen Breite der Deich-basis bis etwa + 3 m erhebt und dessen Außenböschung nebst Außenberme dem definitiven Profile entspricht. Es entsteht alsdann eine flache Binnenböschung, die vor dem Winter zu berasen und zu bekrammen, bei späterer Ausführung auch zu besticken ist, um den Angriffen der winterlichen Fluten gewachsen zu sein. Durch die Schüttung des Sommerdeiches findet eine Zusammenpressung des Unter-grundes statt, sodafs das Schwinden des definitiven Profils weniger erheblich ist. Strohbestickung und Rasen müssen vor der Fortsetzung der Arbeit im zweiten Jahre aufgenommen und die Binnenböschung muß umgegraben werden. Durch außerordentliche Sturmfluten, deren Wellen längere Zeit über die wenig abgelagerten Böschungen des niedrigen Deiches rollen, können allerdings Erdverluste eintreten; falls auf einer Strecke mit weichem Untergrunde ein sehr starkes Ausweichen oder Versinken des provi-sorischen Besticks eintreten sollte, ist dort auch ein Durchbruch nicht ausgeschlossen. Das provisorische Bestick muß deshalb während des Winters sorgfältig und in gleicher Kappenhöhe unterhalten werden. Selbstverständlich würde die Arbeit auch auf drei oder mehrere Jahre verteilt werden können, indem der Deich in den ersten zwei bis drei Jahren in passenden Strecken nur nach provisorischem Bestick geschüttet und im letzten Jahre vollendet wird.

Fig. 72.

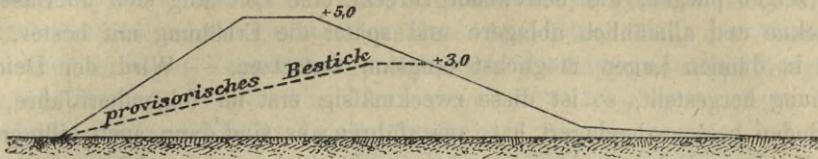


Fig. 73.



Die neueren Einpolderungen des Jever'schen Deichbandes sind in dieser Weise ausgeführt worden. Beim Idagroden (S. 712) schloß sich das provisorische Bestick (Fig. 73) an die Binnenböschung des definitiven Profils, was günstig für die Bewegung der Erde war, die nicht über den provisorischen Deichkörper gefördert zu werden brauchte; die steile Binnenböschung ist aber beim Eintritt einer außerordentlichen Winterflut wenig widerstandsfähig, weshalb ein sommerdeichartiges provisorisches Bestick vorzuziehen ist. Bei dem zweiten Verfahren muß der Kajedeich, da er mehrere Jahre zu unterhalten ist, widerstandsfähig hergestellt werden, d. h. auf grünem Vorlande, mit flacher Binnenböschung und in nicht zu großer Höhe.

Bei der gleichmäßigen Aufschüttung des Deiches werden die Anstrengungen nicht selten durch die über weichem Untergrunde unerwartet stattfindenden starken Senkungen und Ausweichungen vereitelt, bei denen es, selbst wenn die Arbeiterzahl bis aufs äußerste vermehrt wird, wegen der immer von neuem auftretenden Versackungen oft nicht gelingt, die volle Höhe rechtzeitig zu erreichen. Bei einer höheren Flut wird ein Durchbruch an einer solchen Stelle um so leichter erfolgen, als die Senkung auch durch das Gewicht des Wassers von neuem veranlaßt werden kann. Vergrößert werden die Schwierigkeiten in solchem Falle noch dadurch, daß man häufig keine trockene Deicherde in der vorgelückten Jahreszeit zur Verfügung hat und die nassen Lagen wegen Mangels an Zeit auch nicht austrocknen können, vielmehr auf dem weichen Untergrunde ganz durchweicht und auseinandergeschoben werden. Über solchem gefährlichen, weichen Untergrunde hat man wohl ein 1 bis 2 m starkes Faschinen-Grundbett verlegt, welches das Gewicht des Deiches gleichmäßig übertragen soll. Sicherer ist es jedoch, den Deich von Anfang an durch den weichen Boden zu schütten, indem trockener schwerer Klai-boden nach Aushebung eines Grabens unter der Kappe und etwa in Kappenbreite immer von neuem aufgeschüttet und in die Tiefe versenkt wird, während die beiderseitigen Böschungen erst später nachgeschüttet werden. Bei diesem Verfahren werden die wiederholten späteren Versackungen vermieden, deren Kosten sehr groß werden, denn es müssen die Arbeiten in später Jahreszeit ausgeführt werden, wo die Wege der Marschen durchweicht, oft nur noch mit Schlitten befahrbar sind und die Heranschaffung aller Materialien, Lebensmittel und Trinkwasser äußerst kostspielig ist. Da auch die Arbeitszeit bei durchbrochenem Kajedeich kurz ist, kann das Ziel nur mit dem mehrfachen Kostenaufwande einer Ausführung in den Frühsommermonaten erreicht werden, wo der Arbeiter weit leichter 6 cbm, als in der ungünstigen Jahreszeit $1\frac{1}{2}$ cbm leisten kann.

Es sind deshalb eher die höchsten Preise für eine frühzeitige Ausführung zu zahlen, oder solche besser von vornherein auf zwei oder mehrere Jahre zu verteilen, als daß sie bis in den Spätherbst oder sogar Winter ausgedehnt werde. In der guten Jahres-

zeit muß man bei Rutschungen und Senkungen, die sich zuerst nach anhaltendem Regenwetter zu zeigen pflegen, die betreffende Strecke eine Zeit lang sich überlassen, damit sie austrockne und allmählich ablagere und später die Erhöhung mit bester, trockener Deicherde in dünnen Lagen möglichst langsam fortsetzen. — Wird der Deichfuß als Steinböschung hergestellt, so ist diese zweckmäÙig erst im folgenden Jahre, nachdem sich der Boden besser abgelagert hat, auszuführen; es sind dann auch billigere Arbeitskräfte vorhanden. Vorübergehend ist eine Strohbestückung auszuführen.

Die Verdingung der Erdarbeiten erfolgt, falls nicht etwa erhebliche Senkungen des Deiches zu befürchten sind, am besten nach Deichprofil unter Hinzufügung eines Zuschlags für den Mehrbedarf wegen der stets eintretenden Zusammenpressung des Untergrundes. Erfolgt die Bezahlung nach dem Inhalt der Püttgruben, so sind bei deren öfteren Vollaufen infolge Überströmung oder Bruch des Kajedeiches Betrügereien schwer zu verhüten, indem die Arbeiter den Boden aus der auszubehenden in die benachbarte mit Wasser gefüllte, schon früher abgenommene Grube statt in die Karre werfen. Ist der Kajedeich erheblich zerstört worden und in der vorgerückten Jahreszeit nicht wieder herzustellen, so muß in Tide gearbeitet werden, d. h. nur während derjenigen Stunden, wo das Püttenterrain wasserfrei ist; es ist dann die Aufmessung der Pütten bei einer viele Kilometer langen Baustelle fast unmöglich.

Im allgemeinen gehört die Ausführung von Seedeichen zu den besonders schwierigen Aufgaben des Ingenieurs.⁸²⁾

§ 32. Unterhaltung der Seedeiche. Deichverteidigung. Schliesen der Deichbrüche. Die Unterhaltung der Seedeiche erfolgt mit großer Sorgfalt und erfordert erhebliche Kosten, falls der Deich unmittelbar hinter einem abbrüchigen Ufer belegen ist, wie dies an den seeartigen Mündungen der großen holländischen Ströme öfters vorkommt. Vor den konkaven Ufern haben sich dort große Tiefen gebildet, deren Abbruch öfters zu Deichbrüchen geführt hat.⁸³⁾

Auf eine vollkommen glatte Oberfläche der Außenböschung kann zur Vermeidung von Schöllöchern nicht genug geachtet werden, da jede kleine Vertiefung Veranlassung zu stärkerem Angriffe der Wellen an der steileren Fläche giebt. Sie sind durch dünne Lagen von feinem, fruchtbaren Boden, die im Frühsommer auf solche Vertiefungen wiederholt gebracht werden, allmählich zu beseitigen. Die Oberfläche des Deiches wird im Jahre nach seiner Herstellung nur mit Schafen, später, abgesehen von nasser Zeit, auch mit Hornvieh und Pferden beweidet, um den Rasen mehr zu befestigen. Das Vorland, insoweit es niedriger als + 0,3 m liegt, wird zweckmäÙig nicht beweidet, vielmehr gemäht, da die längeren Halme günstiger für die Aufschlickung sind.

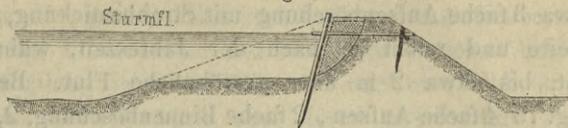
Eine Deichverteidigung in dem Sinne, wie sie im § 16 bei den Flußdeichen beschrieben ist, findet nicht statt, da die ganz plötzlich auftretende, nur einige Stunden andauernde Sturmflut wegen der kurzen Zeit nur selten einige Notarbeiten zuläÙt. Man wird z. B. durch mit Erde gefüllte Säcke oder durch Senkfaschinen, die mit schweren Rasen statt mit Steinen gefüllt sind, gefährliche Schöllöcher in der Außenböschung

⁸²⁾ Große Schwierigkeiten hatte z. B. die Bedeichung des Kaiser Wilhelm-Polders unweit Emden 1874 und 1875, und die Bedeichung des Heinitzpolderanwachses, Amts Weener, im Dollart 1876 und 1877. Man vergleiche auch die Ausführung der deichartigen Enveloppe des Forts auf dem Langlütgensande an der Weser. Mitteilung von Runde in der Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover, Bd. XVIII, ferner die Bedeichung der Maxqueller. Mitteilung von Eckermann. Zeitschr. f. Bauw. 1875.

⁸³⁾ v. Horn. Über Entstehung und Verhinderung von Grundbrüchen und Deichfällen an Strommündungen mit diluvialen Sanduntergründe. Wochenbl. f. Bauk. 1887, S. 385.

thunlichst zufüllen können. Dagegen müssen in der kurzen Zwischenzeit bis zur nächsten Flut, die sich bei länger anhaltendem Sturm gleichfalls zu grösserer Höhe erhebt, die dringendsten Beschädigungen gesichert werden. Der Durchbruch des Wassers muß namentlich nach erfolgter Kappstürzung, d. h. falls die Kappe zum Teil fortgespült ist, durch eine auf dem oberen Teile der Aufsenböschung oder nach Fig. 74 in der Kappenlinie errichtete Holzwand, hinter welche Stroh, Mist oder gute Erde gebracht wird, oder durch einen Fangdamm verhütet werden. In gleicher Weise wird auch verfahren, falls eine bis in die Nähe der Kappe reichende Abrutschung oder Abspülung der Binnenböschung erfolgt ist. Größere Auskolkungen vor dem Fusse der Aufsenböschung müssen schleunigst durch Sinkstücke oder Senkfascinen ausgefüllt werden. Sind große Schöllöcher an der Aufsenböschung eingerissen, die einen Durchbruch befürchten lassen, so müssen zunächst durch Abschrägung der scharfen Kanten nicht steilere als 2 $\frac{1}{2}$ - bis 4fache Böschungen an den Schöllöchern gebildet und diese dann sofort entweder mit Stroh bestickt oder mit Fascinen auf einer Stroh-, Rohr- oder Heidekrautunterlage bespreitet oder mit Segeln überdeckt werden. Alle kleineren, nicht unmittelbar gefährlichen Schöllstellen werden erst nach der Sicherung der größeren Stellen bestickt oder auch wohl ungeschützt gelassen. Im Frühjahr sind die Strohbestickung u. s. w. zu beseitigen und die Löcher mit gutem Klauboden auszufüllen, nachdem die alte Erde zur besseren Verbindung mit der neuen umgegraben ist; auf die neuen Flächen wird dann am besten eine gute Rasendecke gebracht.

Fig. 74.



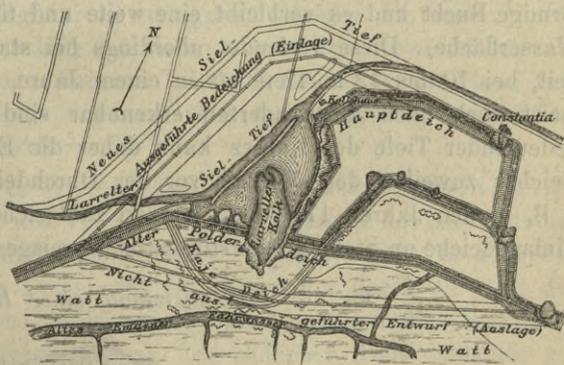
Ist ein Durchbruch (vergl. § 16) eingetreten, so hat die Wiederherstellung des Deiches, falls nur ein gewöhnlicher, nicht bis zur Deichbasis reichender Bruch entstanden

Fig. 75.

Grundbruch des niederemsischen Deichs bei Larrelt.

M. 1 : 20 000.

ist oder falls bei einem Grundbruch das Vorland über gewöhnlicher Fluthöhe liegt, keine weiteren Schwierigkeiten, da alsdann keine ein- und austretende Strömung vorhanden ist. Bei einem Strombruch dagegen oder bei einem Grundbruch, dessen Boden unter gewöhnlicher Fluthöhe liegt, findet täglich zweimal ein Ein- und Rückströmen der Flutwelle statt, wodurch sich der Bruch immer mehr erweitert und immer ärgere Zerstörungen im Polder angerichtet werden. Namentlich tritt dies ein, falls die Marsch



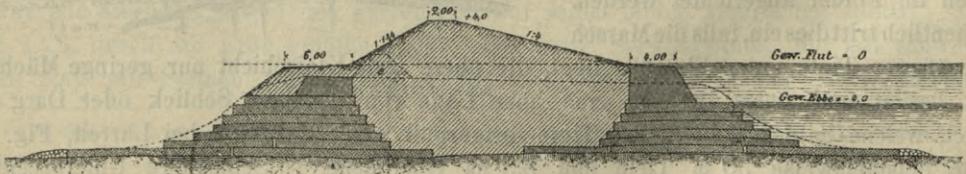
in größerer Tiefe unter Fluthöhe liegt, die obere feste Klaischicht nur geringe Mächtigkeit besitzt und unter ihr sich eine hohe Lage von weichem Schlick oder Darg befindet, welche bald bis zu großer Tiefe fortgespült wird; der Kolk bei Larrelt, Fig. 75, hatte beispielsweise 30 m Tiefe und 3,5 ha Oberfläche.⁸⁴⁾ Schleunige Unterbrechung dieser Strömung ist alsdann notwendig. Sie erfolgt durch die Ausführung eines Kaje-

⁸⁴⁾ Bedeichung des Grundbruches bei Larrelt in Ostfriesland. Notizbl. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover, Band III, S. 161.

deiches, der auch die Marsch bis zur Wiederherstellung des Hauptdeiches schützen muß. Er wird gewöhnlich aus Erde geschüttet und zwar, falls das Auseinandertreiben des weichen Bodens zu befürchten ist, zwischen zwei Faschinendämmen; ist nur der Angriff der Fluten abzuhalten, so genügt eine bis Springfluthöhe reichende Faschinenberme von etwa 3 m Breite, mit Flechtzäunen befestigt, auf der Außenseite. Der Erddamm erhält etwa 3fache Außenböschung mit Strohbestückung, 2fache Binnenböschung, 2 m Kappenbreite und reicht je nach der Jahreszeit, während der er die Marsch zu schützen hat, bis etwa 2 m über gewöhnliche Flut. Beispielsweise hatte der Kajedeich in Fig. 75 4fache Außen-, 2fache Binnenböschung, 2,5 m Kappenbreite, reichte bis + 1,8 m; da er auf dem Watt lag, war außen eine 3 m breite Faschinenberme hergestellt. — Fehlt es aber an guter trockener Erde, so wird der Kajedeich auch als leichter Kastenfangdamm ausgeführt, indem sich die beiden Stül- oder Bretterwände gegen Pfähle lehnen und durch Gurthölzer und Querzangen gehalten werden. Nach der Ausdehnung des Kolkes und der Höhenlage des Aufsen- und Binnenlandes liegt der Damm entweder aufsen oder binnen. Bei sehr heftiger Strömung kann es notwendig werden, mehrere provisorische kleine Kajedeiche nacheinander im Polder aufzuführen, um die überschwemmte Fläche und mit ihr die Strömung allmählich zu vermindern. Zur Mäsigung der großen Geschwindigkeit des ein- und ausströmenden Wassers wird auch wohl die Bruchstelle erweitert. Erst nach der Aufführung eines die Strömung beseitigenden Schirmdeiches und nach Vornahme genauer Messungen und Peilungen, die vorher nicht möglich waren, wird die Wiederherstellung des Deiches in Angriff genommen. Sie erfolgt ohne einen Kajedeich, falls die Strömung im Kolke während einer längeren Zeit in jeder Tide nicht so heftig ist, daß sie die Arbeiten erheblich stört.

Der neue Deich wird in der Regel in der alten Linie hergestellt. Bei der Auslage entsteht eine im Angriff liegende Deichecke; auch ist der Untergrund, weil weiter nach aufsen liegend, weniger fest, gute Deicherde in der Nähe schwieriger zu erlangen und es bleibt der Kolk dauernd bestehen, weshalb die Auslage selten geduldet wird. Bei der Einlage bildet sich eine das Auflaufen der Wellen begünstigende, trichterförmige Bucht und es verbleibt eine weite und tiefe, die Wellenbildung sehr befördernde Wasserfläche. Diese verlandet allerdings bei starker Aufschlickung zuweilen in kurzer Zeit, bei 10 bis 12 m Tiefe oft in einem Jahre, während tiefe Kolke bei Flusdeichen meist noch nach Jahrhunderten erkennbar sind. Bei günstigen Aufschlickungen und bedeutender Tiefe des Kolkes kann daher die Einlage trotz der größeren Länge des Deiches zuweilen den Vorzug vor der Durchdeichung verdienen, s. Fig. 75. Es sind z. B. in den Jahren 1719 bis 1721 an zahlreichen Punkten der oldenburgischen Küste Einlagedeiche an Stelle der zerstörten oder preisgegebenen alten Deiche geschüttet worden.

Fig. 76. Durchdeichung einer Bruchstelle. M. 0,0015.



Die Durchdeichung wird zwischen zwei unter den Bermen aufzuführenden Faschinensperrdämmen, Fig. 76, die unter Niedrigwasserhöhe aus Sinkstücken, darüber meist aus Packwerk bestehen, ausgeführt; der Faschinenkörper hat an den Aufsen-

flächen, unter Berücksichtigung der von den Sinkstücken gebildeten Absätze, $1\frac{1}{2}$ - bis 2fache Anlage und 2,5 bis 4 m Kronenbreite. Die unterste Sinkstücklage wird zweckmäßig nach aufsen weit vorgelegt, um eine breitere Grundfläche zu erhalten, nicht aber, wie dies auch zuweilen ausgeführt ist, an der inneren Seite, indem sonst der eigentliche Deichkörper auf Faschinen lagert, lange Zeit nachsackt und undicht bleibt. Der Bau beginnt mit dem Einbringen der großen Sinkstücke unter der Aufsenberme, erst später wird die Absperrung unter der Binnenberme und zuletzt der zwischen beiden liegende Erddamm hergestellt. Zur Verteilung der Druckhöhe und leichteren Schließung der Sperrdämme kann bei genügenden Arbeitskräften aber deren gleichzeitige Ausführung den Vorzug verdienen. Der Erddamm wird, um den Schlamm auf der Sohle fortzuschieben, am zweckmäßigsten von der einen nach der anderen Seite vorschreitend aus trockener Erde und bei großer Erstreckung zunächst in Höhe des mittleren Wassers durchgeschüttet, damit der Durchlauf des Wassers möglichst bald unterbrochen werde. Auf diesem inneren Erdkörper wird zur Verhütung der Überströmung ein etwa 1,5 m über gewöhnliche Flut reichender Erdkajedeich (s. e, Fig. 76) geschüttet. Ausnahmsweise wird auch wohl der Sperrdamm unter der Binnenberme fortgelassen, doch ist alsdann ein weit größerer Erdbedarf erforderlich; jedenfalls braucht sie aber, da sie hauptsächlich den inneren Erdkörper begrenzen soll, nur in geringerer Höhe, bis zum niedrigen oder mittleren Wasserspiegel, aufgeführt zu werden. Mit der größten Vorsicht sind die Sinkstücke an Tauen genau zu leiten und bei ruhigem Wasser mit Steinen oder schweren Rasen so zu versenken, daß sich die Fugen, die vor dem Aufbringen einer neuen Lage noch durch Steine oder Senkfaschinen gefüllt werden, möglichst überdecken; falls die Sinkstücke kentern oder in den mittleren Raum treiben, so geben sie noch lange Zeit zu Undichtigkeiten Veranlassung. Ferner darf die innere Seite der beiden Sperrdämme nicht steil angelegt werden; sie müssen von dem Deichkörper noch belastet und hierdurch vor dem Fortschieben auf der glatten Sohle bewahrt werden; eine Erhöhung ihrer Krone mit Erde, sodafs das obere Packwerk möglichst schwach und niedrig gehalten wird, ist in dieser Beziehung auch von Nutzen. Der äußere Damm wird endlich, falls die Deicherde mit Schiffen anzufahren ist, vorläufig nur in geringerer, dagegen der innere Damm in größerer Höhe aufgeführt, damit die Schiffe den Boden unmittelbar auswerfen können. Die Durchquellung des Wassers nach dem hinteren Teile des Kolks, dessen Stand sich bislang mit der Flut etwas hob und senkte, pflegt erst nach der Ablagerung des Deiches, der einem starken Setzen unterliegt, aufzuhören.⁸⁵⁾

Bei der Durchdeichung größerer Wasserzüge oder Meeresarme wird in gleicher Weise verfahren. Das Profil des durch das Y, gelegentlich der Anlage des Amsterdamer Nordsee-Kanales, geschütteten Deiches findet man Zeitschr. f. Bauw. 1872, S. 411; das untere Sinkstück liegt unter der ganzen Deichbasis, ist aber später durch die Last der Erde zerrissen worden. Nach ähnlichem Profile, jedoch ohne durchgehendes Sinkstück, ist der quer durch die Süder-See zur Trockenlegung des südlichen Teils derselben geplante Abschlußdamm entworfen worden.⁸⁶⁾

⁸⁵⁾ Vergl. auch die Mitteilung über den Deichdurchbruch an der Jade von Wagner in der Zeitschr. f. Bauw. 1864.

⁸⁶⁾ Vortrag des Verfassers über den älteren Entwurf in der Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1878, S. 276 und Sonne. Die Trockenlegung des südlichen Teils der Süder-See. Zeitschr. f. Bauw. 1879, S. 3. Litteratur über den neuen Entwurf im IX. Kapitel, S. 39; vergl. auch den Lageplan daselbst, ferner Centralbl. d. Bauverw. 1892, S. 328, sowie 1894, S. 200.

Die Erfahrungen, welche man in den Niederlanden bei zahlreichen Durchdeichungen gemacht hat, sind auch dem Eisenbahnbau zu Gute gekommen. Beispielsweise zeigt Fig. 79 den Querschnitt der für die Bahn Rosendaal-Vlissingen ausgeführten Durchdämmung der Oster-Schelde. Dieser aus Sand bestehende Damm ist in oben besprochener Weise zwischen zwei mit Steinen beschütteten Körpern aus Sinkstücken hergestellt. Die Befestigung des oberen Teils besteht aus Abpflasterung bezw. Berasung auf einer Klaiabdeckung.

Für die genannte Eisenbahn wurde auch der Sloe durchdämmt, welcher die Inseln Walcheren und Süd-Beveland von einander trennt. Es ist gelungen, dies trotz eines großen Flutwechsels mit Hilfe eines Dammes aus Sinkstücken zu bewerkstelligen. Näheres s. Centralbl. d. Bauverw. 1898, S. 610.

**§ 33. Deichgenossenschaften und Deichschauungen der Flufs- und See-
deiche.** Die Anlage und Unterhaltung der Flufs- und Seedeiche erfolgt fast ausnahmslos von den Besitzern derjenigen Grundstücke, welche unter dem Spiegel des höchsten Wassers bezw. der höchsten oder wenigstens einer mittleren Sturmflut liegen, also von den Deichen geschützt werden. Sie treten zu Deichgenossenschaften, Deichachten oder Deichverbänden, am Unterrhein „Deichschau“ genannt, zusammen und tragen die Deichlasten gemeinschaftlich. Diese sind als Realverpflichtungen nach dem alten deutschen Rechtsgrundsatz „Kein Deich ohne Land, kein Land ohne Deich“ mit den Grundstücken selbst in der Regel unablöslich verbunden und werden entweder durch die Größe der Grundstücke oder nach einem durch die Fläche, Höhenlage, Güte und Beschaffenheit derselben festgestellten Verhältnis bestimmt. Im letzteren Falle werden mehrere, z. B. drei Klassen gebildet, sodafs die wertvollsten und niedrigsten Grundstücke der ersten Klasse, die höchsten und schlechtesten Grundstücke der letzten Klasse angehören.

In früherer Zeit bestand fast ausschließlich die Pfand- oder Kavelwirtschaft, d. h. zu jedem Grundstücke gehörte eine bestimmte, durch Pfähle oder Steine bezeichnete Deichstrecke, deren Länge im Verhältnis zur Größe des Grundstückes stand, dessen Besitzer ausschliesslich für jenes Pfand (Kavel oder Kabel) zu sorgen hatte. Vermochte er, wie dies bei stark gefährdeten Seedeichen oft genug vorkam, die Last nicht zu tragen, so gingen, nachdem er den Spaten in den Deich gesteckt, nach altem friesischen „Spatenrecht“ Deich und zugehöriges Grundstück ihm verloren und in den Besitz desjenigen über, der den Spaten ergriff und die Last an seiner Stelle übernahm. — In der neueren Zeit ist den auf Deichverpflichtungen beruhenden Forderungen überall ein Vorzugsrecht eingeräumt.

Aufser jener Pfandwirtschaft kommt jetzt die Kommunionwirtschaft oft vor, bei der die Unterhaltung seitens der Deichgenossenschaft gemeinschaftlich getragen und durch den Vorstand besorgt wird, während die Grundbesitzer die entstandenen Kosten nach einem bestimmten Beitragsfusse baar aufbringen. Die Pfandwirtschaft belastet die Grundbesitzer insofern weniger, als sie ihre eigenen Arbeiter zu gelegener Zeit mit den Arbeiten beauftragen können und jeder Grundbesitzer ein lebhafteres Interesse für seine Kavel während der Deichverteidigung hat, was namentlich für Flufsdeiche von der größten Bedeutung ist. Die Güte der Arbeit ist jedoch im ganzen genommen eine geringere, weil sie ohne gehörige Aufsicht ausgeführt wird und stets auch lässige Deichhalter vorhanden sind, weshalb die Kommunionwirtschaft vorzuziehen ist.

In vielen Deichverbänden, z. B. in der Provinz Hannover, ist eine Vereinigung der beiden Unterhaltungsarten in der Weise mit grossem Vorteil eingeführt, dafs die gewöhnlichen kleinen Unterhaltungsarbeiten und die Deichverteidigung, welche zusammen die sogenannte ordentliche Deichlast bilden, pfandweise von den einzelnen Grundbesitzern ausgeführt werden, während grössere Arbeiten, wie Erhöhungen und Verstärkungen des Deiches, Schließung der Deichbrüche, Uferschutzwerke, Regulierungswerke, Verwaltungskosten u. s. w., als auferordentliche Deichlast gemeinschaftlich getragen werden. Um das Interesse für das eigene Kavel zu erhöhen, ist oft bestimmt, dafs der Besitzer derjenigen Kavel, in welcher ein Deichbruch erfolgt, ein „Voraus“, etwa ein Drittel zu den Kosten tragen mufs.

Die Deichrolle ist das Verzeichnis der deichpflichtigen Grundstücke, ihrer Größe, des Beitragsfusses, sowie der Angabe über die zu ihnen gehörenden Pfänder oder Kavel.

Die Organisation der Deichverbände ist sehr verschieden; die Grundbesitzer wählen gewöhnlich nach dem Verhältnis ihres Beitragsfusses Vertreter, welche die Leitung des Verbandes auf Grund der

Deichordnung oder des Deichstatuts unter Oberaufsicht des Staates ausüben oder es erfolgt die Leitung auch wohl unmittelbar seitens des Staates. Das Statut enthält Bestimmungen über die Deichpflicht, die Eigentumsbeschränkungen, die Oberaufsichtsrechte des Staates, die Organisation und Befugnisse der Deichverwaltungsbehörde, die Deichschauungen, die Mitwirkung und Rechte der Deichgenossen.⁸⁸⁾

Die zu Recht bestehenden Deichordnungen oder Deichstatute sind zum Teil sehr alt; so gilt z. B. am preussischen Unterrhein das Reglement des Herzogtums Cleve von 1767, im Bezirk Stade die bremische Deichordnung von 1743.⁸⁹⁾ — Die alten Deichordnungen enthalten die härtesten Strafen nicht allein für alle Unterlassungen und Pflichtwidrigkeiten, sondern oft selbst für unschickliches Benehmen (z. B. Fluchen) während der Deicharbeiten.

In den Deichordnungen ist auch festzustellen, daß die Deiche zweimal im Jahre einer Schauung seitens der Deichbeamten zu unterziehen sind. Bei der gewöhnlich im Mai abzuhaltenden Frühjahrsschau werden die während des Sommers und zwar möglichst vor der Ernte vorzunehmenden Arbeiten angeordnet, bei der Herbstschau im September wird nachgesehen, ob sie auch ausgeführt sind und der Deich in wehrfähigem Zustande ist. Über die Schauung nebst den angedrohten und festgesetzten Strafen wird eine Niederschrift (Protokoll) aufgenommen. Es ist mit Strenge darauf zu halten, daß Bäume, Sträucher oder Unkraut beseitigt, Erde nicht in unmittelbarer Nähe des Deiches gegraben, die Bermen nicht beackert, keine Vertiefungen, Brunnen oder Gebäude in der Binnenberme angelegt, Rampen und Deichkrone, sowie namentlich die Böschungen im besten Zustande unterhalten und alle durch das Hochwasser entstandenen Beschädigungen ausgebessert werden. Auch dürfen Deichstrecken, welche zuweilen überströmt werden, ohne Erlaubnis weder erhöht, noch erniedrigt werden. Aufser den beiden Hauptschauungen sind nach jeder höheren Sturmflut außerordentliche Besichtigungen, sogenannte „Not-schauungen“, vorzunehmen und ferner haben sich die untergeordneten Deichbeamten durch die „Nachschau“, etwa Ende Oktober, zu überzeugen, ob die bei der Hauptschau verfügten Arbeiten erledigt wurden.

An der See unterliegen nur die alten Hauptdeiche der amtlichen Schauung, nicht die später hergestellten Polderdeiche, weshalb jene Hauptdeiche den Namen „Schaudeiche“ führen. Erst nachdem sich ein Polderdeich längere Jahre bewährt hat, also fest abgelagert ist und eine dichte Grasnarbe, sowie genügendes Vorland besitzt, darf er zum Hauptdeich angenommen und der alte Deich zum „Schlafdeich“ erklärt, d. h. nicht weiter unterhalten, vielmehr beliebig benutzt werden. Über diese Annahme des Polderdeiches zum Schaudeich, die sogenannte „Verstühlung“, und über das Beitragsverhältnis zur Deichlast muß zuvor eine Vereinbarung zwischen der Mehrheit der Polderbesitzer und derjenigen Deichacht, auf deren Deich sich die Verstühlung erstreckt, erfolgen. Diese Vereinbarung bedarf der Genehmigung der Aufsichtsbehörde und wird nur erteilt, wenn sich Deich und Sjel in einem nach Lage und Beschaffenheit für die Sicherheit des Binnenlandes genügenden Zustande befinden. In einigen Deichordnungen, z. B. der Oldenburgischen, ist auch der Aufsichtsbehörde die Befugnis erteilt, die Verstühlung anzuordnen, also zu verfügen, daß der Polderdeich gemeinschaftlich von den Besitzern des Polders und der alten Marsch unterhalten werde.

⁸⁸⁾ Für die preussische Monarchie sind das Gesetz über das Deichwesen vom 28. Januar 1848 (durch Gesetz vom 11. April 1872 auch auf Schleswig-Holstein und Hannover ausgedehnt) und die allgemeinen Bestimmungen für künftig zu erlassende Deichstatute vom 14. November 1853 maßgebend. Vergl. auch Nieberding. Wasserrecht und Wasserpolizei im preussischen Staate. Breslau 1866. — Kletke. Rechtsverhältnisse der Landeskultur-Genossenschaften in Preußen. Berlin 1870. — Oldenburg besitzt in der Deichordnung für das Herzogtum Oldenburg von 1855 ein vorzügliches Gesetz, das für die dortigen Seemarschen segensbringend gewirkt hat. Es sind dort erst nach Einführung der Kommuniondeichung und Bildung größerer Deichbände gute Deiche entstanden. Für das Großherzogtum Hessen ist durch das Gesetz vom 14. Juni 1887, betr. das Dammbauwesen und das Wasserrecht, bestimmt worden, daß innerhalb des ganzen Überschwemmungsgebietes des Rheins, Mains, Neckars u. s. w. alle Veranstaltungen der ausdrücklichen Genehmigung bedürfen, welche auf die Ausbeutung oder den natürlichen Ablauf des Wassers einwirken können.

⁸⁹⁾ Sammlung der Wasserbaugesetze für Hannover. Celle 1859.

Auf der Binnenseite der Deichkappe sind in Entfernungen von 100 m mit laufenden Nummern versehene Deichhöhensteine aus festen Steinen oder Gufseisen einzusetzen, welche wegen des Sackens des Deiches nach Verlauf einiger Jahre nachnivelliert werden müssen. Für einen neuen Deich sind auch auf der Binnenberme in größeren Entfernungen gut fundierte Höhenpunkte anzulegen, um die genaue Deichhöhe mit Leichtigkeit erhalten zu können. In Oldenburg werden die Deiche nach Höhe und Stärke alle drei Jahre nach den Höhepunkten geprüft. Die größte Sorgfalt muß der Erhaltung eines genügend breiten Vorlandes zugewandt werden, auf dem die Wellen gebrochen werden, ehe sie den Deich erreichen.

Zum Schlusse möge aus den folgenden Beispielen ersehen werden, von welcher Bedeutung die vorhandenen Deichanlagen sind:

In der Provinz Hannover haben die unter staatlicher Oberaufsicht stehenden Winterdeiche (also mit Ausschluß der Privatpolderdeiche und Sommerdeiche) 994 km Länge und schützen 312000 ha oder f. d. km durchschnittlich 314 ha; in denselben befinden sich 358 Entwässerungsschleusen.⁹⁰⁾ Das eingedeichte Oderbruch auf dem linken Oderufer umfaßt 68003 ha, die Eindeichung des Weichsel-Nogat-Deltas 49725 ha, die altmärkische Wische-Niederung 40019 ha, das Memel-Delta 34425 ha, das Warthebruch 31268 ha und es kommen bei demselben f. d. km Deichlänge am rechten Ufer 268 ha und am linken Ufer 226 ha geschützte Fläche.⁹¹⁾ Am Niederrhein, dessen Niederung bei Wesel 9, bei Emmerich 20, bei Nymwegen auf niederländischem Gebiete 33 km breit ist,

werden gegen Hochwasser vollständig geschützt	40930 ha
bei höchstem Hochwasser erhalten Rückstau	10207 „
durch Flügeldeiche erhalten Schutz	8883 „
nur gegen Sommerhochwasser werden geschützt	4579 „
zusammen	64599 ha

während das Überschwemmungsgebiet 90800 ha umfaßt und die Länge der Deiche 446 km beträgt mit 138 Entwässerungsschleusen, 26 Einlaßvorrichtungen, 112 Wasserthoren.⁹²⁾ Die Loire-Deiche zwischen dem Allier und dem Meere beschützen bei 484 km Länge 95617 ha oder f. d. km durchschnittlich 197 ha; die Po-Deiche zwischen dem Tessin und dem Panaro bei 514 km Länge 324500 ha oder f. d. km durchschnittlich 630 ha, doch dehnen sich unterhalb des Panaro bis zum Meere noch sehr große Flächen aus.⁹³⁾ Die eingedeichten Niederungen in England haben eine Fläche von 700000 ha mit einem Wert von 1600 Millionen M. In Frankreich können nach einer Mitteilung Nadault de Buffon's an der Rhône-Mündung durch Eindeichung und Kolmation leicht 62000 ha kultiviert werden, doch ist die französische Gesetzgebung ungünstig für solche Meliorationen.⁹⁴⁾

Die größte Wichtigkeit haben die Deiche aber für die Niederlande, bei denen große Provinzen, namentlich Nord- und Südholland, sowie Zeeland von den Deichen beschützt werden.

⁹⁰⁾ Notizbl. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover, Bd. I.

⁹¹⁾ Perels. Landwirtschaftlicher Wasserbau. Berlin 1877.

⁹²⁾ Graf. Die Deichschau am Niederrhein. Berlin 1899.

⁹³⁾ Comoy. Mémoires etc. Paris 1868.

⁹⁴⁾ Mémoires de la société des ingénieurs civils 1869.

Litteratur.

- Oldenburgischer Deichband, verfasst von Münnich 1692, herausgegeben und ergänzt von Hunrichs 1767.
- Hunrichs. Deich-, Siel- und Schlingenbau. I. Teil. Bremen 1770.
- Woltmann. Beiträge zur hydraulischen Architektur. Göttingen 1791—99.
- Buchholz. Deich- und Faschinenbau, mit Vorwort von Eytelwein. Hannover 1809.
- Buchholz. Darstellung des Deich- und Faschinenbaues. Hannover 1824.
- Caland. Dijkbouw en Zeeweringskunde. Zierikzee 1833.
- Baud. Waterbouwkunde. s'Gravenhage 1836.
- Baron Sloet u. Fijnje. Beschrijving van den watervloed in Gelderland. Arnheim 1856.
- Staring. De bodem van Nederland. Haarlem 1856 u. 1860.
- L. Meyn. Die Insel Sylt. Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte von Preußen, Bd. I, Heft 4; Geologie von Helgoland. Kiel 1864; Der Friederichskoog in Dithmarschen. Petermann's Mitteilungen 1857.
- Dumas. Études sur les inondations. Causes et remèdes. Paris 1857.
- Dupuit. Des inondations; examen des moyens proposés pour en prévenir le retour. Paris 1858.
- Dupuit. Études sur le mouvement des eaux, chap. VI, du régime des grandes crues.
- Vallès. Études sur les inondations. Paris 1858.
- Poirée. Réponse à la brochure de M. Dupuit, intitulée: „Des inondations“. Paris 1858.
- Wehrmann. Eindeichung des Oderbruchs. Berlin 1861.
- Dannemann. Die Oderdeich-Regulierung in Schlesien. Glogau 1863.
- Storm-Buysing. Waterbouwkunde. Breda 1864.
- G. de Vries. De zeeeringen en waterschappen van Noordholland. Haarlem 1864.
- Binnenflüsse im Großherzogtum Baden. 1865.
- Westerhoff. Twee hoofdstukken uit de geschiedenis van ons dijkwezen. Groningen 1865.
- Dannemann. Melioration des Warthebruchs. Berlin 1866.
- Kletke. Deichwesen des preussischen Staates. Berlin 1868.
- Comoy. Mémoires sur les ouvrages de défense contre les inondations. Paris 1868.
- Rust. Deichwesen der unteren Elbe. Berlin 1870.
- Nachrichten über die Ströme des preussischen Staates. Zeitschr. f. Bauw. 1856, 1857, 1859, 1861, 1862, 1864, 1870.
- Belgrand. Études hydrologiques sur le bassin de la Seine. Paris 1872.
- Torelli. Vergrößerung der Hochwasser der Flüsse. Il politecnico 1873.
- Champion. Les inondations en France depuis le 6. siècle jusqu'à nos jours. 1875.
- Eindeichungen am Var und an der Durance. Ann. des ponts et chaussées 1871 u. 1876.
- Deutsch. Die Überschwemmung und ihre Ursachen. Wien 1877.
- Tenge. Deiche und Uferwerke des zweiten oldenburgischen Deichbandes. Oldenburg 1878.
- Hagen. Wasserbaukunst 4. Bd. und Seebau 1. Bd.
- Nosek. Regulierung der Gebirgsflüsse. Brünn 1881.
- van Dissel. Verhooging van den Lekdijk. Tijdschr. van het Kon. inst. van ing. 1881/82.
- Preußens landwirtschaftliche Verwaltung. Berlin 1878 u. 1882.
- Denkschrift, betr. die Steinlach. Stuttgart 1883.
- Waterbouwkunde door Henket, Schols, Telder's en van der Toorn. s'Gravenhage.
- Vermehrung des Deichschutzes für die Erweiterung Hamburgs. Wochenbl. f. Bauk. 1887, S. 352.
- Fischer. Ursache der Erhöhung der Deiche im Unterlauf der Ströme. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1890.
- Die Etsch-Deiche. Attaché-Bericht No. 205 vom 14. Sept. 1892.
- Post. Wasserwirtschaft in den norddeutschen Seemarschen. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1894, S. 249.
- Fr. Müller. Das Wasserwesen der niederländischen Provinz Zeeland. Berlin 1898.
- Tenge. Der Jever'sche Deichband. Geschichte und Beschreibung der Deiche, Uferwerke und Siel. 2. Auflage. Oldenburg 1898.
- Graf. Die Deichschau am Niederrhein. Berlin 1899.
- Die Polder und Polderdeiche der unteren Schelde in Belgien. Ann. des travaux publics de Belgique 1899.
- Die mehrmals erwähnten großen Werke über den Rhein, die Oder und die Elbe und ihre Nebenflüsse.
- E. de Kolossváry. Les travaux de régularisation et d'endiguement en Hongrie. Budapest 1900. (Veröffentlicht von der Direction nationale du service des eaux en Hongrie.)

Neuere Litteratur über Hochwasser u. s. w. siehe S. 680.

Fig. 1-4. Kanalisation des Mains von Frankfurt bis zum Rhein.

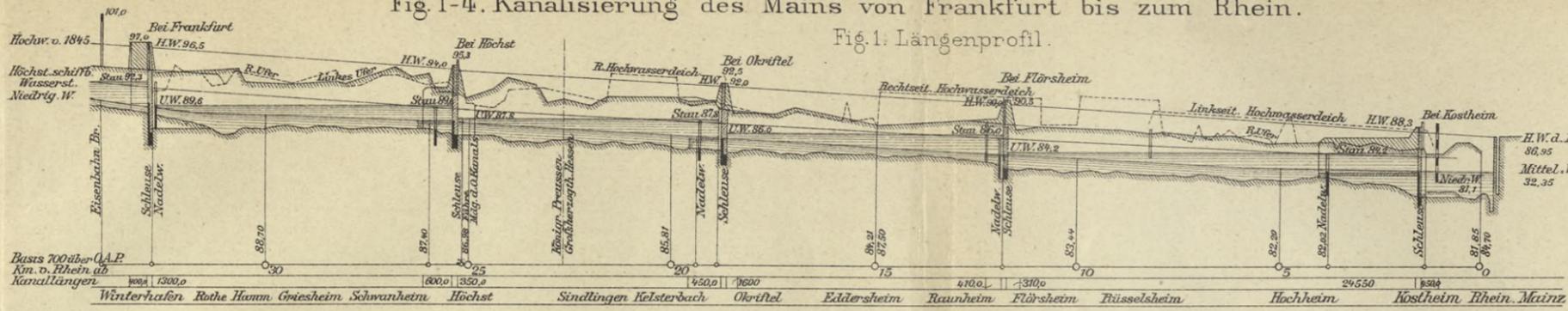


Fig. 2. Schleusenanlage der Main-Kanalisation M.1:4000.

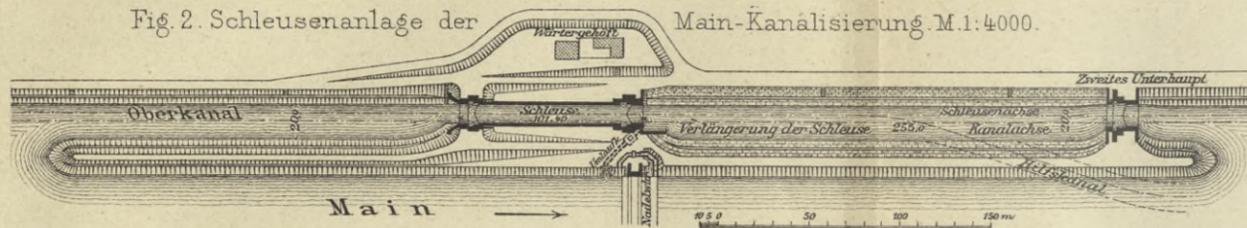


Fig. 3. Frankfurter Wehr. Querschnitt.

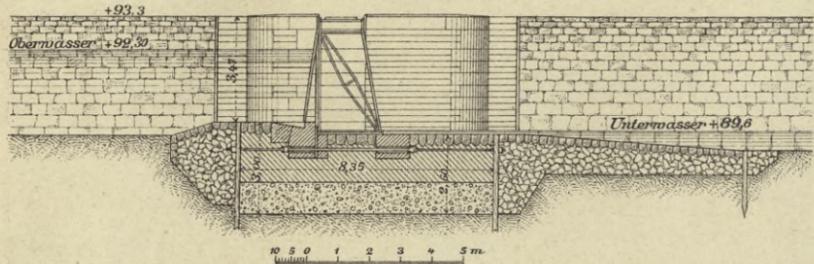


Fig. 4. Frankfurter Wehr. Längenschnitt.

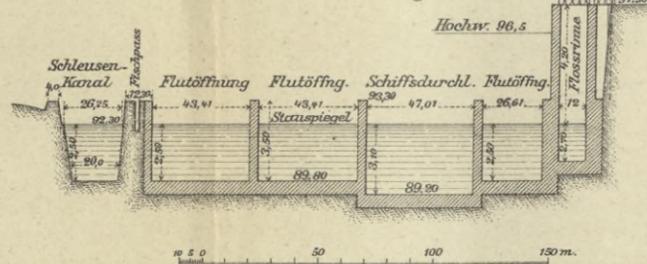


Fig. 5-7. Kanalisation der Unter-Brahe.

Fig. 5. Brahe-Mündung und Hafen.

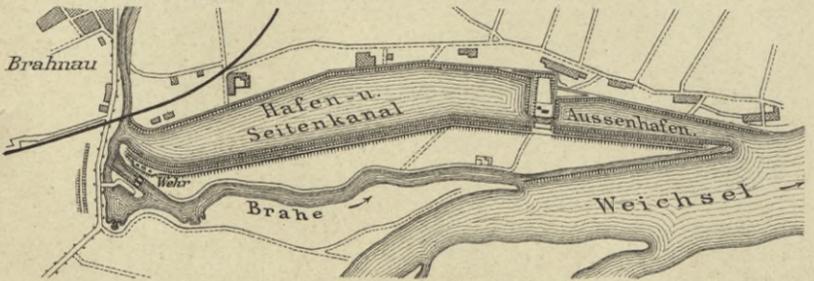


Fig. 6. Brahe-Wehr. M. 1:200.

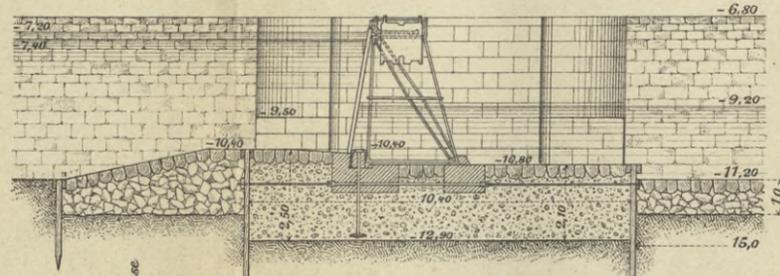


Fig. 7. Längenprofil der Brahe.

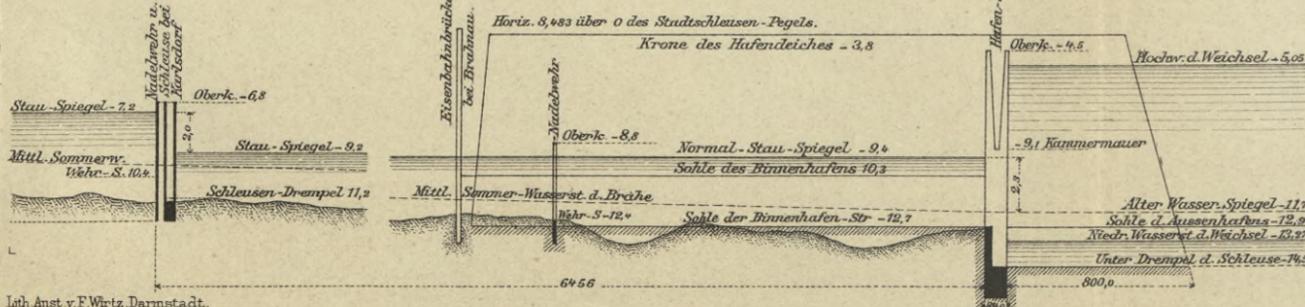


Fig. 13. Wehr u. Schleusen-Anlage bei Nufsdorf. M. 0,00015

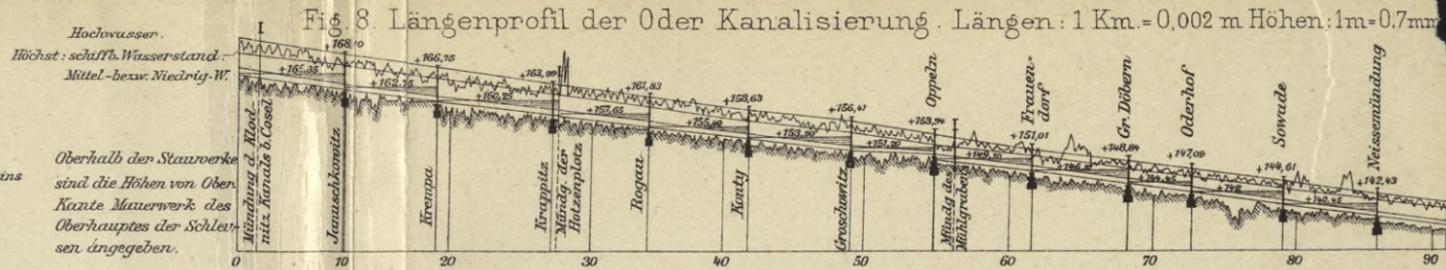
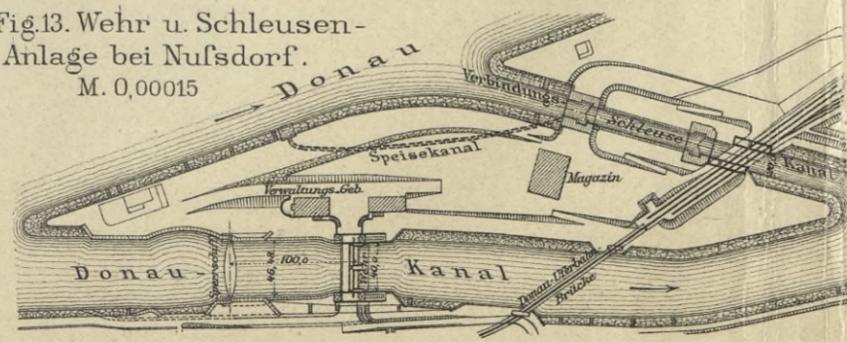


Fig. 9. Schnitt abcd durch die Wehranlage, s. Fig. 10. M. 1:1000.

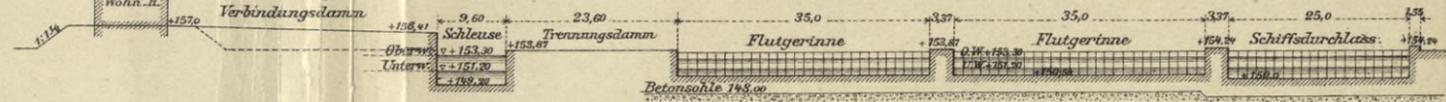


Fig. 10. Lageplan einer Staustufe M. 0,00025. (1:4000)

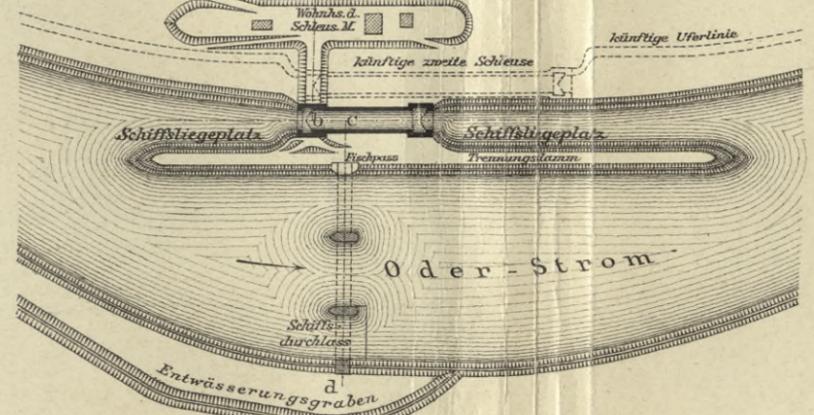


Fig. 8-11. Kanalisation der Oder von Cosel bis Neisse-Mündung. Fig. 11. Wehr bei Konty mit dem Mittelpfeiler am Schiffsdurchlass M. 1:300.

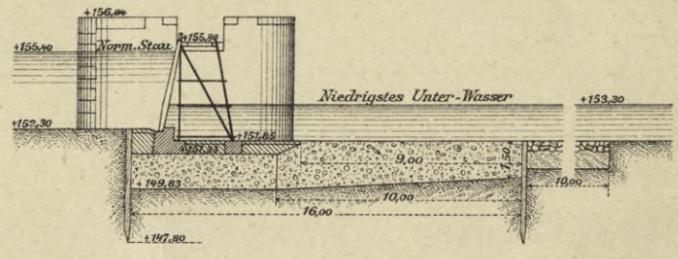


Fig. 12. Wehr des Oder-Spree-Kanals bei Grofse Tränke. M. 1:75000.

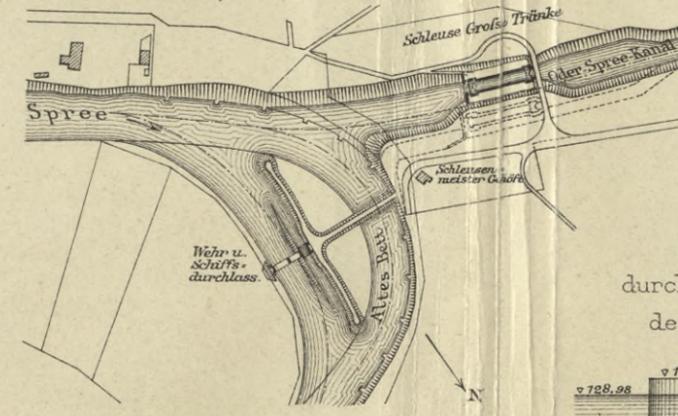


Fig. 14 u. 15. Kanalisation der Fulda. Staustufe bei Kragenhof.

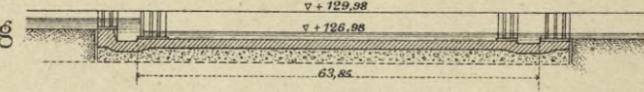
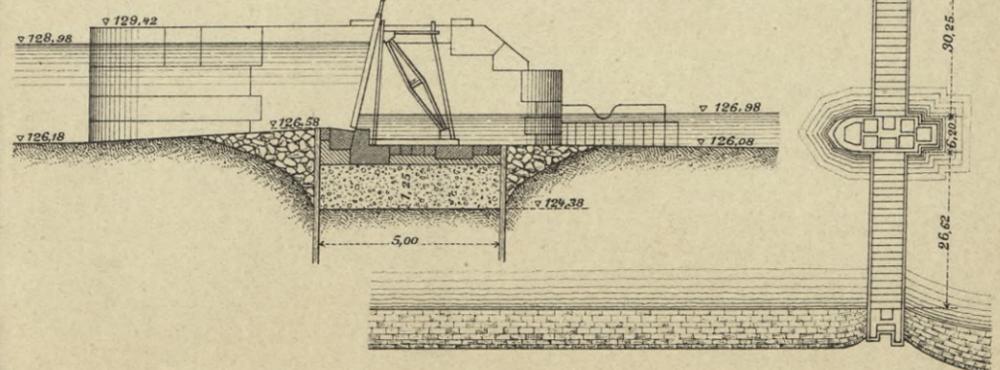


Fig. 15. Querschnitt durch das Wehr und Ansicht des Fischpasses. M. 1:200.



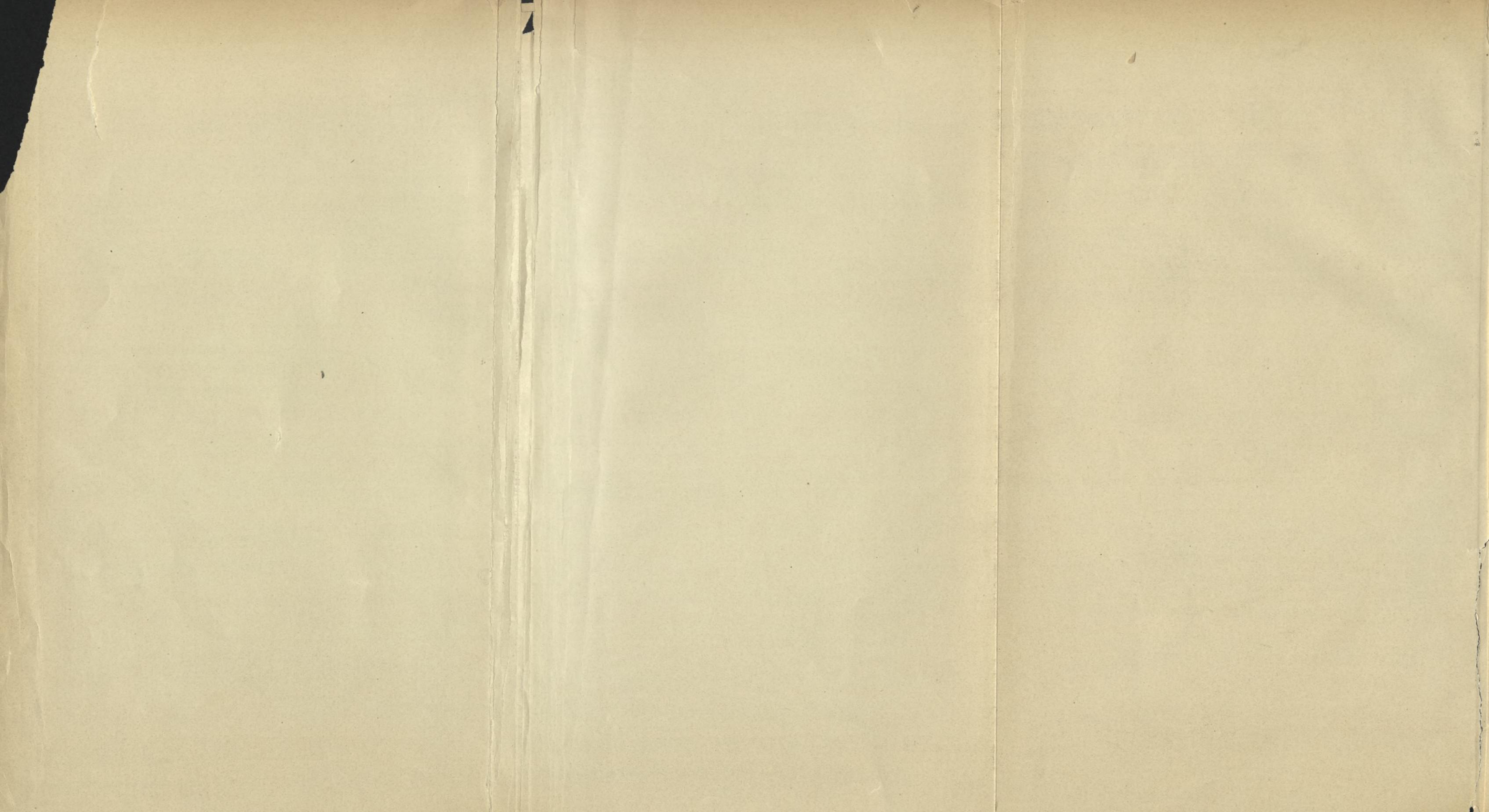


Fig.1-4. Kanalisierung der Maas in Belgien.

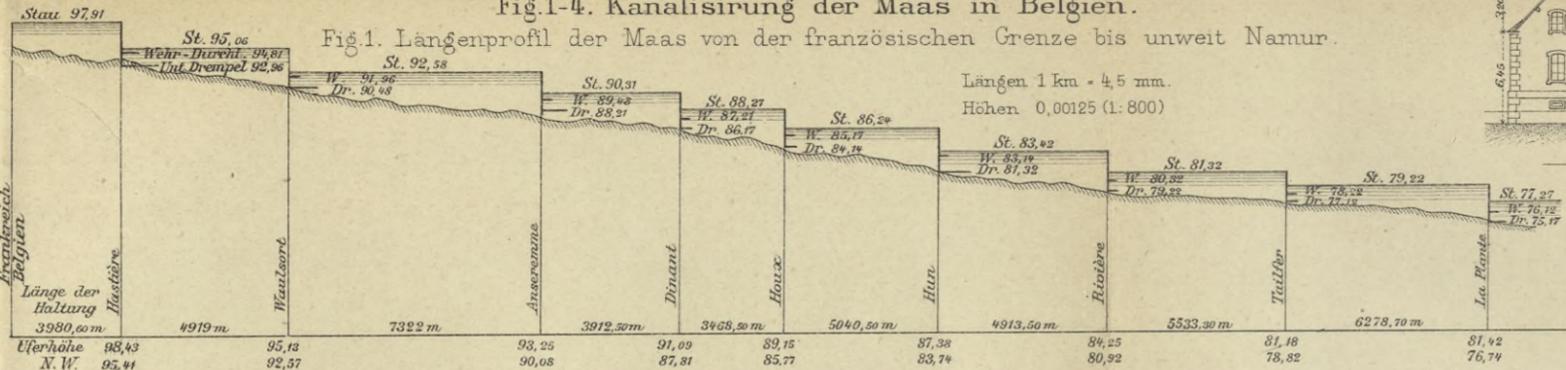


Fig.2. Ansicht des Wehrs bei Dinant. M.0,003

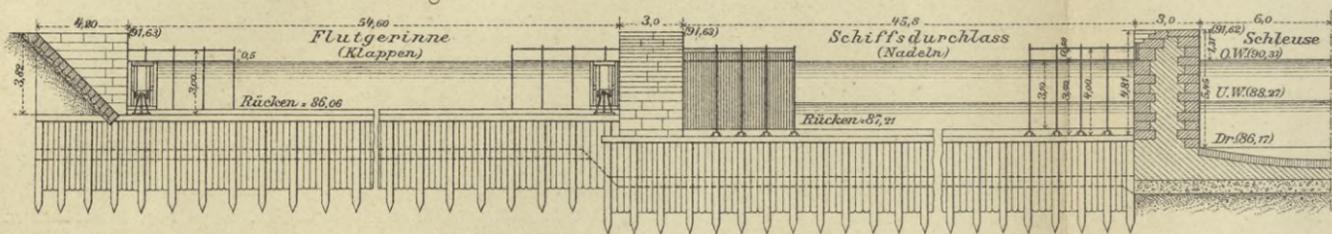


Fig.3. Lageplan des Wehrs bei Dinant. M.0,000125 (1:8000)

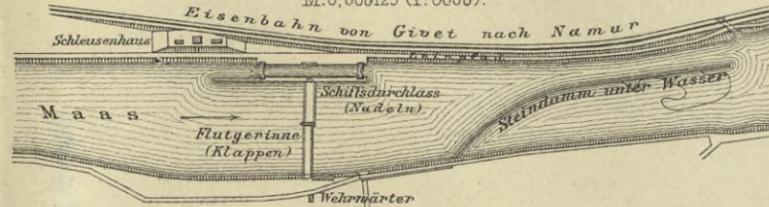


Fig.4. Wehr bei Grandes Malades.

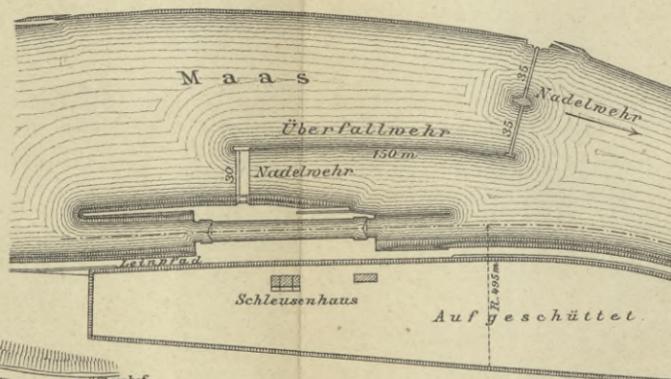


Fig.5. Lageplan. M.1:5000

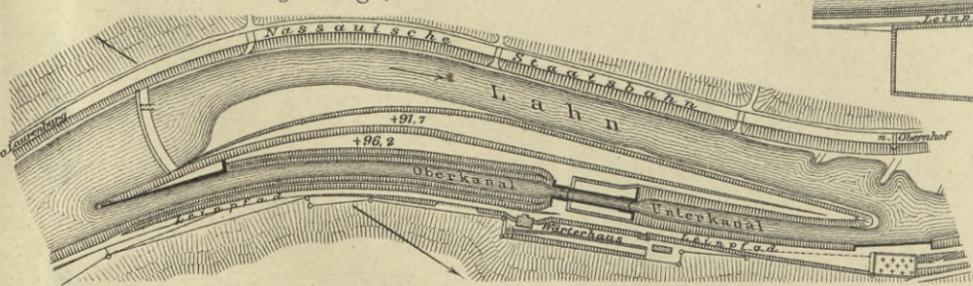


Fig.6. Längenschnitt. Längen 0,0003 Höhen 0,003

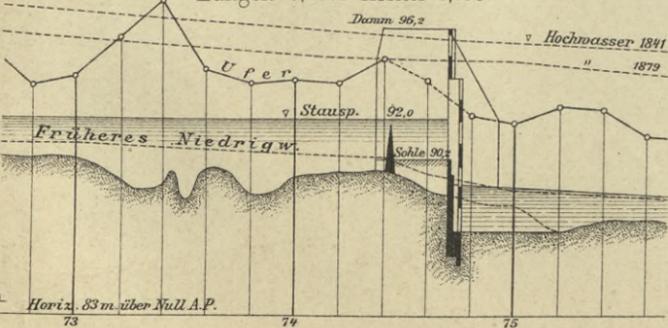


Fig.5-8. Stauanlage bei Kalkofen an der Lahn.

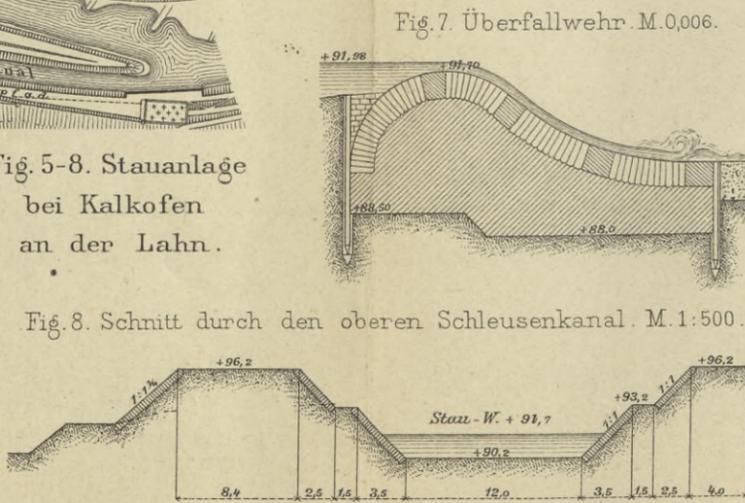


Fig.8. Schnitt durch den oberen Schleusenkanal. M.1:500

Fig.9-12. Klappenwehr zu Port à l'Anglais oberhalb Paris.

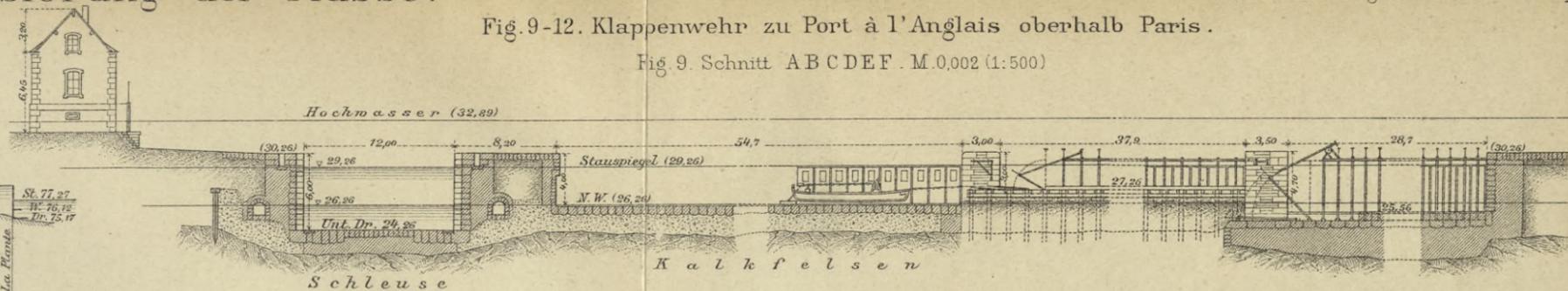


Fig.9. Schnitt ABCDEF. M.0,002 (1:500)

Fig.10. Grundriss. M.0,002

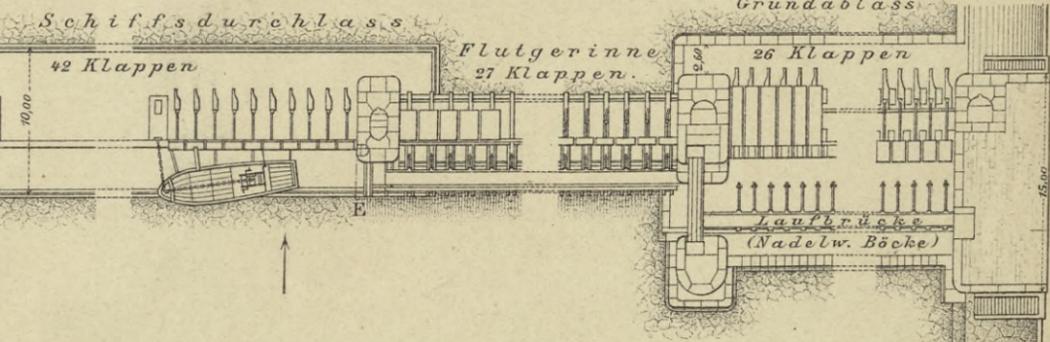


Fig.11. Schnitt durch Schiffsdurchlass. M.0,005 (1:200)

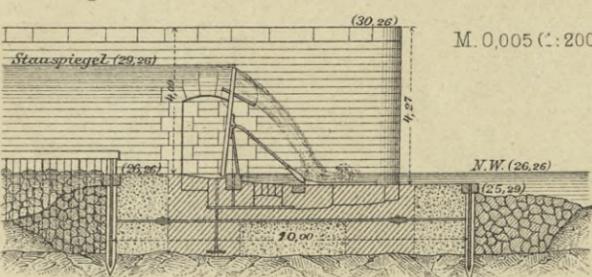


Fig.12. Schnitt durch Flutgerinne. M.0,005 (1:200)

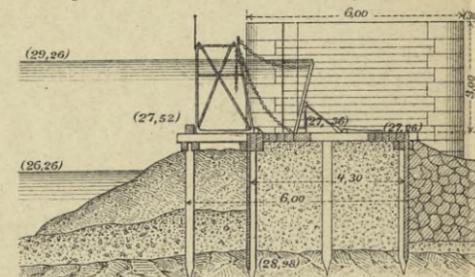


Fig.13. Schutzschleuse im Seitenkanal. M.1:1000

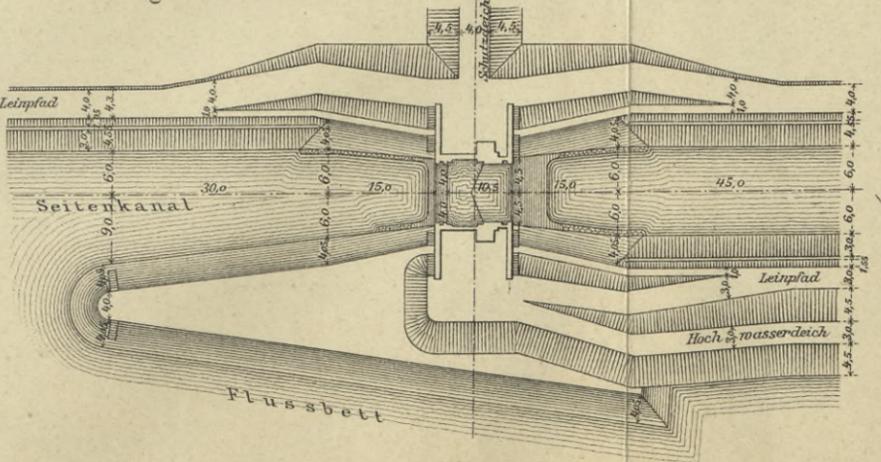
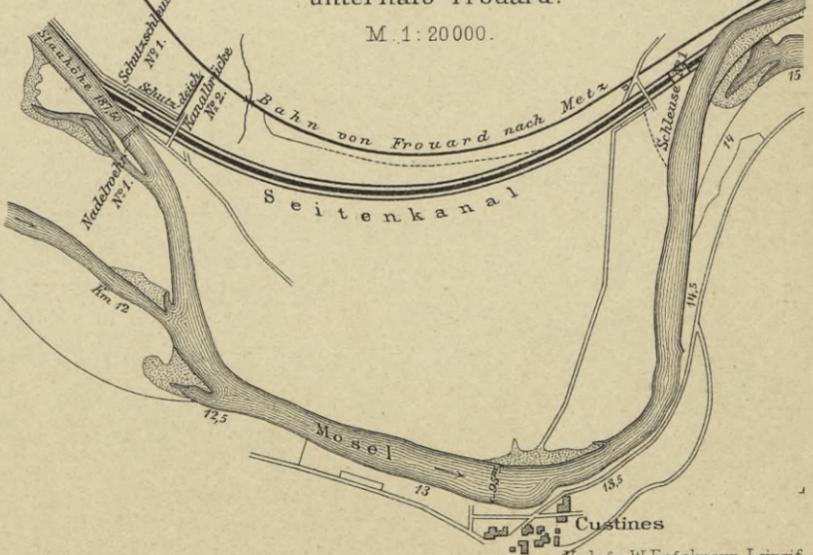


Fig.14. Kanalisierung der Mosel unterhalb Frouard.



M.1:20000

Flussdeiche.

Fig. 1^a. Grundriss.

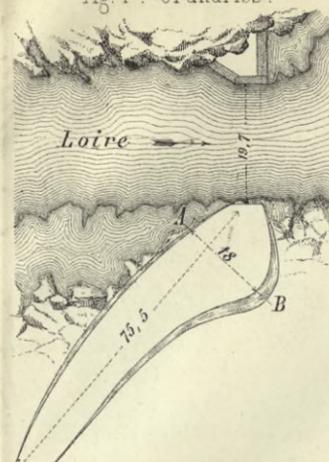


Fig. 1^b. Ansicht von unterhalb.

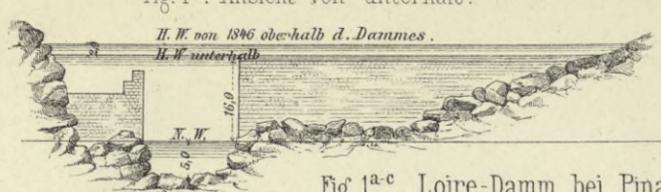


Fig. 1^c. Schnitt A-B.

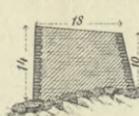
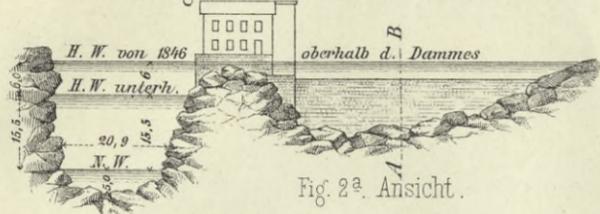


Fig. 1^{a-c}. Loire-Damm bei Pinay.

Fig. 2^{a-b}. Loire-Damm bei la Roche.



M. 0,0067. (1:1500)

Fig. 2^b. Schnitt A-B.

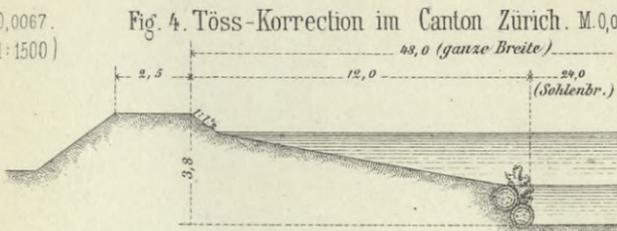


Fig. 4. Töss-Korrektion im Canton Zürich. M. 0,004.

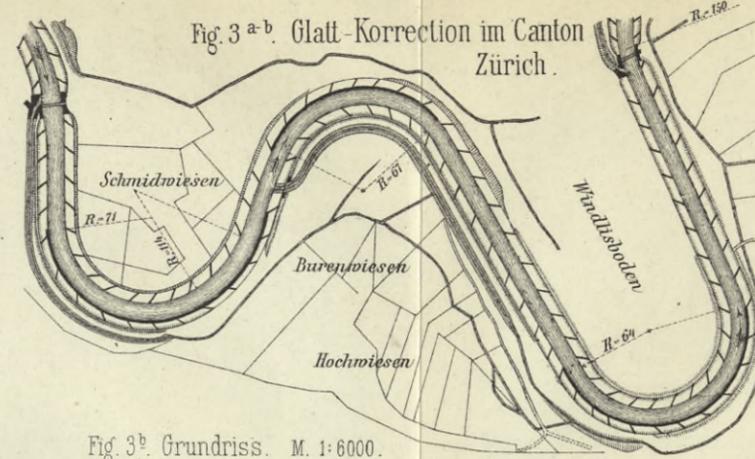


Fig. 3^b. Grundriss. M. 1:6000.

Fig. 5. Eindeichung durch Sommerdeiche und hochwasserfreie Querdeiche.

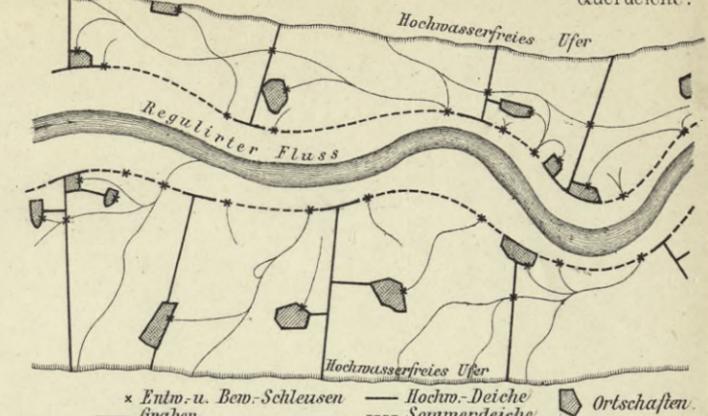


Fig. 9. Deiche an der Weser und Aller.

M. etwa 1:100 000.

Fig. 6. Deiche am Po.

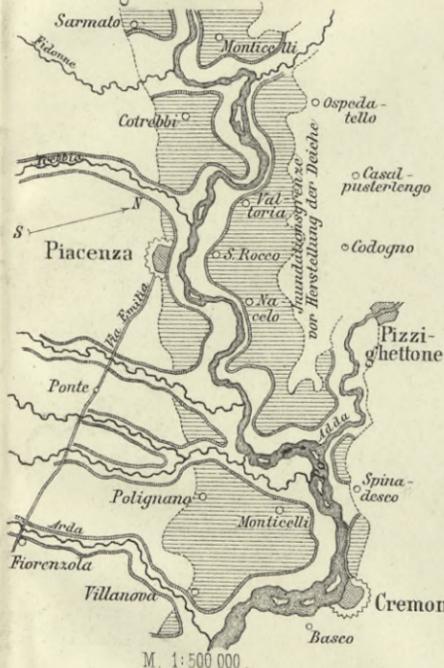
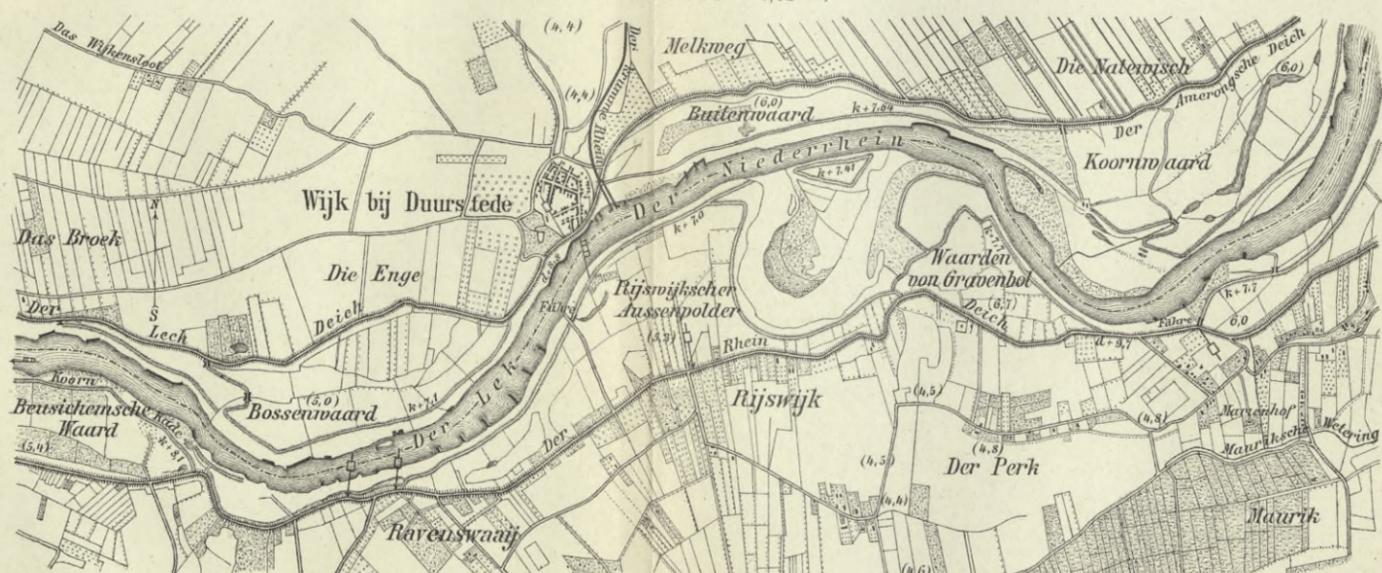


Fig. 7. Deiche am Lek und am Niederrhein.

M. 1:50 000. (1 km = 0,02 m.)



(zu Fig. 7.) Erklärung der Zeichen:
x Deichschleuse (Siel) Eingeklammerte Zahlen bezeichnen Terrainhöhen über A.P.
— Pegel Zahlen mit vorgesetztem d Deichhöhen
— Höhenstein k Höhen der Kaden (Sommerdeiche)
— Straße

Fig. 11. Eindeichung der Dreisam.

M. 1:25 000.



Fig. 12. Deiche an der Kinzig.

M. 1:25 000.

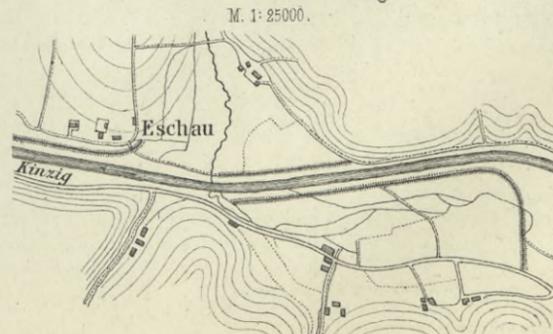
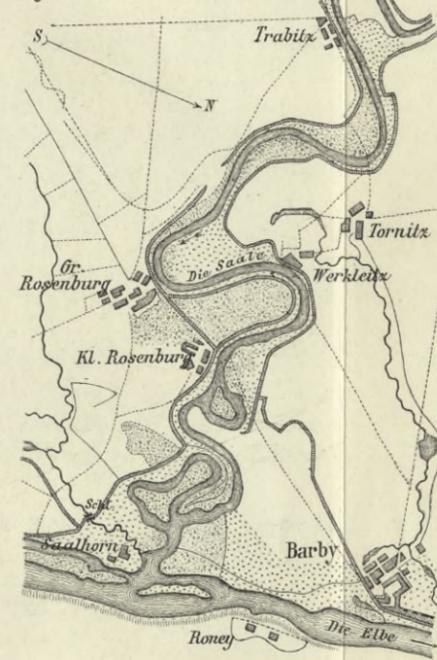


Fig. 8. Deiche an der Saale.



M. 1:100 000.



Fig. 13^{a-e}. Deiche an der Durance.

Fig. 13^a. Lageplan.

M. 1 km = 0,0125 m.

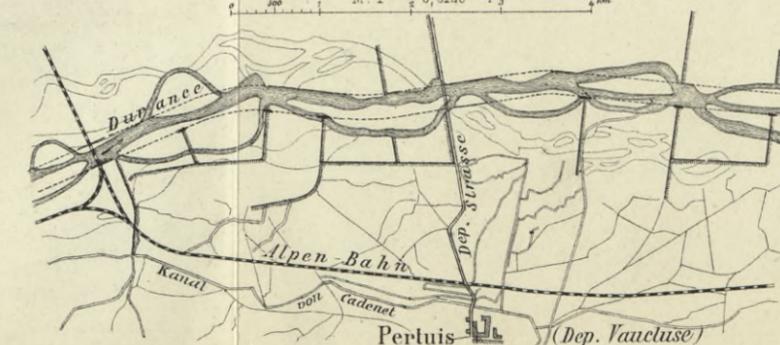


Fig. 13^b. Längenschnitt des Flügeldeichs.

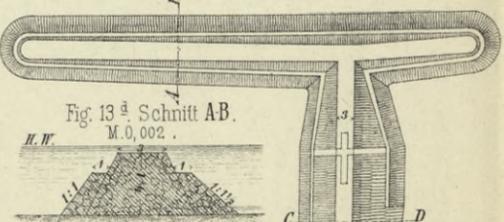


Fig. 13^c. Grundriss des Deichkopfes. M. 0,00075.

Fig. 10^a. Grundriss. M. 0,00025.

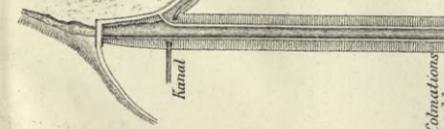
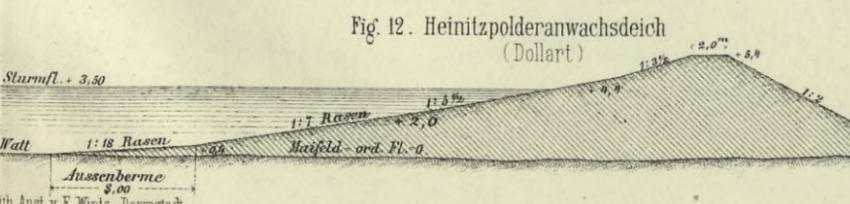
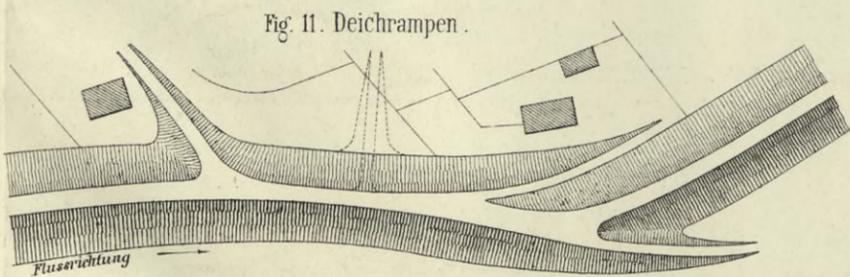
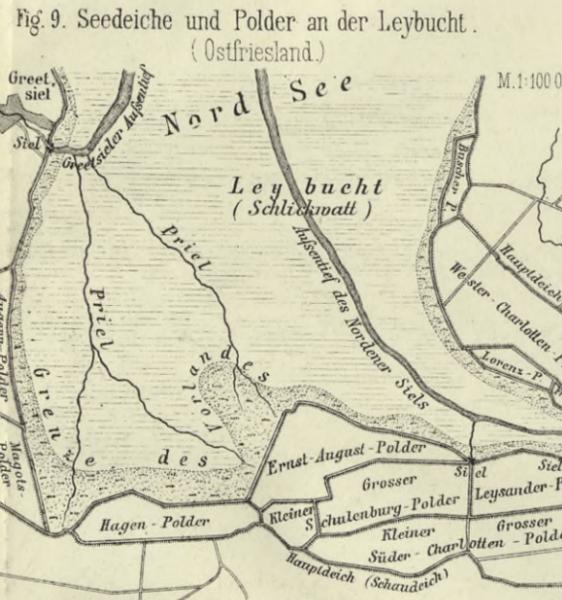
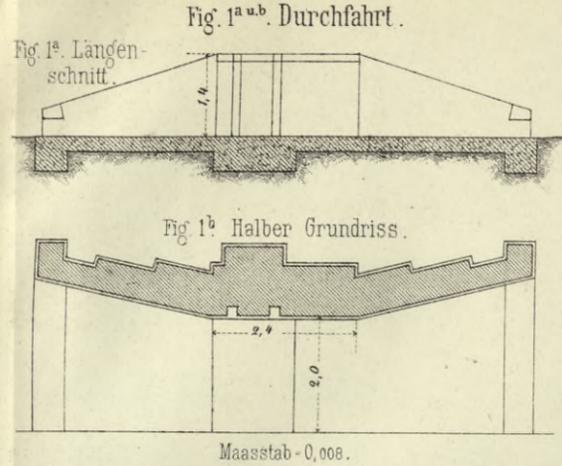


Fig. 10^{a-c}. Eindeichung der Nebenflüsse des Var.



Fig. 10^c. Querschnitt. M. 0,0025.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

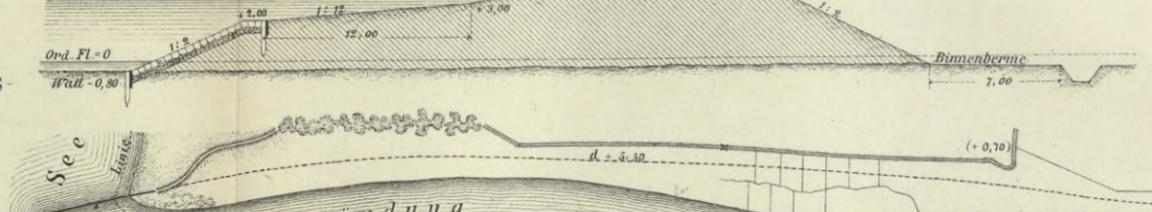
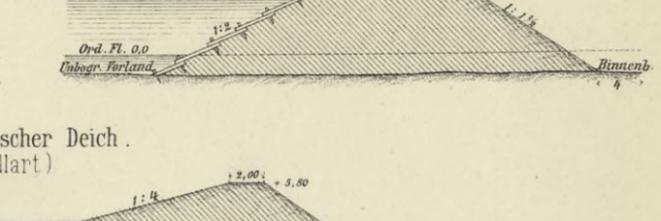
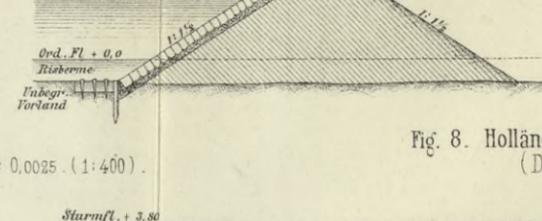
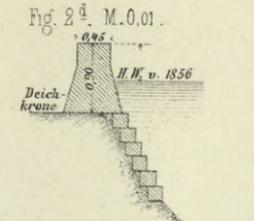
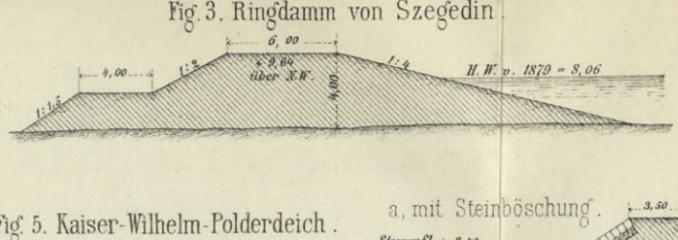
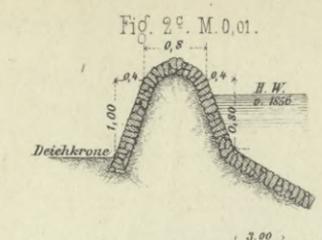
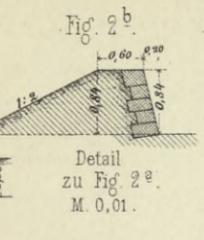
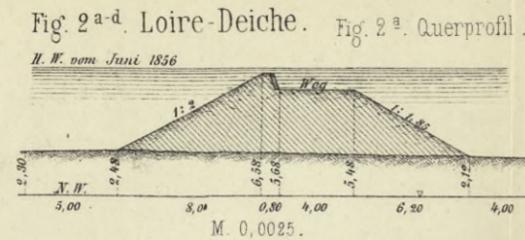
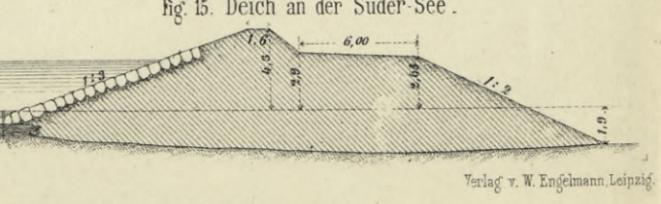
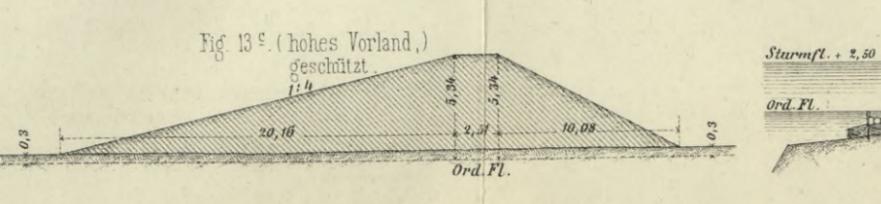
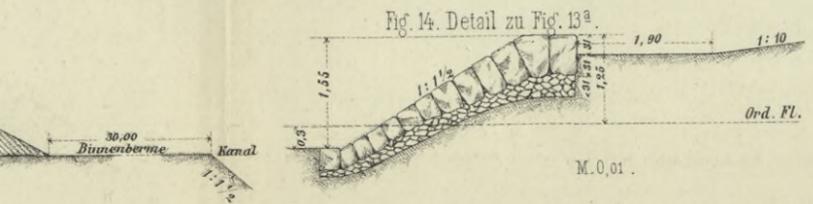
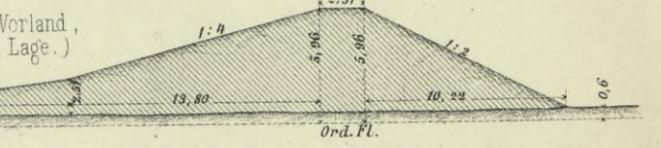
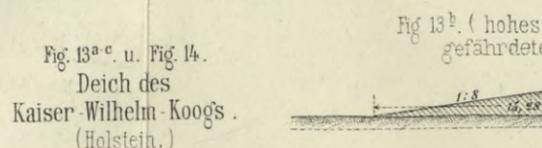
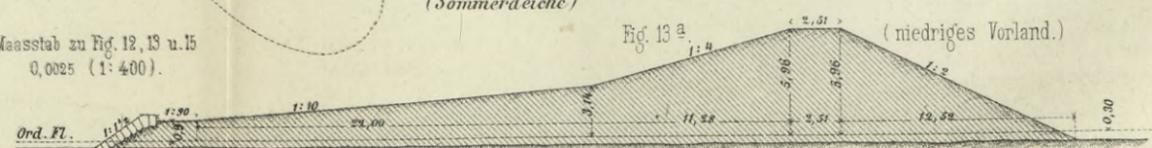
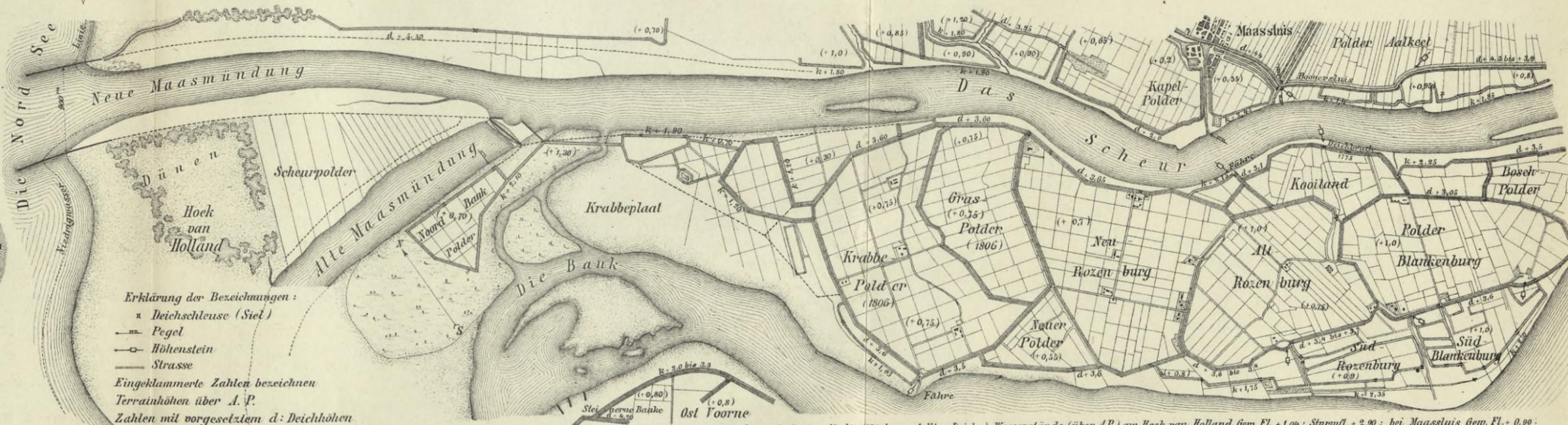


Fig. 4-8, Fig. 12-15. Querprofile von See- und Strommündungsdeichen.

Fig. 10. Seedeiche und Polder der Insel Rozenburg. M. 1:50 000. (1 km = 0,02 m)



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300159