



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Der Wasserbau an den Binnenwasserstrassen**

**Mylius, Bernhard**

**Berlin, 1906**

Abschnitt 20. Strombau.

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-82111](#)

## Abschnitt 20.

### Strombau.

Unter Strombau wird hier verstanden der Ausbau der Ströme und Flüsse zum Zwecke der Schiffbarmachung, sowie ihre Unterhaltung im ausgebauten Zustande.<sup>1)</sup>

Eine bestimmte Grenze zwischen den Begriffen Strom und Fluß ist nicht zu ziehen; die allgemeinere Bezeichnung ist „Fluß“. Strom ist ein großer Fluß und besonders der schifffbare Hauptfluß eines Flußgebietes. In der Regel bezeichnet man mit „Strom“ die Hauptströme Weichsel, Oder, Elbe, Weser, Rhein. Bezüglich der gemeinsamen Eigenschaften der größeren fließenden Gewässer wird im folgenden in der Regel die Bezeichnung „Fluß“ angewendet.

#### A. Allgemeines über Flüsse.

1. **Flußgebiet** (Stromgebiet). Ein Fluß (Strom) wird hauptsächlich gespeist durch seinen Oberlauf und seine Nebenflüsse. Der Oberlauf und die Nebenflüsse werden gespeist durch Zuflüsse (kleinere Flüsse, Quellbäche, Fließe).

Die Speisung der Zuflüsse geschieht:

a) durch Quellen und Grundwasser. Grundwasser ist das in das Erdreich eingedrungene Niederschlagswasser (Regen- oder Tauwasser). Quillt Grundwasser an einer bestimmten Stelle beständig heraus, so nennt man das heraustretende Wasser eine Quelle; fließt es dagegen unterirdisch weiter, so spricht man von Grundwasser schlechthin (Grundwasserstrom).

<sup>1)</sup> Strombau oder Stromausbau bedeutet hier dasselbe, was gemeinhin mit Stromregelung (Stromregulierung, Stromkorrektion) bezeichnet wird. Unter Flußbau versteht man dagegen in der Regel den Ausbau (die Regelung) der nicht-schiffbaren Flüsse.

Anm. Der Fluß und die Nebenflüsse werden auch in ihrem Hauptlauf an einzelnen Stellen öfters durch Grundwasser oder Quellen unmittelbar gespeist.

b) Mehr vorübergehend werden die Flüsse (Hauptlauf, Nebenflüsse und Zuflüsse) außerdem gespeist durch offen abfließendes Niederschlagswasser (Oberflächenwasser). Der andere Teil des Niederschlagswassers dringt in das Erdreich ein und bildet, wie vorwähnt, das Grund- und Quellwasser zu a; ein weiterer Teil verdunstet. Das Oberflächenwasser, sowie das Grund- und Quellwasser läuft dem Flusse nur aus einem bestimmt abgegrenzten Gebiete zu. Dies Gebiet nennt man das Flußgebiet (Stromgebiet), auch Niederschlagsgebiet. Das Flußgebiet ist gegen benachbarte Flußgebiete abgegrenzt durch Wasserscheiden, das sind Bodenerhebungen, die das ganze Flußgebiet umgeben. Von einer Wasserscheide fließt das Wasser immer nach zwei Richtungen, nämlich nach zwei verschiedenen Flußgebieten hin.

Auch jeder Nebenfluß hat sein besonderes Niederschlags- oder Flußgebiet und seine besonderen Wasserscheiden gegen die benachbarten Nebenfluß- oder Flußgebiete.

Die bildlich dargestellte Verästelung eines Flusses in alle seine Nebenflüsse und Zuflüsse nennt man das Flußnetz (Stromnetz).

Die Wassermenge, die in einem Flusse fließt, ist abhängig von der Größe seines Niederschlagsgebietes, von der Bodenbeschaffenheit dieses Gebietes und der Neigung des Geländes in ihm, sowie von der Größe, Häufigkeit und Dauer der Niederschläge. In durchlässigem Boden (Erde, Moor, Sand, Kies, Geröll) versinkt ein großer Teil des Niederschlagswassers und macht sich als Grund- oder Quellwasser erst geraume Zeit nach den gefallenen Niederschlägen als Zufluß geltend. Undurchlässiger Boden (Lehm, Ton, Fels) lässt die Niederschläge fast unvermindert abfließen und zwar um so schneller, je mehr das Gelände geneigt ist. Daraus ergibt sich, daß Flüsse, deren Niederschlagsgebiet größtenteils in gebirgigen Gegenden liegt, schnell anschwellen, aber auch schnell fallen, Flüsse, deren Niederschlagsgebiet dagegen größtenteils in der Ebene liegt, langsam anschwellen und langsam fallen. Ferner folgt daraus, daß zwei Flüsse, die ein annähernd gleich großes und gleich geneigtes Niederschlagsgebiet bei annähernd gleichartiger Bodenbeschaffenheit haben, bei annähernd gleich großen Niederschlägen die gleiche Wassermenge führen (z. B. Mosel und Main).

**2. Flußbett. Überschwemmungsgebiet.** Das Gerinne, in welchem das Wasser eines Flusses sich für gewöhnlich bewegt, nennt man sein Bett. Der mittlere, untere Teil des Bettes heißt die Sohle, die seitlichen oberen Teile die Ufer. Die oberste Uferkante heißt der Bord. Ist das Bett ganz mit Wasser gefüllt, so sagt man der Fluß ist bordvoll. Steigt der Fluß, so daß das Wasser über die

Borde geht, so treten Ausuferungen, und bei weiterem Steigen Überschwemmungen ein. Das Gebiet, das zu beiden Seiten eines Flusses zwischen dem Bord und der äußersten Überschwemmungsgrenze liegt, heißt das Überschwemmungsgebiet.<sup>1)</sup>

Das Land, das auch bei dem höchsten Hochwasser nicht überschwemmt wird, heißt hochwasserfrei.

Legt man einen Querschnitt durch den Fluß und sein Überschwemmungsgebiet, so heißt der Querschnittsteil, der durch die Flußborde begrenzt wird, der Flußquerschnitt, der ganze Querschnitt aber zwischen den beiderseitigen Überschwemmungsgrenzen der Hochwasserquerschnitt.

Bewegt sich auch der Hochwasserstrom in einem erkennbaren geschlossenen Bette, so spricht man von einem Hochwasserbett. Die sichtbaren Grenzen dieses Hochwasserbettes nennt man die Hochufer.

Im Überschwemmungsgebiet ist nicht immer alles Hochwasser fließend. Zwischen großen dichten Ortslagen, zwischen dichtem Buschwerk, in tiefen Einbuchtungen usw. steht das Hochwasser oft nahezu still. Dieses stillstehende Wasser nennt man Stau- oder totes Wasser. Man nennt dann denjenigen Teil des Hochwassergebietes, in dem das Hochwasser tatsächlich fließt, das Hochwasser-Abflußgebiet und die Breite dieses Gebietes, besonders soweit es von Abflußhindernissen freigehalten werden muß, die Hochwasser-Abflußbreite.

**3. Wasserstände.** Die Wasserstände werden an den Hauptpegeln regelmäßig abgelesen und in den Wasserstandslisten dauernd aufgezeichnet. Man unterscheidet im Flusse gewisse Hauptwasserstände, deren Kenntnis für die Beurteilung seiner Wasserführung überhaupt, für seine Schiffbarkeit, für Bauten am Flußufer und im Überschwemmungsgebiete, sowie für die Entscheidung von Eigentums- und landwirtschaftlichen Fragen von besonderer Bedeutung sind.

Allgemein unterscheidet man a) Niedrigwasserstände, b) mittlere Wasserstände und c) Hochwasserstände. Man denkt dabei an eisfreie Wasserstände; wenigstens sind diese im folgenden gemeint. (Von Wasserständen bei Frost, Eistreiben, Eisversetzungen und Eisgang ist unter Ziffer 10 besonders die Rede.)

#### a) Niedrigwasserstände.

1. N.W. oder besser N.N.W.<sup>2)</sup> ist der niedrigste Wasserstand in einer längeren Reihe von Jahren. Seine Kenntnis ist für den Stromausbau und für die Schifffahrt sehr wichtig. Jedoch rechnet man

<sup>1)</sup> Vergl. auch I. Teil, S. 78, betreffend die Grenze des engeren Stromgebietes gegen das Überschwemmungsgebiet.

<sup>2)</sup> Bisweilen wird nämlich unter N.W. niedriger Wasserstand schlechthin verstanden.

in der Regel nicht darauf, daß bei diesem Wasser die Schiffe noch mit ganz voller Ladung fahren können. Der niedrigste Wasserstand (N. N. W.), durch eine bestimmte Pegelzahl ausgedrückt, hat übrigens nur für eine gewisse Reihe von Jahren dieselbe Bedeutung; denn die Flußsohle verändert sich im Laufe der Zeit in manchen Strecken, und mit ihr senkt oder hebt sich der Wasserspiegel. Richtiger ist es daher, den niedrigsten Wasserstand als denjenigen zu bezeichnen, bei dem der Fluß in der fraglichen Strecke die kleinste Wassermenge abführt.

2. M. N. W. ist der gemittelte niedrigste Wasserstand, meistens kurz Mittelniedrigwasser genannt. Er ist gemittelt entweder aus den niedrigsten Wasserständen einer Reihe von Jahren oder aus den niedrigsten Sommerwasserständen dieser Jahre oder aus den niedrigsten Sommerwasserständen einzelner besonders trockener Jahre einer Jahresreihe (etwa während 10 bis 20 Jahren).

Bisweilen wird ein solcher Wasserstand auch mit R. W. (das ist Regulierungs-Wasserstand) bezeichnet. Das Ziel des Stromausbaues ist in der Regel, bei dem Wasserstande M. N. W. oder R. W. eine bestimmte Mindestfahrtiefe in genügender Breite zu erzeugen, so daß alsdann Schiffe von maßgebender Größe und Tauchtiefe möglichst noch mit voller Ladung fahren können.

### *b) Mittlere Wasserstände.*

3. M. W., Mittelwasser, der gemittelte (mittlere) Wasserstand ist aus sämtlichen Wasserstandsbeobachtungen einer Reihe von Jahren gemittelt (10, 20, 30, auch mehr Jahre). Er wird bei den meisten Flüssen für die Anordnung und Wirkung der Strombauwerke in erster Linie zugrunde gelegt. Ihre Krone liegt in der Regel auf M. W.

4. M. S. W., der mittlere Sommerwasserstand ist gemittelt aus den Sommerwasserständen einer Reihe von Jahren (Sommermonate sind hier Mai bis Oktober). Er liegt meistens tiefer als der Wasserstand zu 3. Bezüglich des Flußausbaues wird er an manchen Flüssen anstatt des Mittelwassers M. W. verwendet.

5. G. W., der gewöhnliche Wasserstand ist der Stand, der während eines Jahres bzw. während einer Reihe von Jahren, ebenso oft überschritten wie nicht erreicht worden ist. Er liegt in der Regel ebenfalls tiefer als M. W. Bezuglich des Ausbaues wird er bei manchen Flüssen anstatt der Wasserstände zu 3. und 4. zugrunde gelegt. Außerdem ist er wichtig für Eigentumsfragen (vergl. I. Teil dieses Buches S. 9, Anm. zu § 56 des Allgem. Landr., II. Teil, Tit. 15 bezüglich der Grenze zwischen Flußbett und Ufer). Dieser Wasserstand bildet in der Regel auch die Pflanzenwuchsgrenze (Vegetationsgrenze) am Ufer, manchmal trifft dies aber eher zu für den Wasserstand zu 4.

c) Hochwasserstände.

6. M. H. W., Mittelhochwasser ist der Wasserstand, der aus den höchsten Wasserständen einer Reihe von Jahren gemittelt ist. Er ist von Bedeutung z. B. für die Anlage mancher Ladestellen und anderer Uferwerke, von nicht hochwasserkreien Deichen usw.

7. H. Sch. W. ist der höchste schiffbare Wasserstand. Er ist an jeder Wasserstraße nach besonderen Erfahrungen bestimmt. Er richtet sich z. B. nach der Höhenlage vorhandener Brücken, die bei diesem Wasserstande noch eben durchfahren werden können, ferner, falls Treidelbetrieb stattfindet, nach der Höhe der Leinpfade, endlich nach den bei höheren Wasserständen eintretenden schwierigen Strömungen und dergl.

8. H. H. W., der höchste Hochwasserstand ist der überhaupt bekannte höchste (eisfreie) Wasserstand. Dieser wird bei der Anlage von Brücken, Uferstraßen, Deichen, Ladestellen, Hafendämmen, von hochwasserkreien Wohnstätten und dergl. besonders berücksichtigt.

**4. Gefälle.** Die Strömung im Flusse beruht auf dem Gefälle. Unter Gefälle versteht man das Gefälle des Wasserspiegels (Spiegelgefälle; seltener spricht man von dem Gefälle der Flusssohle, Sohlengefälle).

Man kann unter Gefälle zweierlei verstehen (Abb. 215):

a) entweder die Gefällshöhe ( $h$ ), die angibt, wieviel ein Punkt ( $a$ ) des Wasserspiegels höher liegt als ein Punkt ( $b$ ) desselben, der um eine Strecke ( $l$ ) stromabwärts liegt.

Z. B.  $a$  liege 0,32 m höher als der 1050 m stromab gelegene Punkt  $b$ . Dann sagt man, das Gefälle (die Gefällshöhe) von  $a$  nach  $b$  beträgt 0,32 m.

b) oder man versteht unter Gefälle das Gefällverhältnis ( $J$ ), das die Neigung des Wasserspiegels ausdrückt; allgemein schreibt man dafür  $J = \frac{h}{l}$  oder  $h : l$ ; d. h. das Gefällverhältnis ist = der Gefällshöhe, geteilt durch die betreffende Flusslänge.

Bei dem vorbezeichneten Zahlenbeispiel ist das Gefällverhältnis:  $J = \frac{0,32}{1050}$  oder  $\frac{1}{3281}$  oder  $1 : 3281$ . Man sagt also hier: [das Gefälle von  $a$  bis  $b$  ist  $\frac{1}{3281}$  oder  $1 : 3281$ . Man kann den Bruch auch in einen Dezimalbruch verwandeln und sagt dann in diesem Falle, das Gefälle ist = 0,0003048 oder rund 0,3 mm aufs Tausend (meist geschrieben: 0,3 ‰)].

Damit in den Höhenplänen die Gefällneigungen deutlicher sichtbar werden, wählt man den Höhenmaßstab 20 bis 100 mal größer als den Längenmaßstab (sog. verzerrter Maßstab).

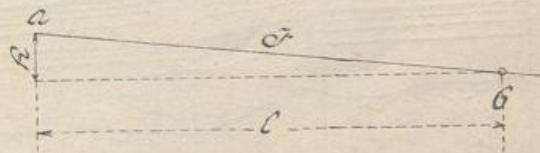


Abb. 215.

Im folgenden ist unter Gefälle immer das Gefällerverhältnis gemeint. (Die diesem zugrunde liegende Gefällshöhe und Länge sind im Stromstrich gemessen zu denken; vergl. Ziff. 7.)

Bezüglich des Gefälles in einer Flußstrecke unterscheidet man einerseits das Durchschnittsgefälle, das vom Anfang bis zum Endpunkte dieser Strecke gemeint ist und andererseits die Einzelgefälle, die in verschiedenen Teilen dieser Flußstrecke sich vorfinden und oft größer oder kleiner als das Durchschnittsgefälle sind, so daß die Wasserspiegellinie im Höhenplan dann sehr unregelmäßig aussieht. Bei niedrigen Wasserständen sind diese Unregelmäßigkeiten immer am größten (Abb. 216). Die Ursachen hierfür bestehen in vorkommenden Sand- und Kiesbänken, Steinrissen und Felsen, die die Flußsohle durchsetzen, oder in übermäßigen künstlichen oder natürlichen Einengungen des Flußbettes. Im Höhenplan sieht die Wasserspiegellinie dann oft

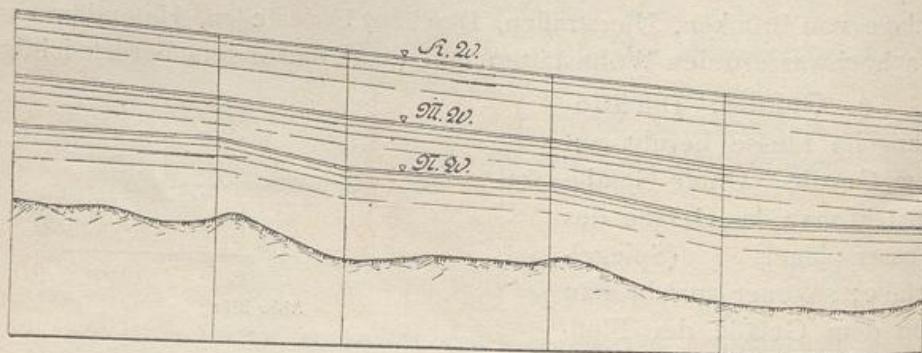


Abb. 216.

fast treppenartig aus. Bei mittleren Wasserständen verschwinden diese Treppen mehr und mehr oder, wie man sagt, das Gefälle gleicht sich aus; bei hohen Wasserständen bildet die Wasserspiegellinie der betreffenden Strecke annähernd eine gerade Linie, die dem Durchschnittsgefälle nahekommt (Abb. 216).

Bisweilen kommen kürzere Flußstrecken mit sehr starkem Gefälle vor, das auch bei mittleren und höheren Wasserständen bemerkbar bleibt; solche nennt man Stromschnellen. Diese sind für die Schifffahrt sehr hinderlich.

Je nachdem man das Gefälle einer Flußstrecke bei niedrigem, mittlerem oder hohem Wasserstande meint, spricht man vom Niedrigwassergefälle, Mittelwassergefälle oder Hochwassergefälle dieser Strecke.

Die Durchschnittsgefälle nehmen in fast allen Flüssen von der Quelle nach der Mündung hin erheblich ab. Die Abnahme findet meistens allmählich statt.

**5. Flußlauf. Flußquerschnitt. Talweg.** Jeder Fluß schlängelt sich; die Krümmungen überwiegen, gerade Flußstrecken sind seltener und nicht lang. Bei einer Flußkrümmung nennt man das eine Ufer

das einbuchtende (konkave) Ufer oder die Einbuchtung (Konkav<sup>e</sup>)<sup>1)</sup>, das gegenüberliegende das vorspringende (konvexe) Ufer oder den Vorsprung (Konvexe). Flüsse, die nicht ausgebaut sind, also im natürlichen Zustande sich befinden, ändern ihren Lauf allmählich dadurch, daß das einbuchtende Ufer abbricht und das vorspringende Ufer anwächst; dadurch werden manche Flußkrümmungen mit der Zeit immer stärker bis zu dem Grade, daß eine Flußschleife entsteht, zwischen welcher nur eine schmale Zunge verbleibt. Der Fluß durchbricht alsdann bei höherem Wasserstande bisweilen die Zunge und schafft sich einen neuen Lauf. Man durchbricht die Zunge auch künstlich mittels eines Durchstiches (Abb. 217a bis c). Die seitlich von dem Durchbrüche oder Durchstiche liegenbleibenden Krümmungen heißen Altwasser (Schlenken, Lachen). Die Bodenmassen, die aus den Abbrüchen stammen, lagern sich im Flußbett ab und bilden Kies- und Sandbänke; auch verstärken sie die Anwachse der vorspringenden Ufer. Die Sandbänke im Flußbett höhen sich mit der Zeit auf und werden dann zu Inseln; dadurch entstehen

Flußspaltungen; d. h. der Fluß teilt sich in zwei Arme. Jeder Arm führt dann nur einen Teil des Wassers ab und ist daher schmäler oder seichter als der Hauptflußlauf. In einem so verwilderten Flusse kann sich eine gleichmäßige und bequeme Schifffahrtsrinne nicht ausbilden. Eine Hauptmaßnahme des Strombaues ist daher die Regelung und dauernde Festlegung des Flußlaufes.

Sowohl in den natürlichen, wie in den ausgebauten Flüssen zeigen die Flußquerschnitte zwei Hauptformen (Abb. 218)<sup>2)</sup>, die eine in den geraden Strecken (II), die andere in den Krümmungen (I u. III). In einer ordnungsmäßigen (nicht verwilderten) geraden Strecke ist

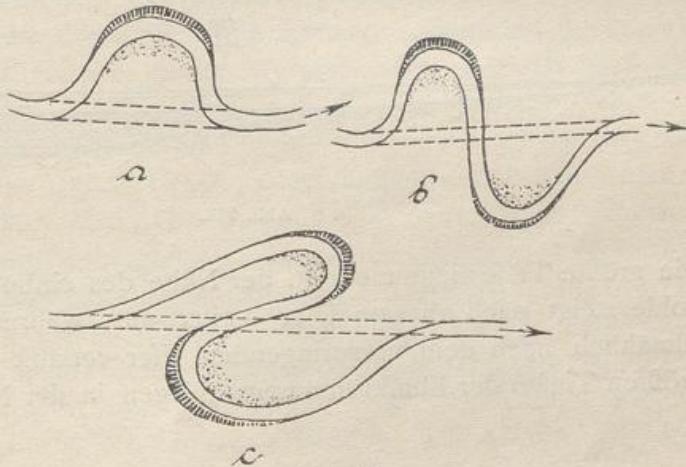


Abb. 217.

<sup>1)</sup> Die ostdeutschen Schiffer sagen für einbuchtendes Ufer Grube; die rheinischen Schiffer nennen die zwischen zwei Krümmungen liegende gerade Strecke das offene Reck.

<sup>2)</sup> Selbstverständlich sehen die gezeigten Querschnitte nie so regelmäßig aus als die hier dargestellten, am allerwenigsten in nicht ausgebauten Flüssen.

die Sohle des Flußbettes schalenförmig gekrümmmt, d. h. die größte Tiefe liegt annähernd in der Mitte; nach den Ufern steigt die Flußsohle in flacher Krümmung gleichmäßig an (s. II). In den Krümmungen dagegen ist das Flußbett im Querschnitt mehr birnenförmig gestaltet.

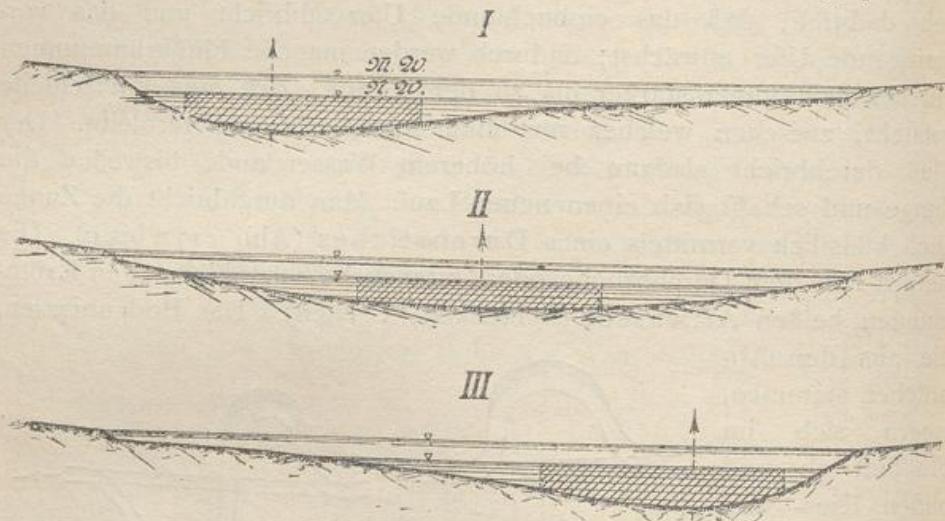


Abb. 218.

Die größte Tiefe liegt mehr in der Nähe des einbuchtenden Ufers; die Sohle steigt nach diesem Ufer steiler auf, während sie flacher und allmählich nach dem vorspringenden Ufer verläuft (s. I und III). Die größten Tiefen der Flußkrümmungen liegen in der Nähe des Scheitels

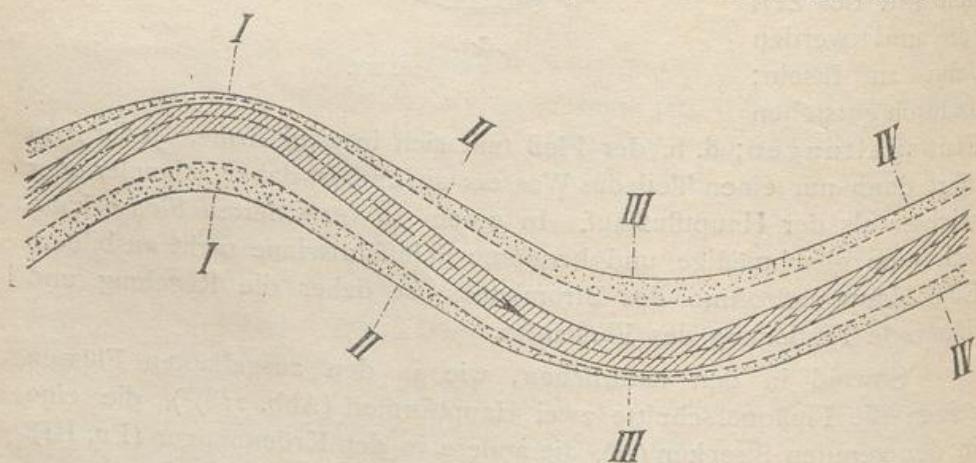


Abb. 219.

der Krümmungen und sind immer größer als die größten Tiefen in den anschließenden geraden Strecken.

Bei wechselnden Krümmungen des Flusses (Abb. 219) wechselt die Linie der größten Tiefen demnach von einem Ufer zum anderen hinüber, während sie in der Übergangsstrecke zwischen zwei Krümmungen

annähernd in der Flußmitte liegt. Der Querschnitt II in Abb. 218 gehört zu den in Abb. 219 mit II und IV bezeichneten Übergangsgeraden, die Querschnitte I und III liegen an den Krümmungsscheiteln.

Die Linie der größten Tiefen, die sich in dem Flußlauf hinzieht, nennt man den Talweg (in Abb. 218 und 219 strichpunktiert mit Pfeil), die Rinne im Flußlauf, die eine für die Schiffahrt hinreichende Tiefe hat, heißt die Fahrrinne oder die Fahrt (in Abb. 218 und 219 gestrichelt.) In Abb. 218 und 219 ist ferner die Begrenzung des Mittelwasser- und des Niedrigwasserbettes zur Anschauung gebracht. Der Talweg ist die Richtlinie für die Fahrrinne und liegt innerhalb derselben. Er wird in die Stromkarten in der Regel als blaupunktierte Linie eingetragen.

Zur genaueren Darstellung des Flußbettes in der Stromkarte ist die Eintragung weiterer Tiefenlinien zweckmäßig. Diese ergeben sich, wenn man das Flußbett durch Ebenen geschnitten denkt, die in bestimmten Tiefen unter einem Wasserspiegel, z. B. N. W., gleichlaufend mit diesem, gelegt werden (z. B. 0,50, 1,0, 1,50, 2,0 m usw. unter N. W.). Solche Tiefenlinien bilden übrigens auch die Begrenzung der Fahrrinne, die durch Legung der Ebene in der Mindestfahrttiefe unter N. W. erhalten wird (Abb. 218 und 219). Die Tiefenlinien werden aus den Querschnitten hergeleitet, indem in diesen unter der N. W.-Linie in den bestimmten Tiefenabständen Wagerechte gezogen werden. Die Schnittpunkte dieser Wagerechten mit dem Umriß des Flußbettes werden aus den Querschnitten maßstäblich an gehöriger Stelle in die Stromkarte übertragen und die zusammengehörigen Punkte gleicher Tiefen werden dann durch Linien verbunden. Diese Linienzüge geben ein fast körperliches Bild des Flußschlauches.

Aus dem vorigen ergibt sich, daß der Talweg meistens noch gewundener ist als der Flußlauf selbst; besonders ist dies der Fall in natürlichen, unausbgebauten Flüssen. In diesen schlängelt er sich, selbst auch in geraden Strecken, zwischen Sand- und Kiesbänken oder spaltet sich streckenweise in zwei Talwege, zwischen denen ein sog. Mittelberg liegt; ferner zeigt er anstatt ausgerundeter Krümmungen oft scharfe Knicke. Es ist ein Ziel des Strombaues, den Talweg auszurunden und zu strecken, auch in den Krümmungen etwas mehr vom Ufer ab zu verlegen, die Spaltungen des Talweges zu beseitigen und ihn möglichst dauernd in bestimmter Lage zu erhalten.

Die Stelle, wo der Talweg, von einem Ufer zum anderen hinüberwechselnd, die Flußmitte kreuzt, nennt man den Übergang oder Überschlag (Abb. 219, II und IV). In jeder längeren Flußstrecke gibt es eine Anzahl Übergänge. Die Übergänge sind immer die flachsten Stellen (Schwellen) im Talwege. Es ist ein weiteres Ziel des Stromausbaues, die Fahrtiefen, namentlich in den Übergängen, zu vergrößern.

**6. Sinkstoffe.** Die Bodenteile, die durch die Strömung fortbewegt werden, an ruhigeren Stellen sich aber absetzen, nennt man Sinkstoffe (Geschiebe). Sie können in verschiedenen Flüssen und Flußstrecken von verschiedener Beschaffenheit sein. Nach dem Grade ihrer Feinheit unterscheidet man Schlick, Sand (feinen und groben Sand), Kies (feinen und groben Kies) und Geröll (gewöhnliches und grobes Geröll). Geröll (d. s. mäßige und größere Steine) kann natürlich nur durch sehr starken Strom fortbewegt werden. Es kommt in den Gebirgsflüssen und im obersten Laufe der Ströme vor. Kies wird durch lebhafte Strömungen fortbewegt. Er herrscht im unteren Lauf der Gebirgsflüsse und im Mittellauf der Ströme vor. Sand wird schon von mäßigem Strome fortbewegt. Er bildet hauptsächlich das Bett der Niederungsflüsse und des Unterlaufes der Ströme. Kies und Sand können natürlich auch zwischen Geröll, und Sand auch zwischen Kies vorkommen. Schlick oder Schlamm führen fast alle Flüsse und Ströme bei höheren Wasserständen; d. s. ganz feine Erd- auch Pflanzenteile, die von den Uferländern und aus Abbrüchen abgespült werden, zum Teil noch vermehrt durch Zerreibung von weichen Gesteinen. Setzen sich Sinkstoffe in Bänken ab, so spricht man je nachdem von Schlick-, Sand-, Kies- und Geröllbänken. In einem ausgebauten Flusse sollen die Sinkstoffe regelmäßig abgeführt werden, ohne störende Bänke zu bilden; sie sollen sich nur da absetzen, wo eine Verlandung beabsichtigt wird, z. B. zwischen Strombauwerken, in Altwassern usw.

**7. Wassergeschwindigkeit. Stromstrich.** Die Geschwindigkeit des fließenden Wassers in einer Flußstrecke ist abhängig von dem Gefälle, ferner von der Beschaffenheit des Flußbettes (z. B. je nachdem dieses aus Sand, Kies, Geröll, Felsboden usw. besteht) und von der mittleren Tiefe der Querschnitte. In einem und demselben Flußquerschnitt ist die Geschwindigkeit an verschiedenen Punkten verschieden. Sie ist im allgemeinen am größten am Wasserspiegel und am kleinsten an der Sohle; sie nimmt also in jeder Senkrechten des Querschnittes von der Sohle nach dem Wasserspiegel zu. Da nun die Geschwindigkeit an der Sohle (Sohlengeschwindigkeit) überall sehr klein ist, so folgt daraus, daß die Geschwindigkeit im Wasserspiegel (Oberflächengeschwindigkeit) dort in der Regel am größten ist, wo sich die größte Tiefe befindet und anderseits, daß die Oberflächengeschwindigkeit von der Stelle der größten Tiefe nach den Ufern abnimmt, weil die Tiefen dorthin abnehmen.

Die Längslinie der größten Geschwindigkeit oder Strömung im Flusse nennt man den Stromstrich. Aus dem Vorigen leuchtet ein, daß der Stromstrich — wenigstens bei niedrigen Wasserständen — mit dem Talwege (der Linie der größten Tiefen) im allgemeinen zu-

sammenfällt. Bei mittleren Wasserständen dagegen verlegt sich der Stromstrich, auch in den Krümmungen, etwas mehr nach der Flußmitte, weil wegen der größeren Weite des Querschnittes die stärkere Strömung alsdann auch über flachere Stellen, infolge ihrer Beharrung, hinübergleitet. Der Stromstrich ist dann also weniger gewunden und infolgedessen kürzer als bei Niedrigwasser. Noch weniger gewunden und kürzer ist der Stromstrich bei höheren Wasserständen, weil die starke Strömung dann auch über vorspringende Ufer hinübergleitet. Das Flußgefälle wird ermittelt aus der Gefällshöhe und der Flußlänge im Stromstrich.<sup>1)</sup> Da nun die Gefällshöhe einer längeren Flußstrecke bei Niedrig-, bei Mittel- und bei Hochwasser im allgemeinen wenig verschieden ist, aber die Länge des Stromstriches bei diesen Wasserständen verschieden ist, nämlich kürzer wird mit steigendem Wasser, so folgt daraus, daß das Gefälle (Gefällverhältnis) mit steigendem Wasser größer wird, und zwar bei hohen Wasserständen am größten; daher ist bei Hochwasser auch die Strömung besonders stark (abgesehen von den größeren Tiefen, die alsdann auch vorhanden sind und auf Vergrößerung der Geschwindigkeit hinwirken).

**8. Wassermenge. Mittlere Geschwindigkeit. Vertiefung durch Einschränkung der Breite.** In einer Flußstrecke fließt bei demselben Pegelstande immer dieselbe Wassermenge ab (wenn nicht Zuflüsse hinzukommen). Unter Wassermenge an einer bestimmten Flußstelle versteht man die Wassermasse in cbm, die den Flußquerschnitt in einer Sekunde durchfließt. Sie wird berechnet aus der Fläche des mit Wasser angefüllten Querschnittes =  $F^2$ ) und der mittleren Wassergeschwindigkeit im Querschnitte =  $v$ . Wird die Wassermenge mit  $Q$  bezeichnet, so ist

$$Q = F \cdot v.$$

Die Wassermenge ist also das Produkt aus der Querschnittsfläche und der mittleren Geschwindigkeit (vergl. auch Abschn. Meßkunde Ziff. 8).

Die Querschnittsfläche  $F$  kann aus dem durch Peilung aufgenommenen Flußquerschnitte leicht berechnet werden. Die Geschwindigkeit eines Wasserteilchens ist der Weg, den dieses in einer Sekunde zurücklegt. Da die Geschwindigkeit gemäß Ziff. 7 an den verschiedenen Stellen des Querschnittes verschieden ist, so wird der Kürze wegen für die Einzelgeschwindigkeiten im Flußquerschnitte die mittlere Geschwindigkeit  $v$  eingesetzt.  $v$  kann ermittelt werden aus Geschwindig-

<sup>1)</sup> Hierzu wird bemerkt, daß der Wasserspiegel in einem Flußquerschnitte nicht immer genau wagerecht ist, in scharfen Krümmungen ist er an der einbuchtenden Seite in der Regel etwas höher als an der vorspringenden Seite; im Stromstriche hat er etwa die Mittellage.

<sup>2)</sup> Man sagt für den mit Wasser angefüllten Querschnitt auch „benetzter Querschnitt“.

keiten, die in verschiedenen Senkrechten des Flußquerschnittes, je an der Sohle, im Wasserspiegel, sowie zwischen diesen, mit besonderen Instrumenten gemessen werden (vergl. Meßkunde S. 14), oder  $v$  kann nach besonderen Formeln berechnet werden (für diese Formeln muß das Spiegelgefälle, die benetzte Querschnittsfläche, die mittlere Tiefe  $t$  und der Rauhigkeitsgrad der Flußsohle bekannt oder ermittelt sein).

Für die Querschnittsfläche  $F$  kann man setzen

$$F = B \cdot t;$$

dabei ist  $B$  die Breite des Wasserspiegels und  $t$  die mittlere Tiefe; dann ist:

$$Q = B \cdot t \cdot v.$$

Da nun in einer Flußstrecke bei demselben Pegelstande die Wassermenge  $Q$  immer gleich groß ist, so ergibt sich aus  $Q = B \cdot t \cdot v$  folgendes:

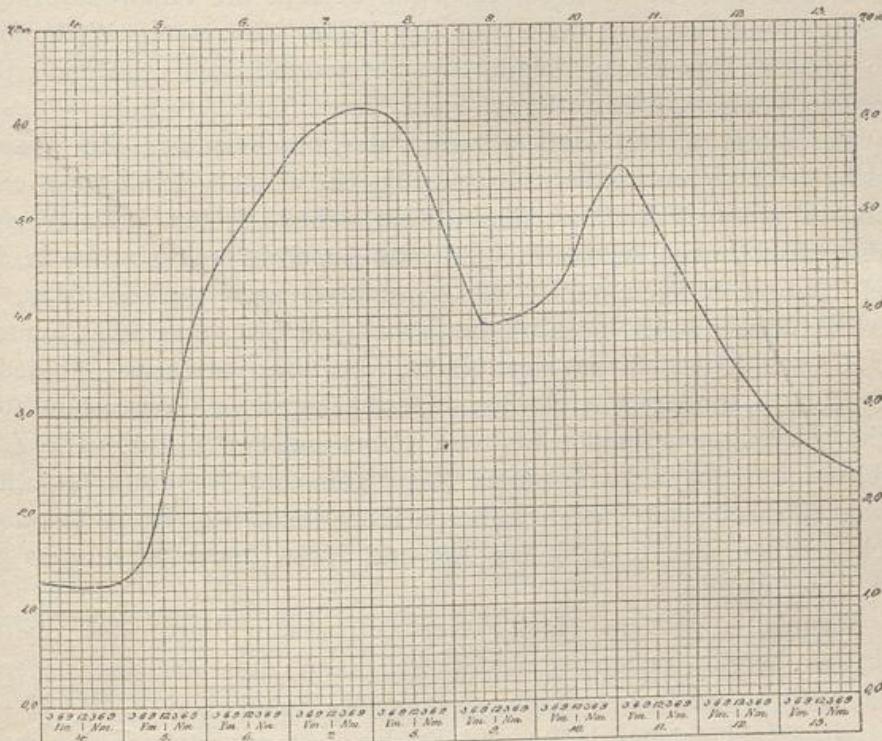
Schränkt man die Breite  $B$  künstlich ein, z. B. durch Buhnen, so muß offenbar  $t \cdot v$  dadurch größer werden, d. h. die Tiefe muß zunehmen oder die Geschwindigkeit  $v$ , oder beide zusammen. Ist nun die Flußsohle nachgiebig, z. B. wenn sie aus Sand besteht, so wird die Geschwindigkeit  $v$  zunächst zunehmen, den Sand fortspülen, so daß eine Vertiefung erzeugt wird und sich alsdann wieder etwas ermäßigen. Die Einschränkung der Flußbreite wird also in diesem Falle schließlich eine Vertiefung der Flußsohle herbeiführen. Es ist ein Hauptziel des Flußausbaues, durch Einschränkung zu großer Breiten und infolgedessen vermehrte Spülung eine Vertiefung zu erzeugen und dauernd zu erhalten. Ist die Flußsohle nicht nachgiebig genug, z. B. wenn sie aus grobem Kies, Geröll oder Fels besteht, so reicht die durch Einschränkung vermehrte Spülkraft nicht aus; alsdann muß durch Baggen oder Sprengen nachgeholfen werden. In einer gut ausgebauten Flußstrecke muß die Einschränkung so bemessen und müssen die Einschränkungswerke so angelegt sein, daß bei allen Wasserständen vom Mittel- bis zum Niedrigwasser die vorhandene Wassermenge im Flußquerschnitt überall eine genügende Spülkraft zur Fortbewegung der Sinkstoffe entwickelt, so daß Ablagerungen in der Fahrrinne verhindert werden.

**9. Hochwasser.** Hochwasser im Flusse entsteht durch bedeutende Niederschläge, nämlich erstens durch anhaltenden Regen, auch durch sog. Wolkenbrüche (d. s. ganz ungewöhnlich starke Regengüsse, die plötzlich, wenn auch mit kürzerer Dauer, fallen), zweitens durch schnelles Aufstauen großer Schneemassen. Das Hochwasser wird um so stärker, je weniger Wasser in den Erdboden einziehen kann. Dies trifft z. B. zu, wenn vor einem starken Regen schon eine längere Regenzeit vorhergegangen ist, so daß der Erdboden mit Feuchtigkeit vollständig gesättigt ist, ferner, wenn Tauwetter nach starkem Frost sehr plötzlich eintritt, so daß der Schnee schnell

schmilzt, während der Erdboden noch gefroren und übereist ist. Die stärksten Hochwasser ergeben sich unter diesen Umständen, wenn plötzliches Tauwetter und starker Regen zusammentreffen.

Bei manchen Flüssen finden die größten Hochwasser um die Zeit der Schneeschmelze statt (Winter- und Frühjahrshochwasser), bei anderen treten sie gerade im Sommer ein, besonders in den Monaten Juni bis August, wenn starke Regen und Wolkenbrüche sich ereignen,

*Wasserstandslinie für ein Hochwasser am Pegel zu P.*



März 1885.

Abb. 220.

z. B. an der Oder und ihren vom Gebirge kommenden Nebenflüssen (Sommerhochwasser).

Das Steigen und Fallen des Hochwassers wird an den Pegeln beobachtet. Man nennt an einem Pegel oder an einer sonst bestimmten Stelle des Flußlaufes das ganze Steigen des Hochwassers und das Fallen (etwa bis zum bisherigen Stande) eine Hochwasserwelle, den höchsten Stand des Hochwassers an dieser Stelle den Wellenscheitel oder einfach den Scheitel. Diese Bezeichnung stammt von dem Bilde her, welches die Aufzeichnung der verschiedenen, an einem Pegel abgelesenen Wasserstände während einer Anschwellung, fortschreitend nach der Zeit ihrer Ablesung, bietet. Abb. 220 z. B. zeigt die Aufzeichnungen der Wasserstandsbeobachtungen am Pegel zu P.,

die S. 116 im I. Teil dieses Buches für die Hochwasserwelle vom 4. bis zum 14. März 1895 in einer Liste abgedruckt sind. (Der 14. März ist in der Zeichnung der Raumersparnis wegen fortgelassen.) Das Papier für die Auftragung ist quadriert. In wagerechter Richtung zählt man die Tage und Stunden (fortschreitend in je drei Stunden), in senkrechter Richtung die Pegelablesungen in m und dm. Die ganzen Meter sind durch starke wagerechte, die ganzen Tage durch starke senkrechte Linien hervorgehoben, die halben Tage durch strichpunktisierte Linien. Im vorliegenden Falle besteht die Hochwasserwelle aus zwei Sonderwellen; denn auf das Fallen der ersten Welle folgt am 9. März 12 Uhr mittags wieder ein Steigen bis zum 11. März 4 Uhr vormittags (vergl. die Liste S. 116 im I. Teil).

Besonders wichtig sind während des Hochwassers die Wasserstandsbeobachtungen an den Hauptpegeln, die an dem Flusse oder Strome in gewissen Entfernungen verteilt sich vorfinden. Die Wasserstandsbeobachtungen werden, sobald eine Anschwellung eintritt, in der Regel häufiger vorgenommen als sonst und zwar um so öfter, je höher das Wasser steigt, nämlich dreimal täglich bis sogar alle Stunden, unter Umständen auch in der Nacht. Darüber bestehen für jedes Stromgebiet besondere Vorschriften. Der höchste Hochwasserstand (der Scheitel) schreitet stromabwärts von Pegel zu Pegel fort. Die Zeit, in welcher der Scheitel von einem Pegel zum anderen eintreffen wird, ist, ungefähr wenigstens, nach früheren Hochwassern meistens bekannt; jedoch ergeben sich je nach der Art und Höhe des Hochwassers gewisse Unterschiede.

Wenn bei großem Hochwasser von einem Pegel des oberen Flußlaufes bereits Fallen gemeldet ist, kann dies an den unteren Pegeln natürlich nicht beruhigen, da hier der Scheitel, d. h. das Hochwasser in seiner größten Höhe und Stärke, erst erwartet werden muß. Oft ist im oberen Lauf des Stromes das ganze Hochwasser schon vorüber und alles wieder friedlich, während im Unterlauf zu derselben Zeit die größten Verwüstungen vor sich gehen. Von großer Bedeutung ist natürlich noch der Umstand, ob und zu welcher Zeit auch die Nebenflüsse Hochwasser führen und demnach das Hochwasser des Hauptflusses entweder hervorrufen oder es verstärken. Das Wasser der Flüsse ist bei Hochwasser getrübt infolge der von den Uferländerien usw. mitgeführten, meistens schon aus den Zuflüssen stammenden feinen Schlickteile (vergl. Ziff. 6). Je schneller das Steigen vor sich geht, desto stärker ist die Trübung. Bei länger anstehendem Hochwasser und beim Fallen läßt die Trübung nach. Stark getrübtes Hochwasser lagert an ruhigen Stellen Schlick ab, z. B. in stillen Buchten, Hafenmündungen, auch auf breiten Vorländern, besonders wenn sie bewachsen sind. Die Schlickablagerung führt zur allmäßlichen Aufhöhung der Vorländer.

Diese wird im übrigen auch bewirkt durch Ablagerung von treibendem Sand.

Die Stromrichtung des Hochwassers fällt meistens nicht mit der Stromrichtung des Niedrig- und Mittelwassers zusammen (vergl. Ziff. 7). Wenn der Hochwasserstrom das Flüßbett schief- oder rechtwinklig kreuzt, lagert er in ihm häufig Sand und andere Sinkstoffe ab, die für die Schifffahrt störend sind und weggebaggert werden müssen. In manchen Flüssen muß daher auch nach jedem Hochwasser eine neue Aussteckung des Fahrwassers stattfinden.

**10. Eisverhältnisse.** a) Eisbildung. In stehenden und in sehr langsam fließenden Gewässern bildet sich das Eis auf dem Wasserspiegel (Oberflächeneis). Es entsteht dann schon bei mäßigem Frost eine zusammenhängende Eisdecke (Kerneis). Anders ist dies bei den lebhafter fließenden Flüssen und Strömen. Bei diesen bildet sich das Eis zumeist auf dem Grunde und heißt dann Grundeis. Schwimmt das Grundeis auf und treibt flußabwärts, so heißt es Treibeis. Nur an den Uferrändern, zumal in stillen Buchten, in den Altwassern und zwischen den Strombauwerken bildet sich Oberflächeneis. Dieses Eis wird an den Uferrändern Randeis genannt.

Die Grund- und Treibeisbildung geht folgendermaßen vor sich. Hat schon einige Zeit Frostwetter geherrscht, welches das Wasser stark abgekühlt hat, so sinkt beim Eintritt stärkeren Frostes die Temperatur des Wassers äußerst schnell auf 0 Grad C. (= Gefrierpunkt). Dann findet eine sehr schnelle Ausscheidung ungeheuerer Mengen feiner Eisnadeln (Eiskristalle) statt, besonders auf der rauen Flußsohle und an den Uferrändern. Die sich auf dem Grunde festsetzenden und zusammenballenden flockigen Eisklumpen schwimmen auf und treiben flußabwärts; oft sieht man ihnen Sand-, Schlick- und andere Geschiebeteile anhaften, die sie vom Grunde mit heraufbringen. Während des Treibens bildet das von den Flocken des Grundeises eingeschlossene Wasser stille Teiche, die dann glatt als Kerneis zufrieren, eine feste Scholle bildend. Diese Grundeisschollen wachsen durch den Anschluß von weiteren Eisnadeln und Grundeisballen zu größeren Schollen. Bei zunehmender Kälte ist bald der ganze Fluß mit Treibeisschollen bedeckt.

An manchen engen Stellen des Flusses schieben sich die Treibeisschollen dichter zusammen, verlieren dadurch an Geschwindigkeit und kommen schließlich zum Stillstand (Stockung), so daß Eisstand entsteht. Der Eisstand pflanzt sich durch die nachtreibenden Schollen weiter nach oberhalb fort. Die Schollen frieren dann zu einer festen Eisdecke zusammen. Wenn sich der Flußquerschnitt an der Stockungsstelle auch in tieferen Schichten mit Eis versetzt, so spricht man von einer Eisversetzung (Eisverschlag, Eisstopfung).<sup>1)</sup> Dann bildet sich oberhalb der Stockungsstelle zugleich ein Stau, der schließlich so erheblich wird, daß sich das Eis dadurch wieder in Bewegung setzt. Der Stau

<sup>1)</sup> Manche nennen Eisstopfung eine stärkere Eisversetzung; ein bestimmter Unterschied läßt sich aber nicht aufrecht erhalten.

wird um so größer, je dichter die Eisversetzung ist und je tiefer sie hinabreicht. Übrigens geht unter der festen Eisdecke die Entwicklung des Grundeises noch weiter vor sich; es treibt unter der Decke als sog. Schlammeis abwärts und kommt vor Eisversetzungsstellen zum Stillstande. Dort findet man unter der Eisdecke oft tiefere Lagen Schlammeis. Eisversetzungen, die ziemlich bis auf den Grund reichen, nennt man Grundversetzungen.

Diejenigen Stockungsstellen, die bei der Eisbildung zu vorzeitigem Eisstande und zu Eisversetzungen neigen, verursachen oft noch größere Versetzungen beim Eisgang.

Die Beschaffenheit solcher Stockungsstellen ist zwar verschieden; fast immer aber ist die Wasserspiegelbreite dort gering, dabei das Gefälle schwach. Die Vorbedingungen für einen Aufstau bei eintretender Stockung sind aber zunächst nicht gegeben; denn entweder sind im Flußquerschnitte solcher Stellen ungewöhnlich große Tiefen vorhanden (z. B. bei der Loreley am Rhein und an mehreren Stellen der Mosel) oder von dem eigentlichen Flußquerschnitte gehen oberhalb Seitenrinnen ab. Das Wasser kann dann bei eintretender Stockung im ersten Falle hinlanglich unter der Eisdecke hindurch-, im zweiten Falle an ihr vorbeifließt, ohne die nötige Stauwirkung auf den Eispfropfen ausüben zu können. Erheblicherer Stau entsteht dann in der Regel erst, wenn sich die Eisversetzung weiter nach oberhalb fortpflanzt.

Die Wasserflächen, die beim Eintritt des Eisstandes offen bleiben, nennt man Blänken. Sie finden sich z. B. unterhalb einer Versetzungsstelle in der Regel in großer Breite, weil von dort ab das Treibeis ganz frei hat abschwimmen können, ohne Nachschub von oben. Oberhalb der Versetzungsstellen finden sie sich in geringerer Breite. Kleinere Blänken frieren bei anhaltender Kälte allmählich zu.

Frühzeitiger Eisstand ist ein großes Schiffahrtshindernis. Im unteren Laufe mancher Ströme wird daher die Fahrstraße möglichst lange mit Eisbrechdampfern offen gehalten (vergl. Abschn. 21, Ziff. 1).

b) Eisgang. Starke Niederschläge im Oberlauf der Flüsse und Nebenflüsse beschleunigen die Schneeschmelze und führen Anschwellungen herbei. Die Anschwellung bewirkt den Eisaufbruch, indem sie die Eisdecke von den Ufern abhebt. Der Eisaufbruch schreitet mit der Anschwellung flußabwärts fort. Sobald der Eisaufbruch geschieht, geht der Eisgang vor sich. Nach dem Eisaufbruch steigt in der Regel das Wasser schnell weiter. Der Eisgang findet daher unter Umständen auch bei Hochwasser statt. Bisweilen ist die Anschwellung, die den Eisaufbruch hervorruft, aber gering. Dieser Zustand ist oft der schlimmere. An den Stellen, die Stockungen begünstigen, treten dann oft gefährliche Eisversetzungen ein, die in äußerst kurzer Zeit das Wasser oberhalb zu bedeutender Höhe anstauen, bisweilen über die sonst bekannten höchsten Wasserstände hinaus. Dadurch werden dann Deiche und Wohnstätten stark bedroht.

Der durch den Stau entstehende Schub setzt die Eismasse schließlich wieder in Bewegung, so daß das Wasser alsdann wieder überraschend schnell fällt.<sup>1)</sup> Solche Eisversetzungen treten an den dazu geeigneten Stellen entweder dadurch ein, daß die feste Eisdecke nicht weichen will oder dadurch, daß die schon in Bewegung geratene Eisdecke sich wieder stellt. Wo bereits der Eisstand solche Versetzungen vermuten läßt, werden in manchen Flüssen beim Beginn des Tauwetters Eisbrech- oder Eissprengungsarbeiten vorgenommen (darüber vergl. Abschn. 21, Ziff. 1 und 2), manchmal auch bei schon geschehener Eisversetzung zu ihrer Beseitigung.

c) Wasserstände bei Frost- und Eisbewegung. Tritt im ganzen Flußgebiet starker Frost ein, so beginnt der Fluß schnell zu fallen, da sämtliche Zuflüsse vermindert werden. Bei lange anhaltendem, starkem Frost können Niedrigwasserstände eintreten, die niedriger sind als der bekannte niedrigste eisfreie Wasserstand. Diese niedrigsten Frostwasserstände finden beim Stromausbau keine Berücksichtigung. (Sie werden aber bisweilen bei der Tiefe von Winterhäfen berücksichtigt, wenn vermieden werden soll, daß die Schiffe bei starkem Frost trocken fallen.)

Bei Eisstand entsprechen die Wasserstände an einer Flußstelle nicht immer den Angaben der benachbarten Pegel, da in der betreffenden Strecke stellenweise Stau stattfindet. Bei Eistreiben und Eisgang ist dies noch mehr der Fall, da, wie aus dem unter a) und b) gesagten hervorgeht, örtliche Stockungen und Eisversetzungen mitunter sehr erheblichen Stau hervorrufen.

## B. Der Ausbau der schiffbaren Flüsse.

11. Der Zweck des Ausbaues ist die Beförderung der Schiffbarkeit und ihre dauernde Erhaltung.<sup>2)</sup>

Ein Hauptfordernis für die Schiffbarkeit ist die Herstellung eines möglichst gleichmäßigen, hinreichend tiefen Fahrwassers mit genügender Breite ohne zu starke Krümmungen; wünschenswert ist ferner oft der Ausgleich ungleichmäßiger Gefälle. Zur Erreichung dieser Ziele dienen folgende Hauptmaßnahmen:

<sup>1)</sup> Die Dauer derartiger Versetzungen ist sehr verschieden; sie kann wenige Stunden, aber auch mehrere Tage und Wochen währen, falls nicht ein künstlicher Aufbruch herbeigeführt wird. Eintretender starker Frost verlängert die Dauer noch besonders.

<sup>2)</sup> Außerdem werden dadurch auch Vorteile für die Uferländer erreicht, nämlich: Verbesserung der Vorflut, dauernde Festlegung des Stromlaufes und dadurch Sicherung des Ufereigentumes.

- a) Beseitigung von Flusspaltungen, um die erforderliche Wassermenge in einem Flussarm (dem Schiffsarm) zusammenzuhalten;
- b) Befestigung abbrüchiger Ufer, um das Vertreiben der Abbruchsmassen in die Fahrrinne, auch die allmähliche Verschiebung des Flusslaufes zu verhindern;
- c) Einschränkung zu großer Flussbreiten, um dadurch die Spülkraft des Flusses zu vermehren, eine Vertiefung der Flussohle zu erreichen, Ablagerungen in der Fahrrinne zu verhindern und gegebenenfalls zugleich das Gefälle auszugleichen;
- d) Ermäßigung zu starker Flusskrümmungen, erforderlichenfalls Begradigung durch Ausführung von Durchstichen;
- e) Verbauung zu großer Tiefen (vergl. Ziff. 20).

Zur Durchführung dieser Maßnahmen a) bis e) dienen die Strombauwerke und die erforderlichen Hilfsarbeiten wie Erdarbeiten, Baggierungen, Felssprengungen und Räumungen.

In manchen schiffbaren Flüssen brauchen nicht alle Strecken ausgebaut zu werden, weil sie sich zum Teil in befriedigendem Zustande befinden (z. B. einzelne Strecken der Mosel, der Weser und des Rheins).

**12. Benennung der Strombauwerke.** Man unterscheidet die Strombauwerke nach ihrer Lage zur Stromrichtung allgemein in Querwerke und Längswerke.<sup>1)</sup> Zu den Querwerken gehören die Buhnen und Grundschenkel, zu den Längswerken die Leitwerke und Deckwerke. Sperrdämme (Kupierungen) können je nach ihrer Lage Querwerke oder Längswerke sein. Anderseits unterscheidet man die Strombauwerke in Einschränkungswerke (nämlich solche, die zu große Breiten einschränken, z. B. Buhnen, Leitwerke und diejenigen Deckwerke, die vor dem eigentlichen Ufer vorspringen und Werke, die zu große Tiefen einschränken, z. B. Grundschenkel), ferner in Sperrdämme (Kupierungen), Deckwerke und Uferdeckungen verschiedener Art.

Außer den eigentlichen Strombauwerken sind ferner hier zu nennen Hilfsvorrichtungen verschiedener Art zur Beförderung und Erhaltung der Verlandungen, wie Schlickfänge, Rauschen, Weidenpflanzungen und dergl.

An manchen Flüssen befinden sich auch ausgebauter Leinpfade, die in gewissem Sinne ebenfalls zu den Strombauwerken gerechnet werden.

<sup>1)</sup> Für Längswerke sagt man auch Parallelwerke.

### 13. Normalquerschnitt. Ausbaubreite. Fahrwassertiefe und -breite.<sup>1)</sup>

Die Querschnitte des natürlichen Flußlaufes sind im Verhältnis zu der erforderlichen Fahrwassertiefe meistens zu breit. Die Breiten müssen daher eingeschränkt werden (vergl. Ziff. 8). Kommen aber einige Querschnitte im Flusse vor, die von Natur eine angemessene Breite bei ordnungsmäßiger Fahrwassertiefe und -breite, bei regelmäßiger Sohle und ordnungsmäßigen Ufern haben, so kann man sie als Musterquerschnitte betrachten. Die Querschnitte, die man durch den Ausbau erzielen will, sollen den Musterquerschnitten möglichst nahe kommen; im übrigen werden als Anleitung für die Einschränkung der Breiten Leitquerschnitte (Normalquerschnitte, Normalprofile) aufgestellt und vorgeschrieben, welche nach genaueren Untersuchungen und Berechnungen entworfen werden. Durch ihre Ausführung soll bei mittleren und niedrigen Wasserständen die vorhandene Wassermenge so zusammengehalten werden, daß die Spülkraft des Flusses genügt, um die erstrebte Fahrwassertiefe und -breite zu erzielen (abgesehen von den sonst etwa noch nötigen Hilfsbaggerungen, Räumungen oder Sprengungen) und sie dauernd zu erhalten.

Die Einschränkungswerke (Buhnen, Leitwerke, Deckwerke) werden mit ihren Köpfen und Kronen auf einen mittelwasserartigen Wasserstand gelegt, der besonders vorgeschrieben wird.<sup>2)</sup> Die Ausbaubreite (Normalbreite, Korrektionsbreite) liegt in Höhe dieses Wasserstandes und reicht jederseits von Buhnenkopf zu Buhnenkopf oder vorkommendenfalls vom Buhnenkopf zur Krone des gegenüberliegenden Längswerkes, oder von der Längswerkskrone zur gegenüberliegenden Längswerkskrone, je nach der Art der sich gegenüberliegenden Werke.

In der Regel wird der Leitquerschnitt zunächst als ein einfaches Trapez entworfen und berechnet (vergl.  $a b_2 c_2 d$  in Abb. 221). Hier denkt

<sup>1)</sup> Die folgende Darstellung macht keinen Anspruch auf Wissenschaftlichkeit; der Hauptwert wird auf Anschaulichkeit gelegt.

<sup>2)</sup> In den vorgeschriebenen Jahreszusammenstellungen der Wasserstände heißt dieser Wasserstand „der für die Bauausführungen maßgebende mittlere Wasserstand“.

man sich z. B. Buhnen gegenüberliegend. Die obere Grundlinie  $B$  des Trapezes ist die Ausbaubreite zwischen den Buhnenköpfen. Die Schenkel des Trapezes  $ab_2$  und  $c_2d$  bezeichnen die Neigung der Kopfböschungen, meistens 1:4 bis 1:5. Die untere Grundlinie  $b_2c_2$  ist eine geradlinig gedachte Sohlenlinie, die sich in mittlerer Tiefe  $t_m$  unter M. N. W. oder R. W. (dem angenommenen niedrigen Ausbauwasserstande) befindet. Es wird erwartet, daß durch den Ausbau nach diesem Leitquerschnitte sich möglichst ausbilden und bei einiger Nachhilfe dauernd erhalten wird

- a) in den geraden Strecken: eine vertiefte, etwas schalenförmige Flußsohle ( $b_1ewfc_1$ ), deren kleinste Fahrwassertiefe  $h$  an den Grenzen der geplanten Fahrwasserbreite  $b$  nicht kleiner als die zulässige Mindestfahrtiefe ist;<sup>1)</sup>
- b) in den Krümmungen: desgl. wie zu a), das Fahrwasser aber nicht in der Mitte des Flußbettes, sondern mehr nach der Einbuchtung verschoben (vergl. Abb. 218 und 219, I und III).

Die Fahrwasserbreite  $b$  muß so bemessen sein, daß sich mindestens zwei der breitesten Schiffe des Flusses oder zwei solche Schleppzüge, unter Beachtung der etwa vorhandenen Flußkrümmungen, bequem ausweichen können. Bei einer Schiffsbreite von 8 m wird das Fahrwasser mindestens 20 bis 35 m breit sein müssen, nämlich je nach den vorkommenden Krümmungen, nach der Stärke des Gefälles und der Art des Schiffahrtsbetriebes.

Die Tauchtiefe der Schiffe muß natürlich weniger betragen als die Mindestfahrtiefe, nämlich mindestens 10 bis 20 cm, je nach den vorbezeichneten Umständen.

I. Man nennt diesen Ausbau (nämlich nach dem rechnungsmäßigen gewöhnlichen Trapezquerschnitte  $ab_2c_2d$ ) Mittelwasserausbau, weil die Ausbaubreite  $B$  hauptsächlich nach den mittleren Wasserständen bemessen ist.

Dieser Ausbau hat sich in vielen Flüssen bewährt, namentlich in den schmäleren Flüssen und denjenigen breiteren Flüssen und Strömen, die eine wenig bewegliche Sohle haben (Rhein, Mosel, Weser usw.).

II. Bei breiteren Flüssen und Strömen mit sandiger Sohle dagegen (z. B. an der Elbe und Oder) hat bei niedrigen Wasserständen

<sup>1)</sup> Dies ist im allgemeinen dann erreichbar, wenn die mittlere Tiefe  $t_m$  gleich wird der rechnungsmäßigen mittleren Tiefe. Wenn aber die zulässige Mindestfahrtiefe an den Grenzen der planmäßigen Fahrwasserbreite vorhanden sein soll, muß man in der Fahrwassermitte  $w$  natürlich größere Tiefen haben. Peilt man also im Talwege nur die Mindestfahrtiefe, so ist dies kein Zeichen, daß der Ausbau gelungen ist. An den Rändern des Fahrwassers ist es dann sicher zu flach.

der Ausbau zu I. allein nicht hingereicht, um die Wassermenge so zusammenzuhalten, daß sich eine hinreichende Spülkraft entwickelt, wie sie zur gleichmäßigen Abführung der Sandmassen erforderlich ist. Es bildeten sich vielmehr wandernde Sandbänke, Seichtstellen, besonders in den Übergängen, und der Talweg wanderte in störender Weise hin und her. Daher wurden — und werden noch — vor allen Buhnenköpfen (zum Teil auch vor Längswerken) Kopfschwellen, Stromschwellen oder sog. Vorlagen vorgelegt, die den Flußquerschnitt auch bei niedrigen Wasserständen in der Breite angemessen beschränken. Bei den Übergängen (Überschlägen) wird auf diese Beschränkung noch ganz besonders hingewirkt. Man nennt solche Ausbauweise Niedrigwasserausbau, weil sie auch bei niedrigen Wasserständen sicher wirksam ist. In Abb. 221 sind solche Kopfschwellenlagen durch die punktierten Linien  $a_1e$  und  $d_1f$  angedeutet.

Anm. Der Einfachheit wegen geht man neuerdings auch dazu über, lieber die Buhnenköpfe selbst sehr flach abzuböschen, anstatt 1:4 also etwa 1:10 bis 1:20, so daß sie nur eine geringe Sohlenbreite frei lassen, in welcher dem Fahrwasser der Weg dann fest vorgeschrieben werden kann, so z. B. streckenweise an der Weser (Münden—Carlshafen), an der Oder in der geplanten Probestrecke oberhalb Krossen.

Der Niedrigwasserausbau wird in der Regel als Nachtragsausbau (Nachregulierung) in Flußstrecken ausgeführt, in denen der hergestellte Mittelwasserausbau sich noch nicht genügend wirksam gezeigt hat. Die erwähnten Zutaten zu dem Mittelwasserausbau wie Kopfschwellen, Stromschwellen und Vorlagen sind bei manchen Flüssen aber auch aushilfsweise in Gebrauch, ohne daß gerade durchgehend ein Niedrigwasserausbau stattfindet, nämlich zur Sicherung von gefährdeten Buhnenköpfen und Längswerken gegen Unterspülung, zur Ablenkung des Stromstriches von den Einbuchtungen, zur Vertiefung einzelner Übergänge u. dgl.

Die Ausbaubreite in einem Flusse oder Strome nimmt von oben nach unterhalb in der Regel absatzweise zu entsprechend der größeren Wassermenge, die bedeutendere Nebenflüsse zuführen. Die Ausbaubreite bleibt aber immerhin auf einer längeren Flußstrecke dieselbe, es sei denn, daß in dieser Strecke einzelne besonders starke Gefälle (Stromschnellen) vorkommen. Es leuchtet ein, daß an solchen Gefällstellen die Ausbaubreite im Vergleich zu der Breite der durchgehenden Flußstrecke noch besonders eingeschränkt werden muß, um dieselbe Tiefe zu erzielen (Mosel, Weser).

Ist z. B. die Ausbaubreite der längeren durchgehenden Flußstrecke =  $B$ , die zu erzielende mittlere Tiefe =  $t$ , die mäßige mittlere Geschwindigkeit entsprechend dem durchgehenden, mäßigen Stromgefälle =  $v$ , die bedeutende mittlere Geschwindigkeit in der Stromschnelle aber =  $v^t$ , die Wassermenge =  $Q$ , und nennt

man die zu findende Ausbaubreite in der Stromschnelle =  $x$ , so kann man gemäß Ziff. 8 setzen:

$$Q = B \cdot t \cdot v = x \cdot t \cdot v^1;$$

$$\text{dann ist also } x = B \frac{v}{v^1}.$$

Da  $\frac{v}{v^1}$  ein echter Bruch ist, so muß  $x$  kleiner als  $B$  werden und zwar um so kleiner, je größer  $v^1$  im Vergleich zu  $v$  ist, d. h. je größer das Gefälle in der Stromschnelle ist. So wechseln denn die Ausbaubreiten in Gebirgsflüssen sehr stark nach den einzelnen Gefällen.

Streng genommen müßte die Ausbaubreite kleiner gemacht werden in den Strecken, in welchen Buhnen nicht Buhnen, sondern Längswerken gegenüberliegen, oder wo nur Längswerke sich gegenüberliegen, weil diese, entsprechend ihrer meist steileren Böschung, einen größeren Flußquerschnitt ergeben als gegenüberliegende Buhnen; jedoch geschieht dies in der Regel nicht, da Längswerke in ihrer Geschlossenheit auch wieder wirksamer sind als die Buhnen mit ihren Zwischenräumen; erforderlichenfalls legt man vor die Längswerke Stromschwellen. In neuerer Zeit wird auch manchen Längswerken eine sehr flache Böschung gegeben (1:4 bis 1:5).

Die Ausbaubreite zwischen den Mittelwasser-Streichlinien (vergl. Ziff. 14) beträgt bei folgenden preußischen Flüssen:

Rhein: Bingen bis St. Goar 230 m, St. Goar bis zur Siegmündung 280 m, Siegmündung bis Emmerich 300 m, unterhalb Emmerich 340 m;

Weser: Münden bis Carlshafen 42 bis 61 m, Carlshafen bis zur Allermündung 50 bis 70 m, Allermündung bis zur Eytermündung 103 m, unterhalb der Eytermündung 112 m;

Elbe: sächsisch-preußische Grenze bis zur Schwarzen Elstermündung 100 m, Schwarze Elstermündung bis zur preußisch-anhaltischen Grenze 110 m, preußisch-anhaltische Grenze bis zur Mulde 130 m, Mulde bis zur Saale 150 m, Saale bis zum Tanger 170 m, Tanger bis zur Havel 188 m, Havel bis zum Aland 226 m, Aland bis zur Elde 245 m, Elde bis zur Jeetzel 257 m, Jeetzel bis zur Sude 271 m, Sude bis zur preußisch-mecklenburgischen Grenze 282,5 m, von dort bis Geesthacht 289,5 m, von Geesthacht bis zur Seeve 313 m;

Havel: von Spandau bis Vehlgast oberhalb Havelberg 55 m,<sup>1)</sup> von dort bis zur Mündung 60 m;

Oder: Glatzer Neiße bis zur Weistritz (also oberhalb und unmittelbar unterhalb Breslau) 83 m, Weistritz bis zur Katzbach 87 m, Katzbach bis zur schlesisch-brandenburgischen Grenze 94 m, von dort bis zur Obra 110 m, Obra bis zum Bober 120 m, Bober bis zur Lausitzer Neiße sich erweiternd auf 140 m, Lausitzer Neiße bis zur Warthe 150 m, Warthe bis Niedersaathen 188 m;<sup>2)</sup>

Warthe: von Posen bis zur Oder 60 m;

<sup>1)</sup> Ausgenommen sind die Seenstrecken, die bedeutend größere Breiten haben.

<sup>2)</sup> Innerhalb der mitgeteilten Strecken gibt es einzelne Abweichungen.

Weichsel: Landesgrenze bis zur Drewenzmündung 300 m, Drewenzmündung bis zur Montauer Spitze (Abzweigung der Nogat) 375 m, dann für die geteilte Weichsel 250 m, für die Nogat 125 m;

Memel: Landesgrenze bis zur Szeszuppermündung 170 m, von dort bis zur Teilung in Ruß und Gilge 185 m, Ruß 180 m, Gilge 45 m.

Die planmäßige Mindestfahrtiefe beträgt:

Rhein: bei M. N. W.: Bingen—St. Goar 2,0 m, St. Goar—Köln 2,5 m, bei Köln und abwärts bis ins Meer 3,0 m;

Weser: bei N. W.: Münden—Carlshafen 0,8 m, Carlshafen—Minden 1,0 m, Minden—Bremen 1,25 m;

Elbe: bei N. W.: 0,94 m;

Havel: bei N. W.: 1,50 m, unterhalb Rathenow 1,25;

Oder: bei R. W.: 1,0 m;

Warthe: bei M. N. W.: 1,0 m;<sup>1)</sup>

Weichsel: bei M. N. W.: 1,67 m bis Rothebude, von dort 1,93 m;

Memel: bei N. W.: 1,40 m, Gilge 1,25 m.

Anm. Die Bedeutung der erwähnten Niedrigwasserstände nach den maßgebenden Pegeln erfährt der Stromaufsichtsbeamte von seiner Verwaltung.

**14. Allgemeine Anordnung der Strombauwerke. Streichlinien** (Abb. 222 und 223).<sup>2)</sup> In die Stromkarten werden Richtlinien für die Strombauwerke eingetragen, die die Ausbaubreite begrenzen. Diese Linien nennt man Streichlinien (Korrektionslinien). Meistens werden sie rot punktiert. Sie bezeichnen gewissermaßen die Kanten der neuen Ufer, die durch den Ausbau gebildet werden sollen. Im ausgebauten Flusse gibt es also zwei Streichlinien, die rechte und die linke. Die Wasserfläche zwischen den Streichlinien nennt man die Schiffahrtsrinne oder Schiffahrtsstraße.<sup>3)</sup> Die Streichlinien berühren die Vorderkante der Buhnenkronen oder die Vorderkante der Längswerkskronen und liegen in der Höhe des für den Ausbau maßgebenden mittleren Wasserstandes.

Wo keine Einschränkungswerke angeordnet sind, berühren die Streichlinien das Ufer oder liegen wenig wasser- oder landwärts von ihm. Die Buhnen werden schräg stromauf gerichtet zur Streichlinie gelegt, mit dieser einen Winkel von 70 bis 80° bildend. Die Gründe für diese Anordnung sind unter Ziff. 16 näher ausgeführt. In welchen Fällen Buhnen und in welchen Längswerke (Leitwerke oder vorstehende Deckwerke) angeordnet werden, lässt sich allgemein nicht sagen, da es von der Örtlichkeit abhängt, besonders auch von den

<sup>1)</sup> Diese Tiefe ist von Posen bis zur Netzemündung noch nicht erreicht.

<sup>2)</sup> Abb. 222 ist in freier Weise von einer Stromkarte der Memel, Abb. 223 von einer solchen der Elbe entnommen, letztere aber für den vorliegenden Zweck etwas verändert worden.

<sup>3)</sup> Nicht zu verwechseln mit Fahrinne oder Fahrwasser (vergl. Ziff. 13), das nur ein Teil der Schiffahrtsrinne ist.

vorhandenen Tiefen an der Streichlinie und den sich daraus ergebenden Kosten der Werke.

Hinsichtlich der Wasser- und Sinkstoffbewegung und hinsichtlich der Bequemlichkeit für die Schiffahrt ist folgende Anordnung im allgemeinen zweckmäßig:

- a) in gekrümmten Flußstrecken an der vorspringenden Seite Buhnen, an der einbuchtenden Seite Längswerke (Deckwerke oder Leitwerke) (vergl. Abb. 222);
- b) in geraden oder annähernd geraden Strecken an beiden Seiten Buhnen.

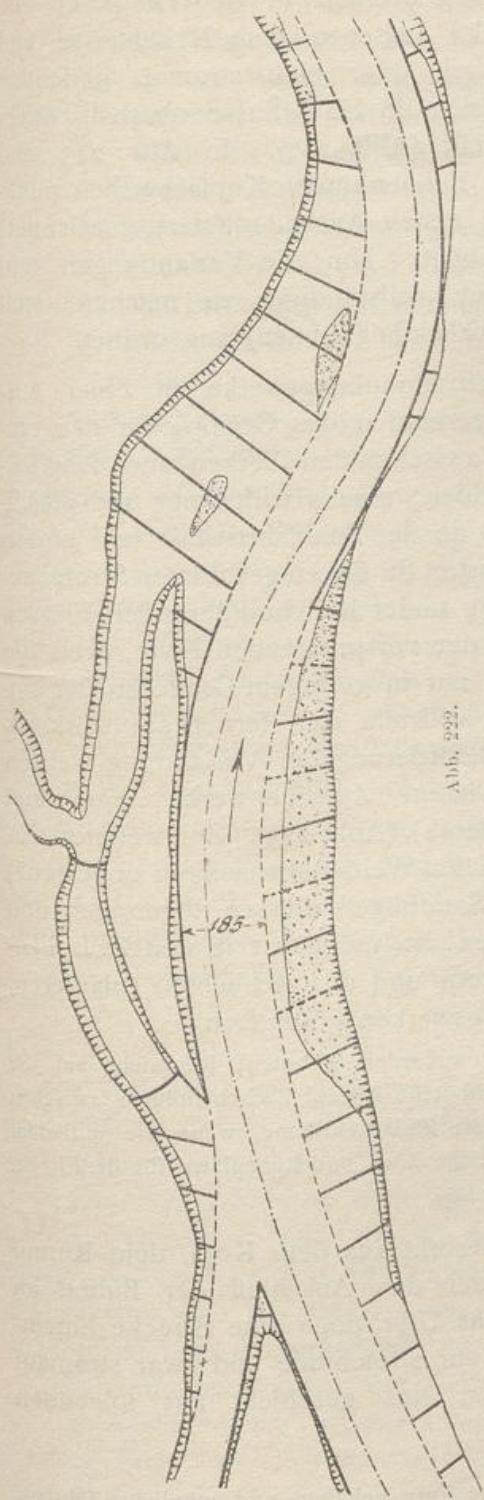
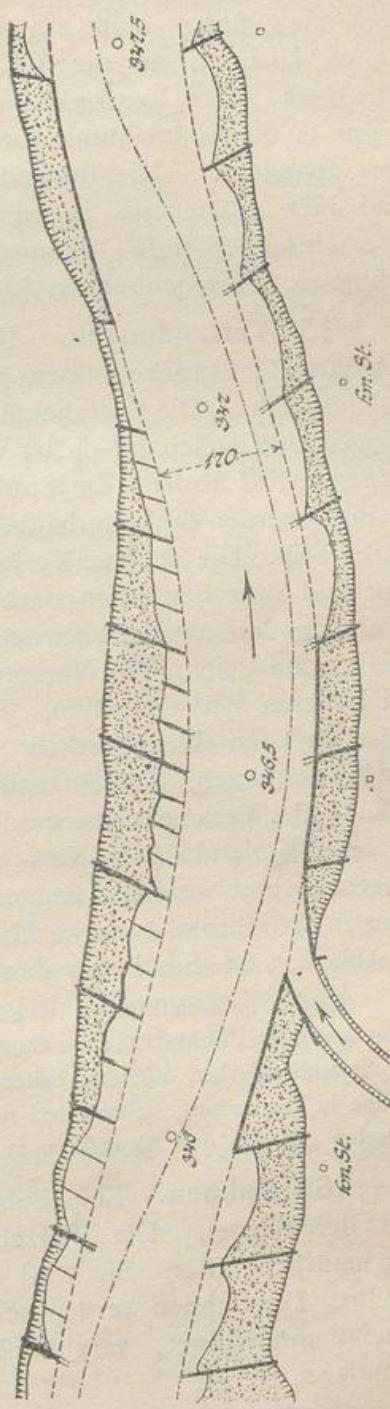
Im allgemeinen überwiegt an allen preußischen Flüssen und Strömen der Buhnenausbau. Längswerke werden mehr von Fall zu Fall unter besonderen Umständen angewendet, Leitwerke und vorgeschoßene Deckwerke z. B. zur nachträglichen Verbindung der Buhnenköpfe längs der Streichlinie zwecks Herbeiführung einer gleichmäßigeren Strömung (vergl. Abb. 223); Leitwerke ferner, wenn das Ufer hinter der Streichlinie weitbuchtend zurückweicht und niedrig ist, so daß Buhnen keinen Anschluß gewinnen würden, auch da, wo breitere Altwasser und Lachen mit dem Flußlaufe in Verbindung stehen u. dergl. (vergl. Abb. 224 I bis V).

Für die Anwendung der Buhnen gelten an manchen Strömen gewisse Regeln; z. B. zwei benachbarte Buhnen sollen, längs der Streichlinie gemessen, nicht weiter voneinander entfernt sein, als die Buhnenlänge von der Streichlinie bis zum Ufer beträgt (Weichsel, Elbe); ferner auch: die Buhnenentfernung soll gleich der Ausbaubreite sein (Oder). Bei kleineren Flüssen treffen solche Regeln weniger zu.

In Einbuchtungen müssen die Buhnen möglichst enger liegen als in den geraden Strecken. Ist beim ersten Ausbau die Entfernung der Buhnen sehr weit bemessen, so wird es später oft nötig, Zwischenbuhnen einzulegen (s. die punktierten Buhnen in Abb. 222). Sind in den Einbuchtungen Buhnen angelegt, so wird es bei vorhandener starker Strömung, wie erwähnt, öfters nötig, die Buhnenköpfe durch Leitwerke oder vorgeschoßene Deckwerke zu verbinden, um den Schiffen eine ruhige ungefährliche Fahrt zu sichern (Abb. 223).

Sind an beiden Ufern Buhnen angeordnet, so müssen sie mit ihren Köpfen möglichst genau gegenüberliegen, d. h. so, daß die verlängerten Mittellinien zweier gegenüberliegenden Buhnen sich in einem Punkte der Mittellinie zwischen den Streichlinien schneiden.

Die Strombauwerke einer Flußstrecke an jedem Ufer werden mit fortlaufenden Nummern versehen. Die Anzahl der Buhnen, die zwischen zwei natürlichen Abschnitten liegen (z. B. zwischen zwei vorspringenden Uferstellen, die von der Streichlinie berührt werden), nennt man eine Buhnengruppe (Buhnenystem).

Abb. 222.  
Strombau.Abb. 223.  
Strombau.

Wo ein Nebenfluß in den Flußlauf mündet, muß die Mündung des Nebenflusses in spitzem Winkel stromab in den Hauptfluß eingeführt werden. Die Mündungsecke zwischen dem Nebenflusse und dem Hauptflusse muß ein Leitwerk oder eine stromab gerichtete Buhne erhalten, an deren Kopf sich im Hauptflusse oberhalb öfters ein Deck- oder Leitwerk anschließt (Abb. 223). In Abb. 223 sind rechts in der Einbuchtung vor den Buhnenköpfen Kopfschwellen punktiert angegedeutet. Die Buhnen des ersten Ausbaues (stark gezeichnet) sind hier größtenteils schon verlandet. Um die Verlandungen und ihre einschränkende Wirkung noch vollständiger zu machen, sind schmalere Zwischenbuhnen (sog. Schlickfangbuhnen) angeordnet.

**15. Verlandungen.** Die Einschränkungswerke in einer ausgebauten Flußstrecke bilden gewissermaßen das Gerippe für neu entstehende Ufer. Die Zwischenräume zwischen den Werken und dem bisherigen Ufer sollen möglichst verlanden; um so wirksamer und gleichmäßiger wird alsdann die Strömung in der Schiffahrtsrinne und um so geringer werden die Unterhaltungskosten für die eingelandeten Strombauwerke sein. Die stärkste Verlandung findet bei sandführenden Flüssen statt und zwar besonders stark an der vorspringenden Seite, weil die Strömung dort am schwächsten ist, nur in geringem Grade an der einbuchtenden Seite. Die Verlandung vollzieht sich ferner am stärksten bei höheren Wasserständen. Zur Beförderung der Verlandung werden zwischen den Hauptwerken oft billige Zwischenwerke angeordnet (Zwischenbuhnen, Schlickfänge u. dergl.) (Abb. 223). Zur weiteren Erhöhung der Verlandungen werden häufig Weidenpflanzungen angelegt.<sup>1)</sup> Zu hohe Verlandungen (Kies- und Sandhügel) müssen abgetragen und eingeschlichtet werden. Baggerboden ist möglichst in den Zwischenräumen der Strombauwerke abzulagern und einzuschlichten (planieren, in Abb. 223 ist dies hinter den Längswerken geschehen).

In den meisten Flüssen ist es aber außerdem geboten, Rücksicht auf die Interessen der Fischzucht zu nehmen und eine Anzahl Zwischenräume zwischen den Strombauwerken offen zu halten. Diese Zwischenräume, wenn sie mit dem Strome in Verbindung stehen, sind wesentliche Brut- und Ruheplätze für die Fische. Dasselbe gilt von den Altwässern und Lachen.

**16. Buhnen.** Eine Buhne besteht aus dem Kopf, dem Rumpf und der Wurzel. Die Wurzel bildet den Anschluß der Buhne an das natürliche Ufer. Sie wird in das Ufer noch eine Strecke hineingeführt. Die Buhnen werden schräg zur Streichlinie und zwar stromauf geneigt angeordnet, vergl. Ziff. 14. Dies geschieht aus folgenden Gründen:

<sup>1)</sup> Die Weiden müssen jedoch stets kurz gehalten und möglichst jährlich geschnitten werden, weil sie sonst zu hohe Sandablagerungen und daneben Ausrisse befördern, auch die Abführung des Hochwassers behindern.

- a) Wenn die Buhnenkrone überströmt wird, ist in diesem Falle der Stoß des überströmenden Wassers nicht dem Ufer zugewendet, sondern von ihm abgewendet. Das Ufer an der Wurzel und diese selbst wird dann weniger angegriffen als bei einer anderen Anordnung (nämlich als wenn die Buhne senkrecht zur Streichlinie oder stromab-geneigt angeordnet wäre);
- b) die Zwischenräume zwischen den Buhnen verlanden so besser als bei einer anderen Anordnung;
- c) die Strömung am Kopfe führt so am wenigsten zu Verwildungen in der Fahrinne und Auskolkungen am Kopfe.

Die Buhnenkrone steigt vom Kopf nach der Wurzel an, damit die Strömung, bei überströmter Buhne, mehr nach der Schiffahrtsrinne hin gedrängt wird, die Buhnenwurzel also die geringere Überströmung erfährt. Das Steigungsverhältnis ist verschieden.

In schmaleren Flüssen ist die Steigung steiler (etwa 1:20 bis 1:50), in breiteren flacher, z. B. an der Oder etwa 1:50, an der Elbe 1:100 und am Rhein 1:200. Dies ergibt sich aus der Kürze der Buhnen bei schmalen Flüssen und der größeren Länge der Buhnen bei breiteren Flüssen, während in beiden Fällen die Höhe des natürlichen Ufers, an welche die Buhnenwurzel Anschluß gewinnt, im Verhältnis zur Mittelwasser-, also Buhnenkopfhöhe nicht so verschieden ist.

Ist das Ufer erheblich höher als die nach der üblichen Steigung sich ergebende Wurzelhöhe, so wird öfters als Übergang vom Ufer nach der Buhne auf kürzerer Strecke eine stärkere Kronenneigung eingelebt (z. B. 1:6 bis 1:10), um die Wurzel und das Ufer bei höherem Wasser besser gegen Strömung und Ausrisse zu sichern.

Die Kronenbreite der Buhnen beträgt am Rhein und an den Märkischen Wasserstraßen 2 m, an der mittleren und unteren Weser 2,40 m, an der Elbe und Oder 2,5 m, an der Nogat (einem Mündungsarm der Weichsel) 3 m, an der Memel 3,5 m, an der Weichsel 4 m. An der Mosel beträgt die Kronenbreite nur 1,25 m, an der oberen Weser 1 bis 1,20 m.

In manchen Flüssen wird die Buhnenkrone (im Querschnitt betrachtet) abgerundet, oder die Kronenkanten werden wenigstens gebrochen, entweder beide Kronenkanten (Mosel, Rhein) oder die an der Unterstromseite (Weichsel), um dem überstürzenden Wasser und dem Eise weniger Angriffspunkte zu bieten.

Die Seitenböschungen der Buhne betragen bei Packwerkbuhnen 1:1, bei Steinbuhnen 1:1,5 bis 1:2, und zwar bei diesen die steilere Böschung meist an der Oberstromseite, die flachere an der Unterstromseite.

Der Buhnenkopf erhält eine flache Vorderböschung zur Einschränkung der Wirbelbildung 1:4 bis 1:5.

Bei Steinbuhnen ist meistens ringsherum, also jederseits und am Kopf eine wagerechte Berme (Bankett) üblich, die etwa 0,5 bis 1 m unter M. W. liegt. Die Buhne zerfällt dann in den Unterbau von der Berme bis zur Flussohle, und den Oberbau von der Berme bis zur Krone.

Da bei sandiger Stromsohle die Buhnenköpfe trotz flacher Böschung noch gefährdet sind, wird bei größeren Tiefen den Köpfen

ein breiterer, vorn und seitlich vor dem Kopfe vorspringender Unterbau von Sinkstücken oder Senkfaschinennlagen gegeben, der die Stromsohle gegen Abspülung deckt.

Senkfaschinensind zu diesem Zwecke im allgemeinen üblich an der Elbe und am Niederrhein, an den anderen Strömen Sinkstücke.

Weiteres über den Bau der Buhnen findet sich in Ziff. 23 bis 32 und Ziff. 37.

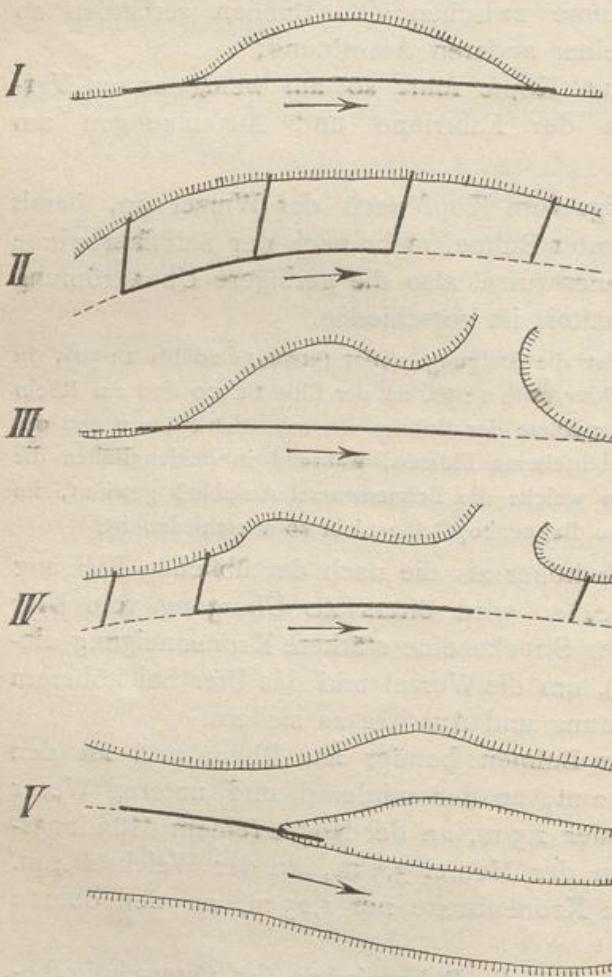


Abb. 224.

oder nur unten Anschluß und enden auf der anderen Seite frei in einem Kopfe (s. III bis V). Solche Leitwerke finden sich u. a. auch an der Spitze von Inseln (s. V). Sie haben hier den Zweck, den Schiffahrtsarm auf größerer Länge von dem Nebenarm zu scheiden, und zwar sowohl an der oberen wie an der unteren Inselspitze; man nennt sie dann Trennungswerke (Separationswerke).

<sup>1)</sup> Größere Leitwerke werden am Rhein „Richtwerke“ genannt. An anderen Strömen sagt man für Leitwerk „Leitdamm“.

Selten haben Leitwerke gar keinen Anschluß. Solche Fälle kommen jedoch auch vor, z. B. im Rhein zur Scheidung zweier Fahrwasser.

Die Kronenbreite der Leitwerke beträgt meistens so viel wie die Kronenbreite der in demselben Flusse üblichen Buhnen, bisweilen auch mehr. Vorderböschung bei Packwerksbau (mit Steinbeschüttung) mindestens 1:1,5, bei Steinbau 1:2, in neuerer Zeit aber in beiden Fällen auch flacher, bis 1:5.

Weiteres über den Bau der Leitwerke siehe in Ziff. 23 u. folg. und Ziff. 38.

Tritt der Stromstrich nahe an ein Leitwerk heran, und finden sich dort große Tiefen, so werden in gewissen Zwischenräumen (30 bis 40 m und mehr) Stromschwellen vor dem Leitwerk angeordnet.

Um die Zwischenräume zwischen einem Leitwerk und dem Ufer leichter zur Verlandung zu bringen und die Hinterströmung zu verhindern, werden in gewissen Entfernungen Querwerke (Traversen) angeordnet, deren Kronenneigung, Querschnitt und Uferanschluß denjenigen einer Buhne gleichen (Abb. 222); oder sie werden in leichterer Bauart als sog. Schlickfänge angelegt. Sind die einzelnen hierdurch entstehenden Felder noch nicht verlandet und sollen sie der Fischzucht erhalten bleiben, so werden, wenn es den Bestand der Leitwerke nicht gefährdet, Durchlässe oder Mulden für den Durchzug der Fischbrut in dem Leitwerke angebracht.

**18. Deckwerke.** Die Deckwerke liegen entweder dicht vor dem abbrüchigen Ufer und heißen dann anliegende Deckwerke (Abb. 222, links an der Insel); oder sie sind, falls die Streichlinie vom Ufer weiter abliegt, bis an die Streichlinie vorgerückt, nachdem zwischen dieser und dem Ufer eine Kies- oder Sandanschüttung hergestellt ist (Abb. 223 links); man nennt sie dann vorgeschoebene Deckwerke. Solche Deckwerke werden z. B. planmäßig an der Elbe in den Einbuchtungen (auch selbst zwischen Buhnen) ausgeführt. (Leitwerke, die nachträglich bis zum Ufer hinterfüllt sind, sind ebenfalls als vorgeschoebene Deckwerke zu betrachten.)

Die Ausführung der Deckwerke und ihre Gestaltung sind sehr verschieden. Weiteres darüber siehe bei den einzelnen Flüssen, Ziff. 23 bis 32 und Ziff. 39.

Deckwerke können zugleich als Anlege- und Ladestellen für Schiffe ausgebildet werden.

Tritt der Stromstrich nahe an ein Deckwerk heran und finden sich dort große Tiefen vor, so werden in gewissen Zwischenräumen wie bei Leitwerken Stromschwellen angeordnet.

**19. Sperrdämme** (Kupierungen). Sie werden zur Absperrung der Seitenarme ausgeführt. Sie liegen entweder längs zur Stromrichtung des Hauptflusses, dann zugleich als Leitwerk dienend und

somit meistens schief zur Richtung des Nebenarmes, oder rechtwinklig zur Richtung des letzteren in diesem selbst (Abb. 222). Sie werden ebenso wie die Leitwerke und Buhnen mit ihrer Krone meistens etwa auf Mittelwasserhöhe gelegt. Bei höheren Wasserständen findet ein Übersturz über den Sperrdamm statt. Die Sperrdammkronen müssen daher immer gut befestigt werden. Es gibt auch Sperrdämme, deren Krone stets unter Wasser bleibt; sie sind dann eine Art Grundschwelle. Ist der Übersturz erheblich, so muß der Sperrdamm unterhalb ein Sturzbett erhalten (von Steinpackung auf Sinkstücken und dergl.). Es empfiehlt sich, den Sperrdamm in seiner Längslinie nach oberstrom gekrümmt anzulegen, so daß dann also die Uferanschlüsse schräg stromauf liegen, wie bei einer Buhne. Dadurch wird auch hier der Übersturz besser vom Ufer abgewiesen (Abb. 222). Zur Ermäßigung des Übersturzes sind in dem Nebenarm oft mehrere Sperrdämme in bestimmten Entfernungen voneinander angelegt, damit das Übersturzgefälle auf die einzelnen Sperrdämme gleichmäßig verteilt und so namentlich für den oberen Sperrdamm geringer wird (Abb. 222). Der Querschnitt der Sperrdämme ist demjenigen der Leitwerke ähnlich, die Krone ist aber meistens breiter als bei jenen, die Unterstromböschung erheblich flacher als die Oberstromböschung. Die Krone muß nach den Ufern möglichst höher gezogen werden, um diese gegen Ausrisse besser zu sichern. Die Uferanschlüsse erhalten aus diesem Grunde öfters auch Flügel.

Weiteres über Sperrdämme findet sich unter Ziff. 23 und folgende und in Ziff. 40.

## 20. Grundswellen.

a) Sie dienen zum Verbauen zu großer Tiefen, oft in Breite der ganzen Flusssohle. Sie liegen meistens quer zur Streichlinie zwischen den Einschränkungswerken, besonders zwischen gegenüberliegenden Buhnen. Ihre Krone kommt höchstens etwa in die Höhe der rechnungsmäßigen mittleren Sohlentiefe zu liegen (Mosel), also tiefer als die Mindestfahrtiefe.<sup>1)</sup> Mehrere in Abständen aufeinanderfolgende Grundswellen stellen eine künstlich gehobene Flusssohle dar. Eine solche Sohlen erhöhung wird öfter in Strecken mit unregelmäßigem Gefälle angewendet, um es auszugleichen. Dies trifft z. B. zu, wenn unterhalb einer Stromschnelle, infolge großer Tiefen, ein schwaches Gefälle vorhanden ist (Abb. 225). Die Hebung der Sohle in diesen Tiefen durch Grundswellen bewirkt dann eine Hebung des Wasserspiegels, so daß das Gefälle in der Tiefstrecke verstärkt und oberhalb in der Stromschnelle ermäßigt wird; das ganze Gefälle wird also dadurch aus-

<sup>1)</sup> Dies ist auch deshalb nötig, damit sich nicht bei jeder Grundschielle ein Überfall bemerkbar macht; in Flüssen mit starken Gefällen ist dies ohnehin leicht der Fall (Mosel).

geglichen. Wird der Sohlenrücken der Stromschnelle, wie dies häufig zutrifft, zugleich noch weggebaggert, so senkt sich dort der Wasserspiegel, und der Gefällausgleich gelingt um so besser, vergl. Abb. 225. Die Linie des ausgeglichenen Gefälles ist dort punktiert eingetragen, desgleichen die geplante Ausbausohle. Gefällausgleiche durch Grundschenken sind in der Mosel und in der Weser mehrfach mit Erfolg ausgeführt worden.<sup>1)</sup>

b) Grundschenken dienen ferner zur Verbauung zu großer Tiefen an der einbuchtenden Seite. Diese bewirken nämlich häufig eine

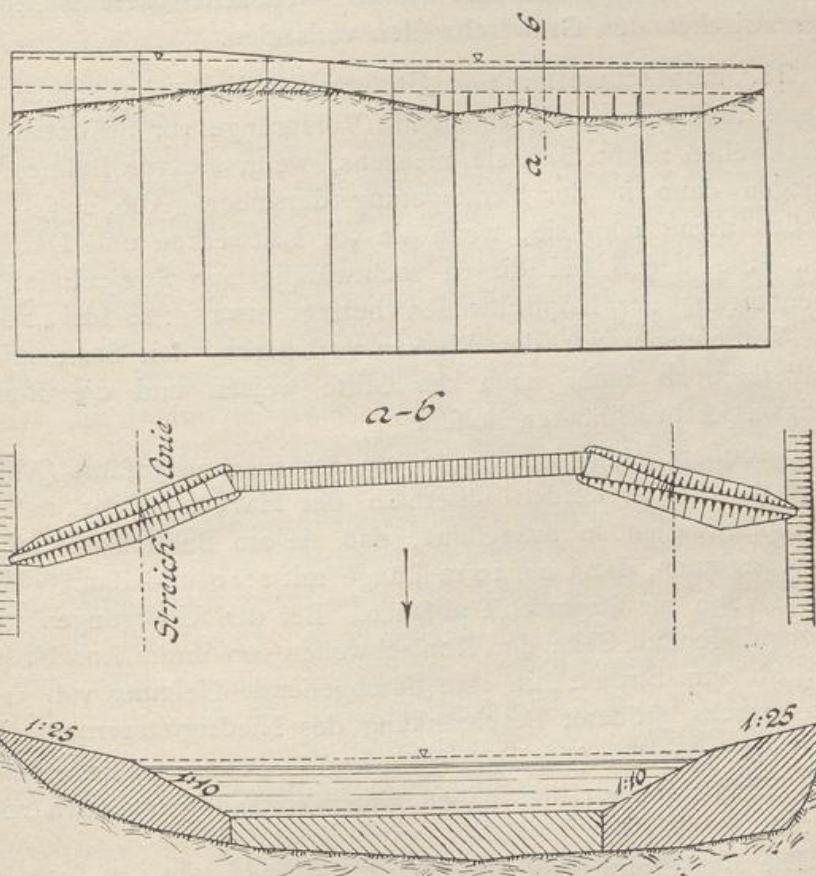


Abb. 225.

fortschreitende Verflachung auf der vorspringenden Seite und somit Verschmälerung der Fahrrinne. Durch Verbauen dieser Tiefen mit Grundschenken wird die Strömung an der vorspringenden Seite wieder vermehrt und der vorspringende Grund abgetrieben.

Die Kronenbreite und die Seitenböschungen der Grundschenken richten sich nach der Bauart (Steine oder Senkfaschinen). Grund-

<sup>1)</sup> Die Abb. 225 ist von der Weser in der Strecke Münden—Carlshafen frei entlehnt.

schwellen aus Steinschüttung erhalten in der Regel eine Kronenbreite von 2 m (in kleinen Flüssen 1 m), die Unterstromböschung wird 1:2 bis 1:4, die Oberstromböschung 1:1 bis 1:2. Die Grundschenkel lassen man von der Fahrwasserkante nach dem Ufer oder zum Anschluß an die Werke zweckmäßig ansteigen, etwa 1:6 bis 1:20. Grundschenkel aus Senkfaschinen erhalten eine breitere Krone je nach der üblichen Länge der Senkfaschinen. Grundschenkel sind nicht allein dem Stromangriffe des Wassers ausgesetzt, sondern bei Eisgängen auch dem des Eises, falls Versetzungen vorkommen. Also auch danach richtet sich ihre Stärke. Wünschenswert ist, daß die Felder zwischen den Grundschenkel verlanden.

**21. Kopfschwellen und Stromschwellen** sind unter Wasser liegende, meist nasenartig abfallende Vorsprünge vor Strombauwerken. Kopfschwellen nennt man sie meistens, wenn sie vor Buhnen liegen; sie liegen dann in der Verlängerung derselben (Abb. 223). Stromschwellen nennt man sie, wenn sie vor Leitwerken und Deckwerken liegen. Sie liegen bei diesen rechtwinklig zur Streichlinie.<sup>1)</sup> Die Kronenneigung der Kopfschwellen beträgt etwa 1:10 bis 1:20. Sie sollen Vertiefungen vor den Werken vorbeugen, den Stromstrich von den Werken ab mehr nach der Mitte weisen und die Breite bei Niedrigwasser beschränken helfen.

Besonders häufig werden sie an der Elbe ausgeführt (Abb. 235). An diesem Strome werden unterhalb der Havelmündung in neuerer Zeit Kopfschwellen so ausgeführt, daß sie am Buhnenkopf auf N. W. liegend beginnen, dann auf 10 m Länge mit 1:10 und dann weiter mit 1:20 bis 1:30 zur Stromsohle abfallen. Bei den Übergängen wird auf der vorspringenden Seite den Kopfschwellen von ihrem Anschlusse (auf N. W.) ab zum Strome hin eine durchgehende Neigung von 1:20 gegeben zwecks größerer Beschränkung des Niedrigwasserquerschnittes.

Stromschwellen (vor Leitwerken und Deckwerken) liegen meistens in den Einbuchtungen und haben eine Kronenneigung etwa von 1:4 bis 1:10.

Die Ausführungsweise der Kopf- und Stromschwellen ist ähnlich wie die der Grundschenkel.

Die Kopfschwellen nennt man an der Oder Vorlagen (Abb. 239). Sie bestehen hier aus einem Körper von Sinkstücken oder von mit Steinen beschwertem Packwerk (starke Sinklage), der vor den Buhnenköpfen vorgebaut und mit der Krone auf N. W. gelegt wird, je nach Vorschrift 20 bis 30 m lang zu dem Zweck, die Niedrigwasserbreite des Flußquerschnittes zu beschränken.

<sup>1)</sup> An manchen Flüssen wird ein scharfer Unterschied in den Bezeichnungen Kopfschwellen, Stromschwellen und Grundschenkel nicht gemacht und dafür allgemein der Ausdruck Grundschielle gebraucht.

Die Vorlage erhält möglichst eine Vorderböschung an ihrem Kopfe von 1:5; sie ist dort mindestens 10 m breit.

**22. Leinpfade** (Abb. 226). Ausgebaute Leinpfade, besonders für Pferdezug, finden sich zumeist an Gebirgsflüssen. Sie liegen etwa 0,30 bis 0,50 m über dem höchsten schiffbaren Wasserstande. Man nennt Leinpfade in dieser Höhe auch Winterleinpfade (s. I). Wo diese Leinpfade von der Niedrigwasser-Fahrinne zu weit abliegen, z. B. infolge

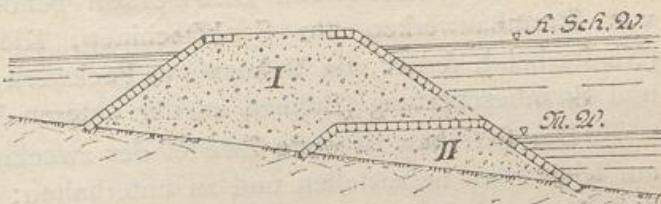


Abb. 226.

von weit vortretenden Buhnen oder Kiesbänken, sind außerdem Zweigleinpfade vorhanden, die sich näher dem Fahrwasser hinziehen (bisweilen auch die Buhnen kreuzen). Diese Zweigstrecken sind, weil im Flußquerschnitt liegend, niedriger als die Winterleinpfade (höchstens etwa 0,50 m über M. W.). Man nennt solche Leinpfadstrecken Sommerleinpfade, weil sie hauptsächlich nur im Sommer, d. i. bei mittleren und niedrigen Wasserständen benutzbar und nötig sind (s. II).

Da die Sommerleinpfade längere Zeit auch überströmt werden, müssen ihre Kronen und Böschungen gepflastert sein; ihr Körper besteht aus Kies oder schwerem Steinschutt. Die Winterleinpfade, soweit sie auf künstlichen Dämmen liegen, sind ebenso gebaut, jedoch kann ihre Krone auch ohne durchgehendes Pflaster, aber mit Kies oder schwerem Steinschutt zwischen 0,5 bis 0,6 m breitem Randpflaster befestigt sein. Die Krone der Leinpfade für Pferdezug muß möglichst 4 m breit sein; die mit Steinpflaster befestigten Böschungen haben eine Neigung = 1:1,5, bei geringer Höhe auch 1:1. Leinpfade in Packwerksbau werden ähnlich wie die Leitwerke oder Sperrdämme in dieser Bauart ausgeführt, die Kronen gepflastert.

### C. Ausführung der Strombauwerke.

#### 23. Allgemeines über Bauweisen.

- Für die Hauptstrombauwerke (Buhnen, Leitwerke, Deckwerke, Sperrdämme) sind folgende Bauweisen im Gebrauch:
  - a) der Steinbau (eigentlich Stein-Kiesbau), der Packwerksbau und gemischte Bauweisen;
  - b) für Grundschenken, Kopfschenken, Stromschenken folgende Bauweisen:
    - der Bau mit Steinen, mit Senkfaschinen oder mit Sinkstücken.

Bei dem Steinbau zu a) besteht der Kern der Werke aus Kies, die äußere Bekleidung aus Steinen (Steinschüttung oder Pflaster).

Beim Packwerksbau besteht der Hauptkörper der Werke aus Packwerk, nur die der Strömung besonders ausgesetzten Flächen werden mit Steinen beschüttet oder gepflastert.

Zu den gemischten Bauweisen gehört z. B. die Herstellung von Strombauwerken aus Senkfaschinen, Kies- und Steinschüttung (Niederrhein), ferner von Buhnen aus Packwerk mit Senkfaschinenkopf und Steinbeschüttung (Buhnen an der unteren Weser) und dergl.

Der Steinbau ist ohne Zweifel der zweckmäßigste, dauerhafteste, am leichtesten herzustellen und zu unterhalten; Voraussetzung ist aber, daß Kies und Steine leicht zu beschaffen und nicht zu teuer sind. Das trifft z. B. zu im Rhein- und Wesergebiet. Nur in der untersten Strecke dieser Ströme wird zum Teil noch eine gemischte Bauweise, auch Packwerksbau betrieben.

An der Elbe und an den östlichen Wasserstraßen ist, wegen der größeren Kosten der Steine und des Mangels an Kies, der Packwerksbau, für Grundschrwellen usw. der Bau mit Senkfaschinen und Sinkstücken im Gebrauch.

Anm. Die im folgenden (Ziff. 26 und weiter) mitgeteilten Strombauwerke sind nur als wesentlichere Beispiele für die verschiedenen Bauweisen zu betrachten. Alle vorkommenden Fälle werden dadurch bei weitem nicht erschöpft; denn Verschiedenheiten in Bauweisen und Abmessungen zeigen sich nicht allein an den verschiedenen Flüssen, sondern oft auch in den verschiedenen Baubezirken eines Flusses.

**24. Erläuterung über einzelne Baustoffe und Baubestandteile der Werke.** Senksteine sind rohe Bruchsteine, etwa 10 bis 15 kg schwer. (An den östlichen Wasserstraßen sind sie meistens etwas kleiner und werden Schüttsteine genannt.) Sie dienen zur Herstellung von Steinschüttungen (Steinwürfen), besonders für die Deckung des Kies- oder Packwerkskörpers der Strombauwerke, auch zur Stütze für darüber ansetzendes Böschungspflaster.

Schwere Senksteine, durchschnittlich etwa 30 kg schwer, dienen zur Herstellung der Grundschrwellen.

Pflastersteine sind etwas behauene oder ausgesuchte Bruchsteine oder Sprengsteine, durchschnittlich etwa 25 bis 30 cm hoch (seltener 35 bis 40 cm), von verschiedener Stärke.

Faschinen, Buhnenpfähle, Spreutlagepfähle, Pflasterpfähle, Bindeweiden, Bindedraht sind in Baustofflehre S. 32 näher behandelt worden. Es wird hier bemerkt, daß bei einigen Verwaltungen Abweichungen von den mitgeteilten Abmessungen vorkommen (z. B. Bindedraht 1,2 mm statt 1 mm stark, Spreutlagepfähle nur so stark oder schwächer als Buhnenpfähle und dergl.).

Würste sind lange runde Stränge von dicht zusammengeschnürten Strauchreisern, 10 bis 15 cm stark. Sie werden, mit Pfählen durchschlagen zur Befestigung von Packwerk, Spreutlagen und Rauhwehr, sowie bei Anfertigung von Sinkstücken, Sinklagen, Matten und dergl. verwendet.<sup>1)</sup> (Weiteres s. Ziff. 34.)

Flechtzäune (auf Strombauwerken) bestehen aus einer Reihe eingeschlagener Pfähle mit je 0,30 m Abstand, zwischen welche Weidenruten durchgeflochten sind. Anstatt einzelner Ruten werden meistens gedrehte Stränge durchgeflochten. Flechtzäune werden an manchen Flüssen zur Befestigung von Spreutlagen (anstatt der Würste), auch zum Halt für Beschüttungen verwendet.

Anm. Andere größere Flechtzäune dienen zu Schlickfängen Ziff. 33 und zu leichteren Uferdeckungen Ziff. 46.

Spreutlagen<sup>2)</sup> sind dünne Schichten von gleichlaufend gelegten Weidenreisern, die meistens quer zur Stromrichtung gelegt sind. Sie werden durch angepfahlte Würste oder durch Flechtzäune festgehalten. Sie werden beerdet (an den Märkischen Wasserstraßen auch außerdem mit Kalksteingrus beschüttet, an der Weichsel mit Steinen gedeckt). Sie sollen ausschlagen und anwachsen. (Weiteres s. Ziff. 42.)

Rauhwehr sind dünne Schichten von Weidenreisern, die stets längs zur Stromrichtung mit den Wipfeln stromab gelegt werden so, daß die je in einer Furche eingebetteten Stammenden von den Wipfelenden der Reiser aus der vorhergehenden Furche überdeckt werden. Sie werden an den Stammenden durch angepfahlte Würste festgehalten. Sie werden beerdet, sollen ausschlagen und anwachsen. (Weiteres s. Ziff. 43.)

Anm. Spreutlage und Rauhwehr bezeichnet man auch mit dem gemeinsamen Namen Grünlage.

Packwerk ist ein Baukörper, der aus regelrechten Lagen von Faschinen gepackt wird, die mit angepfahlten Würsten befestigt, beerdet und abgerammt werden. Die Beerdung (Erde, Sand, Kies) soll die Packlagen beschweren, auch den Strauch möglichst durchsetzen. Man unterscheidet:

- a) Gewöhnliches oder Trockenpackwerk. Die Lagen werden im Trockenen (nicht schwimmend) gepackt. Mit gewöhnlichem Packwerk wird u. a. auch die Krone der Strombauwerke gebildet, die im übrigen mit Tauchlagen (s. b) ausgeführt werden.

<sup>1)</sup> An Stelle der Würste wurden früher in manchen Gegenden auch Flechtbänder verwendet, jetzt kommen diese bei Spreutlagen noch zuweilen vor. Vergl. Ziff. 42 Abs. b.

<sup>2)</sup> „Spreutlage“ leitet man her vom holländischen und niederdeutschen „spreutnen“, d. h. sprossen, sprießen, ausschlagen. Bisweilen wird dafür „Spreitlage“ geschrieben.

b) Packwerk mit Tauchlagen (Buhnenpackwerk). Die Lagen werden hierbei an das Ufer oder an die schon fertigen Packwerkslagen angeschlossen und in kurzer Länge schwimmend vorgebaut, mit Boden beschwert, abgerammt und versenkt. Jede Lage taucht schräg abfallend nach vorn, sich um das fertige Werk wie um eine wage-rechte Achse drehend. (Weiteres s. Ziff. 37 bis 40.)

Senkfaschinen sind runde Walzen von festgeschnürtem Strauch, innen mit Stein- oder Kiesfüllung; sie sind 0,40 bis 0,80 m, meistens 0,50 m stark, 3 bis 6 m lang. Sie sind so schwer, daß sie ohne weiteres versenkt werden können. (Weiteres s. Ziff. 35.)<sup>1)</sup>

Sinkstücke sind große, polsterartige Tafeln von regelrecht geschichteten Faschinen, 0,8 bis 1 m stark, oben und unten durch festverschnürte Wurstroste (Wurstnetze) zusammengehalten. Sie werden oben mit Steinen oder Kies beschüttet und versenkt. (Weiteres s. Ziff. 36.)

Matten (Matratzen, Klapplagen) sind 0,50 bis 0,60 m stark, wie Sinkstücke aber fortlaufend in größerer Länge und zwar meistens schwimmend hergestellt, mit Steinen beschüttet und versenkt besonders über unter Wasser befindliche Böschungen, während die eine Längskante am Ufer festgehalten wird.

Sinklagen sind schwimmend hergestellte bewürstete Strauchlagen, die mit Steinen beschwert und versenkt werden. Sie sind heute wenig üblich; es werden Sinkstücke oder Matten vorgezogen.

## 25. Massenberechnung der Strombauwerke. Bauhöhe.

Bauhöhe bei einem Strombauwerke nennt man die ganze Höhe an einer Stelle von der Flussohle bis zur Krone.

Für die Berechnung des Inhaltes der Strombauwerke werden von den Verwaltungen Formeln aufgestellt. In diese Formeln braucht nur je die richtige Höhe eingesetzt zu werden (Bauhöhe oder Teilhöhe derselben), die für eine Querschnittsstelle zutrifft, so erhält man bei der Ausrechnung die betreffende Querschnittsfläche des Strombauwerkes (und zwar getrennt, z. B. die Querschnittsfläche des Packwerkes, des Kieskernes, der Beschüttung, des Pflasters usw.). Kennt man so die einzelnen Querschnittsflächen, so ergeben sich die gesuchten Massen aus der Multiplikation mit den betreffenden Längen in bekannter Weise. Bei Buhnenköpfen (Leitwerksköpfen) sind die Formeln so eingerichtet, daß nach dem Einsetzen der Höhe (je nachdem Bauhöhe oder Teilhöhe derselben) sogleich die Massen des Kopfes auszurechnen sind. Die Baustoffmengen ergeben sich aus den Massen. Über den Bedarf an Baustoffen für die Masseneinheit von

<sup>1)</sup> Sinkwalzen sind sehr lange, fortlaufend hergestellte Senkfaschinen. (Darüber s. Ziff. 35 am Schluß.)

Packwerk und anderen Faschinearbeiten vergl. die Zusammenstellung im Anhang. Diese ist zwar nicht erschöpfend, aber als Anhalt zu betrachten (besonders für Elbe und Weichsel).

Es würde zu weit gehen, die sämtlichen Formeln hier anzuführen, da sie nach der Bauart und Gestaltung der Werke sehr verschieden sind. Sie sind jedem Strombautechniker seitens seiner Verwaltung zugänglich. Im übrigen muß der Stromaufsichtsbeamte fähig sein, die Berechnungen in abweichenden Fällen auch ohne solche Formeln durchzuführen.

## 26. Strombauwerke am Rhein.

### a) Steinbau.

Buhne (Abb. 227). Zuerst wird der Unterstrom-Senksteinkörper und der Senksteinkörper des Kopfes bis zur Höhe der Berme (Bankett) dammartig geschüttet, dann der Kieskörper bis zu dieser Höhe geschüttet und dieser oberstrom bis zur Bermenhöhe mit Senksteinen gedeckt. (Es können auch wagenrechte Einzelschichten der drei Körper in der genannten Reihenfolge geschüttet werden.) Über der Bermenhöhe wird dann der Kieskörper des Oberbaues geschüttet und überpflastert, die Bermen, gegen die sich das Pflaster stützt, werden pflasterartig verpackt. Die Kanten der Buhnenkrone, auch am Kopfe, werden beim Pflastern gebrochen oder abgerundet.

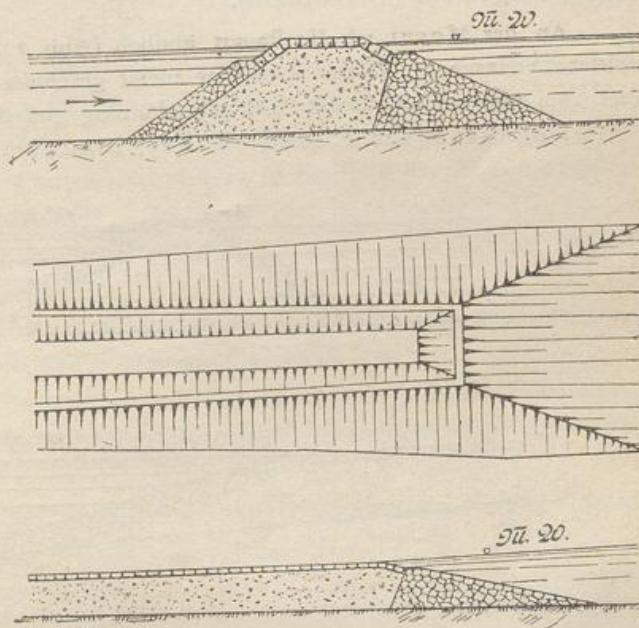


Abb. 227.

Abmessungen. Kronenbreite 2 m, Berme ringsherum 0,5 m. Böschung: oberstrom am besten 1:1,5, unterstrom 1:2; es kommen hiervon aber Abweichungen vor. Kopfböschung 1:4. Die obere Breite des Unterstrom-Senksteinkörpers und des Senksteinkörpers des Kopfes ist gleich der Bermenbreite, ihre Innenböschung ist = 1:0,5. Die Oberstrom-Senksteinabdeckung ist 0,6 m stark (rektwinklig gemessen). Bei großen Tiefen wird der Unterstrom-Senksteinkörper und

der des Kopfes der Ersparnis wegen in Staffeln geschüttet (Abb. 227 a).

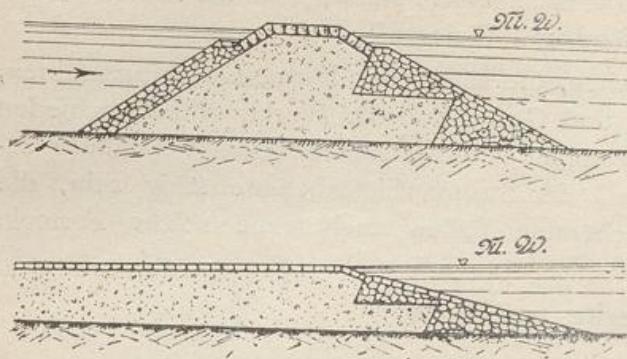


Abb. 227 a.

sung, auch wird an jeder Seite der Wurzel ein gepflasterter dreieckiger Flügel hergestellt (Uferwinkel).

An der Mosel ist die Bauart ähnlich (Abb. 228), aber anstatt des Kieses meistens Steinschutt. Dieser wird hier zuerst geschüttet, dann wird er unterstrom, oberstrom und am Kopfe mit Senksteinschüttung gedeckt.

Abmessungen: Kronenbreite 1,25; Berme oberstrom 0,3, unterstrom und

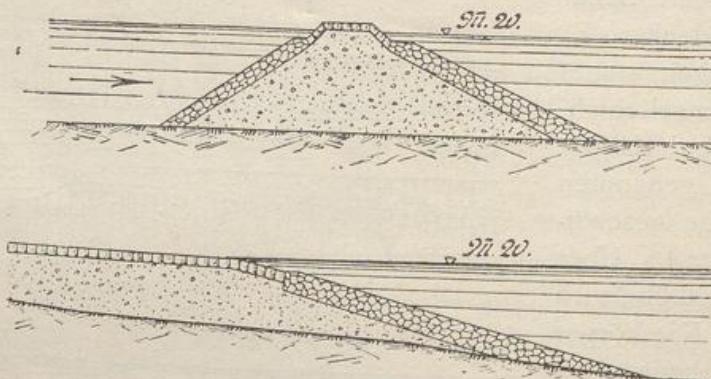


Abb. 228.

am Kopfe 0,6 m. Böschung: oberstrom 1:1,5 unter Berme, 1:1 über Berme; Böschung unterstrom 1:2 unter Berme, 1:1,5 über Berme. Kopfböschung 1:4.

Senksteindeckung oberstrom 0,4 m stark, unterstrom und am Kopfe 0,6 m stark (rechtswinklig gemessen). Pflaster 0,3 m stark.

**Leitwerke.** Querschnitt ähnlich wie bei der Buhne. Der vordere und hintere Senksteinkörper des Unterbaues wird (je nach den Stromverhältnissen und der Tiefe) entweder dammartig zuerst geschüttet (auch in Staffeln) oder als Deckung auf die Kiesschüttung gebracht.

Abmessungen: Kronenbreite 1,25 bis 3,5 m je nach den Stromverhältnissen und dem Zweck des Leitwerkes. Vorder- und Hinterböschung meistens 1:2.

Die Kiesschüttung erfolgt dann in Schichten von Staffelhöhe. Das Pflaster ist 0,3 m stark.

An der Wurzel der Buhnen, auf kurzer Strecke, erhält die Krone öfters eine stärkere Steigung als die durchgehende Kronensteigung zwecks besserer Stromabweisung,

An der Mosel: Bau der Leitwerke ähnlich wie der Buhnen.

Abmessungen: Kronenbreite 1,25 m, Berme stromwärts und landwärts 0,6 m, Böschung stromwärts und landwärts unter Berme 1:2, über Berme 1:1,5. Stärke der Senksteindeckung stromwärts 0,6 m, landwärts 0,4 m.

**Deckwerke** (Abb. 229). Diese liegen entweder dicht an dem abbrüchigen Ufer oder sind bis zur Streichlinie vorgeschoben. Zunächst ist eine Kiesschüttung erforderlich zur Bildung einer flachen Böschung 1:2. Bezuglich des Senksteinkörpers, der Berme und des Pflasters denke man sich das Deckwerk ungefähr als die stromseitige Hälfte eines Leitwerkes.

Die Krone erhält jedoch meistens nur ein Randpflaster von 0,50 m, höchstens 1 m Breite. Damit das schmale Randpflaster nicht

hinterspült wird, werden öfters landseitig alle 5 m und dergl. 1 m breite, 1 bis 2 m lange gepflasterte Querstege angesetzt. Je nach den Strom- und Tiefenverhältnissen wird der Senksteinkörper dammartig zuerst geschüttet — auch erforderlichenfalls in Staffeln — oder als 0,6 m starke Deckschicht aufgebracht. (In Abb. 229 ist vor dem Deckwerk eine Stromschwelle punktiert angedeutet; über diese siehe weiter unten.)

An der Mosel gilt bezüglich der Deckwerke das vorige; nur kommen dammartige und staffelförmig geschüttete Senksteinkörper kaum vor.

**Sperrdämme** werden nach der Bauweise der Buhnen oder Leitwerke ausgeführt, aber mit breiterer Krone; Unterstromböschung möglichst flach.

**Grundschwellen** aus Stein (Abb. 230) bestehen aus einem Damm von schweren Senksteinen. Die Senksteine werden von einem verankerten, gut eingerichteten Nachengerüst geworfen. Zu dem Zweck befindet sich in der Bohlentafel des Gerüstes eine quadratische Öffnung, durch die man die Senksteine fallen läßt. Bei stärkerem Strome muß man berücksichtigen, daß die

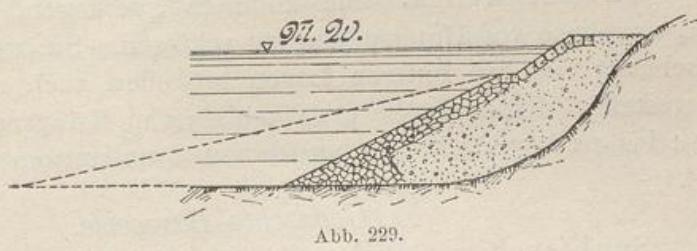


Abb. 229.

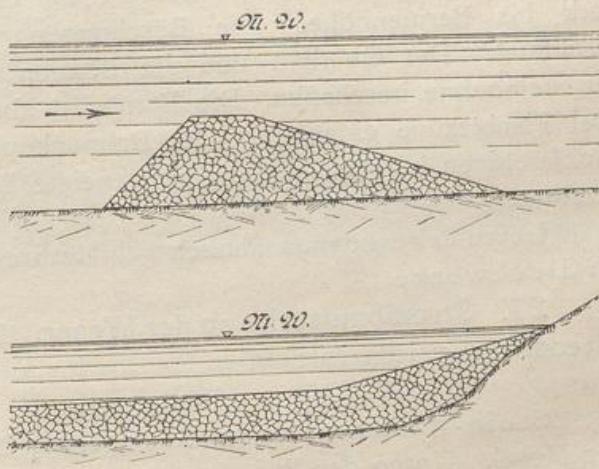


Abb. 230.

Steine um ein gewisses Maß stromab vertrieben werden, ehe sie die Sohle erreichen.

**Abmessungen:** Kronenbreite 2 m, Böschung oberstrom 1 : 1 bis 1 : 1,5, unterstrom 1 : 2 bis 1 : 4, je nach der Stärke der Strömung und des etwaigen Eisangriffes. Die Krone wird von den Fahrwasserkanten nach den Ufern hin mit Steigung angelegt 1 : 6 bis 1 : 20, bisweilen auch außerdem vorher schon von der Strommitte ab ansteigend (1 : 20 bis 1 : 40). Die Krone wird bei starkem Stromangriff zweckmäßig durch Taucher pflasterartig gepackt (Mosel).

**Stromschwellen.** Sie kommen querliegend vor Deckwerken vor, um diese vor Unterspülung zu schützen. Sie werden aus Steinen geschüttet (in den unteren Lagen bisweilen auch aus Senkfaschinen hergestellt). Kronenbreite etwa 3 bis 3,5 m, Längsneigung der Krone 1 : 4 bis 1 : 8. Böschung oberstrom und unterstrom 1 : 1,5.

### b) Gemischte Bauweise.

**Senkfaschinen-Buhne** (Abb. 231). Sie besteht wie die Steinbuhne aus dem Unterbau und dem Oberbau. Im Unterbau wird zuerst

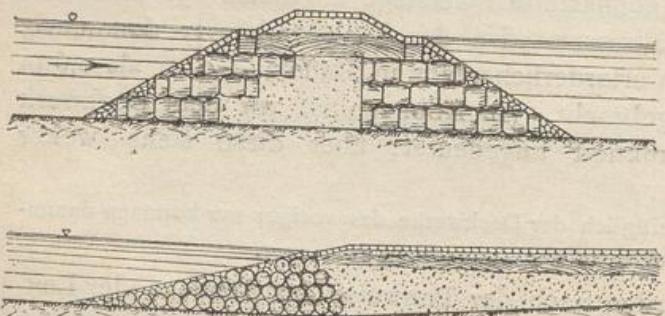


Abb. 231.

ein Senkfaschinenkörper auf der Unterstromseite hergestellt, dann oberstrom ein Kieskörper geschüttet und dieser auf der Oberstromseite mit Senkfaschinen gedeckt, alles fortschreitend in Schichten von Senkfa-

schinenhöhe. Der Unterbau erhält oben eine Decklage von Packwerk bis Bermenhöhe. Die Böschungen werden mit Senksteinen beschüttet. Der Oberbau und die Bermen der Buhne sind wie bei der Steinbuhne beschaffen. Die Berme ist aber in der Regel je durch zwei Flechtzäune eingefäßt. Der Buhnenkopf wird im Unterbau aus Senkfaschinen hergestellt, die 1 : 4 geneigte Böschung mit Senksteinen beschüttet.

Leitwerke können ähnlich gebildet werden, desgl. der Unterbau der Deckwerke.

**27. Strombauwerke an der Weser.** Es kommen hauptsächlich folgende Bauweisen vor:

### a) Steinbau.

Stein-Kiesbau wie im Rheingebiet, besonders ähnlich wie an der Mosel. Krone der Buhnen 1,20 m, der Leitdämme 2 m breit.

Reiner Steinbau, besonders auf der oberen Weser (Münden—Carlshafen). Die Buhnen haben Kronensteigung 1:20 bis 1:25; Kopfböschung 1:4 bis 1:10; Seitenböschung oberstrom 1:1, unterstrom 1:2. Zwischen zwei gegenüberliegenden Buhnen sind, falls große Tiefen vorhanden, Grundschenken angeordnet aus Stein oder aus Lagen von Senkfaschinen (Kronenbreite der letzteren 3 m). (Abb. 225.) Die Grundschenken schließen zum Teil auch an die vor Längswerken liegenden Stromschwellen an.

*b) Gemischte Bauweise.*

Gemischte Bauweise in der mittleren und unteren Weser (Abb. 232).

Buhne. Sie besteht im Rumpf aus Packwerk, der Kopf aus Steinschüttung über Senkfaschinenunterlage. Die Krone ist 2,4 m breit;

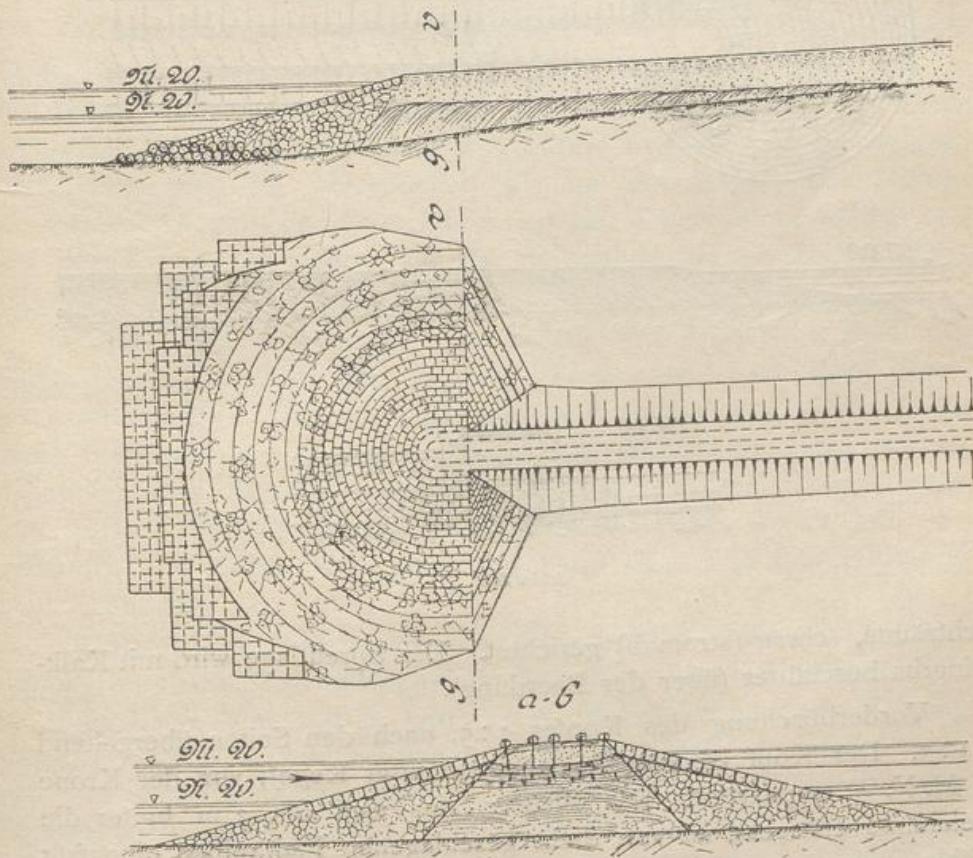


Abb. 232.

sie ist auf etwa 8 m vom Kopf ab meistens gepflastert, sonst bespreutet. Anschließend an den Kopf auf die Länge des Kronenpflasters sind die Seitenböschungen mit 0,5 m starker Steinschüttung versehen.

c) *Packwerksbau.*

An der Unterweser ist auch reiner Packwerksbau im Gebrauch, die Köpfe werden mit Senkfaschinenvorlage gesichert.

## 28. Strombauwerke an der Havel und Spree (Packwerksbau).

Buhnen (Abb. 233). Kronenbreite 2 m, Seitenböschungen 1:1, Krone mit Spreutlage gedeckt, die über die Seitenböschungen 0,5 m hinübergezogen wird; die Spreutlage mit Flechtzäunen befestigt, je ein Längsflechtzaun auf der Krönenkante, je einer 0,5 m darunter auf der Böschung; zwischen den beiden Längsflechtzäunen der Krone Quer-

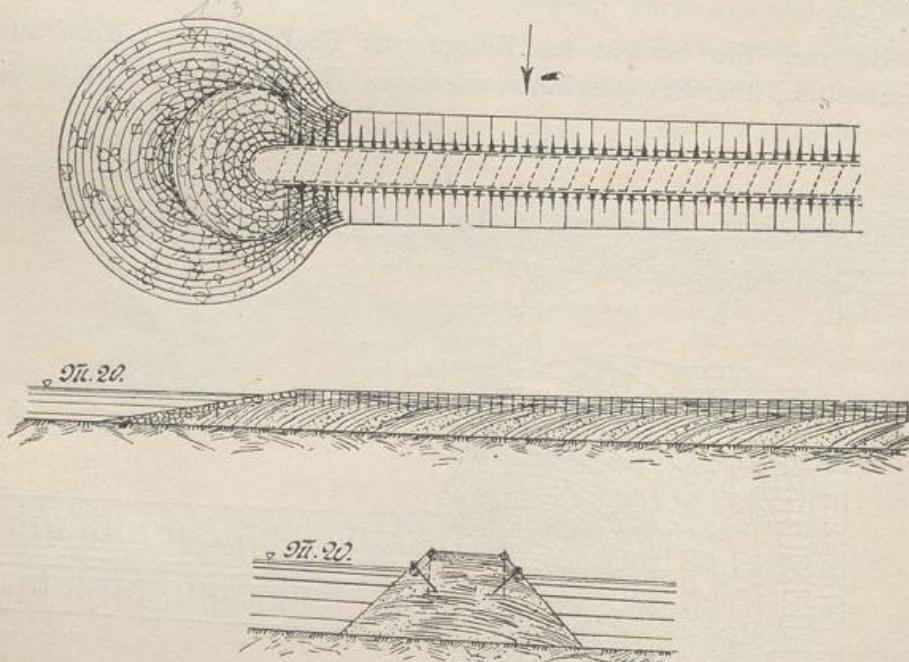


Abb. 233.

flechtzäune, schräg (stromab) gerichtet. Die Spreutlage wird mit Kalksteingrus beschüttet (über der Beerdung).

Vorderböschung des Kopfes 1:5, nach den Seiten übergehend in 1:3. Der Kopf ist eine Art abgestumpfter Kegel; von der Krone bis M. N. W. gepflastert. Das Pflaster, das sich bis 2 m hinter die Streichlinie erstreckt, ist von dicht geschlagenen Pfahlreihen eingefasst (Pfähle 20 cm von Mitte zu Mitte). Von der unteren Pfahlreihe bis zur Sohle ist der Kopf mit Steinen beschüttet (mindestens 15 cm stark).

Leitwerke. Kronenbreite, Spreutlage usw. wie bei der Buhne. Vorderböschung 1:1,5, Hinterböschung steil (1:0,5 bis 1:1). Vorderböschung von dem Böschungsleitzaun bis zur Sohle mit Steinen beschüttet (15 cm stark).

Deckwerke (Abb. 234). Kronenbreite, Spreutlage usw. und Vorderböschung nebst Beschüttung wie beim Leitwerk, Hinterböschung je nach Umständen, nämlich bei vorgeschobenem Deckwerk mit nachträglicher Hinterfüllung senkrecht, bei an den Abbruch anschließendem Deckwerk nach hinten entsprechend abgetreppet (Abb. 234).

Grundschwellen, Kopfschwellen, Stromschwellen, wo sie vorkommen, aus Senkfaschinen (diese 4 bis 5 m lang) (Abb. 234), zum Teil mit Steinen überschüttet.

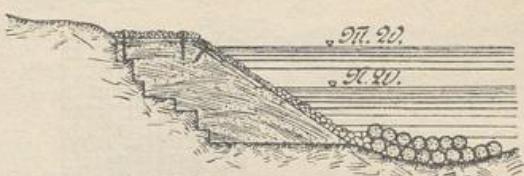


Abb. 234.

### 29. Strombauwerke an der Elbe (Packwerksbau).

Buhnen (Abb. 235 bis 237, S. 226 und 227). Kronenbreite 2,5 m, Seitenböschungen 1:1. Spreutlage mit Flechtzäunen wie an der Havel, in manchen Baubezirken aber nur Längsflechtzäune, keine Querflechtzäune. Kopfböschung 1:5 (ältere 1:3), Kopf nebst Pflaster und Beschüttung im wesentlichen wie an der Havel, das Pflaster aber bis 10 m von der Streichlinie auf der Oberstromböschung und auf der Krone fortgeführt, auf der Krone in halber Breite. Alles Pflaster durch Pfahlreihen eingefaßt.

Neuerdings wird die Krone anstatt mit Spreutlage auch mit Schüttsteinen befestigt. Bei größerer Tiefe erhält der Kopf Senkfaschinenunterlage. Ist schon eine größere Auskolkung an der Kopfstelle vorhanden (Abb. 235, s. Seite 226), so beseitigt man sie vor Erbauung der Buhne durch allmähliches Ausdecken der Stelle mit einzelnen Lagen von Senkfaschinen (von unterstrom beginnend), vor denen sich dann der Sand fängt und die Sohle aufhöht (Abb. 237).

Kopfschwellen liegen vor den meisten Buhnen. Auf der Strecke oberhalb der Havelmündung beginnen diese am Buhnenkopf in einer Tiefe von 1,40 m unter N. W. und fallen in einer Neigung von 1:10 bis 1:20 zum Strome hin ab (Abb. 235). Auf der Strecke von der Havelmündung abwärts beginnen die Kopfschwellen am Buhnenkopf in Höhe von N. W., erhalten dann auf 10 m eine Neigung von 1:10 und von dort 1:20 bis 1:30. Bezuglich der Kopfschwellen an den Übergängen vergl. Ziff. 21.

Die Kopfschwellen bestehen im wesentlichen aus Senkfaschinen, die mit Schüttsteinen belastet und gedeckt werden; desgl. die Grundschwellen, wo sie vorkommen. In den oberen Elbstrecken werden beide wegen der Billigkeit der Steine auch ganz aus Steinschüttungen hergestellt. Die Breite der Kopf- und der Grundschwellen richtet sich

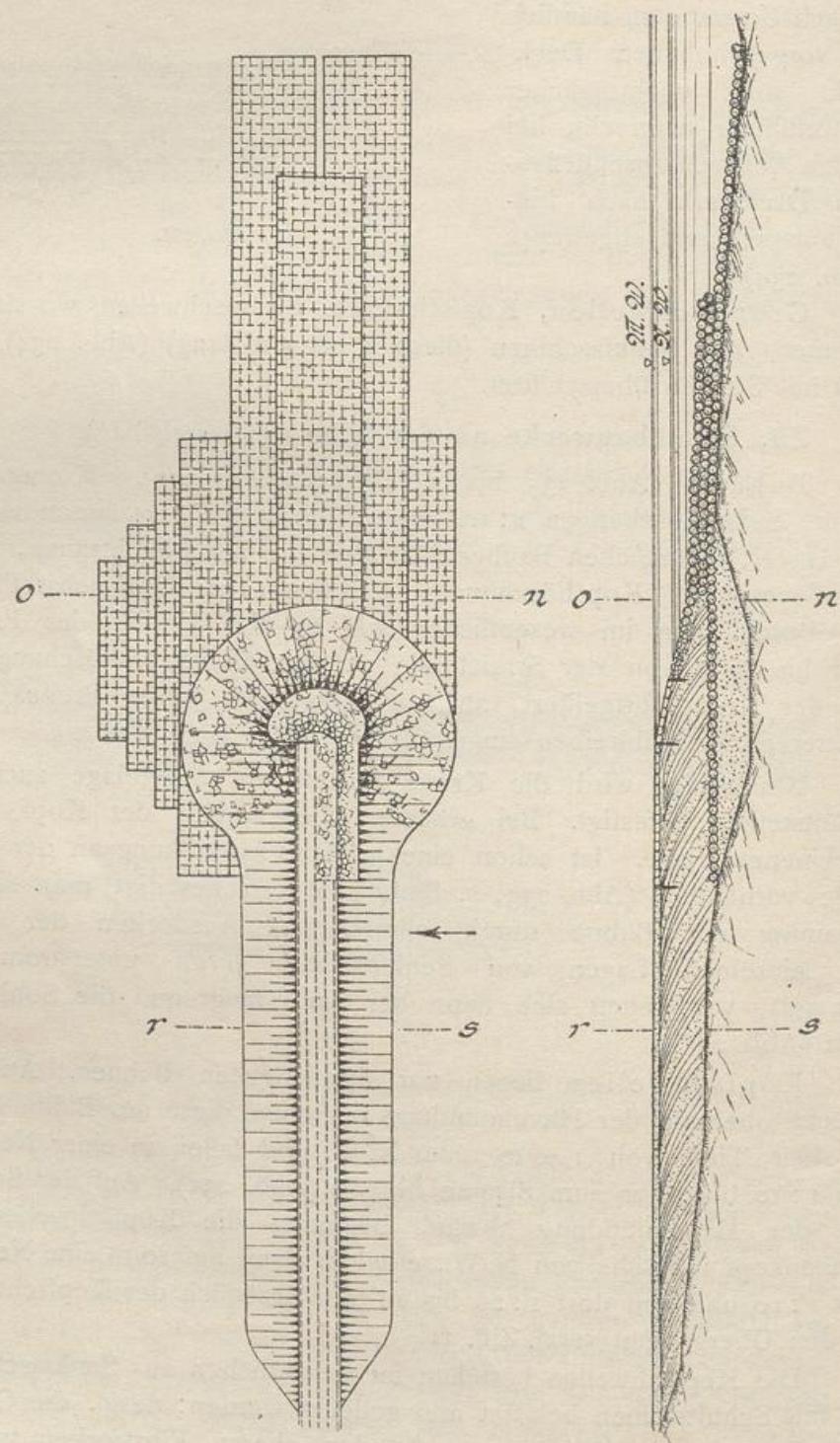


Abb. 235.

nach der Wassertiefe und der Stärke des Stromangriffes: bei Ausführung in Steinschüttung haben sie etwa 5 m mittlere Breite, bei Ausführung in Senkfaschinen beträgt die Mindestbreite 6 m. Die Stärke der Senkfaschinen ist an der Elbe allgemein 0,5 m.

Deckwerke (Abb. 238); sind meistens vorgeschoben. Aufschüttung von Baggerboden; Böschung 1:3 bis 1:5, über N. W. Pflaster auf Kiesbettung, unter N. W. Steinschüttung; die Krone 1 m breit gepflastert. Das Pflaster oben und unten je durch eine Reihe dicht geschlagener Pfähle eingefasst. Die Anschüttungsfläche wird mit einer

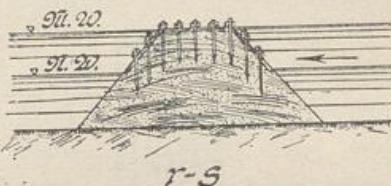


Abb. 236.

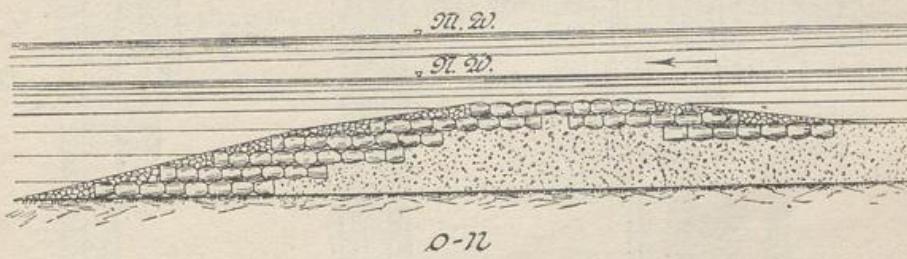


Abb. 237

Kiesdeckschicht versehen und mit Stecklingen bepflanzt, längs dem Pflaster mit Spreutlage gedeckt; die übrige Schüttungsfläche wird an-

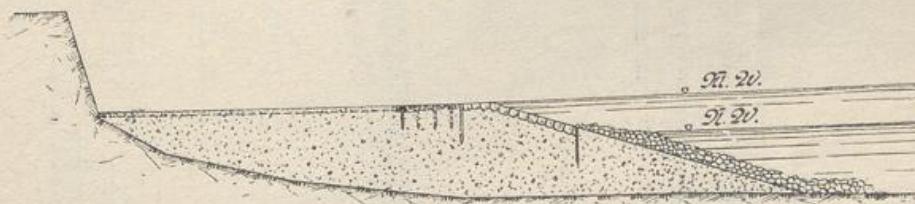


Abb. 238.

statt der Stecklingspflanzung auch mit Rauschen aus Weiden je in 2,5 m Abstand besetzt.

### 30. Strombauwerke an der Oder (Packwerksbau).

Buhnen (Abb. 239, s. Seite 228). Kronenbreite 2,5 m. Seitenböschungen 1:1. Spreutlage auf der Krone und zwar bis auf M. N.W. nach der Böschung heruntergezogen (6 Längswürste auf der Krone und 3 auf jeder Böschung). Anstatt Spreutlage, namentlich in Nähe des Kopfes, auch Steinbeschüttung. An der Wurzel erhält die Krone auf eine kurze Strecke stärkere Steigung; jederseits Anschlußflügel (Uferwinkel), ebenfalls mit Spreutlage gedeckt. Am Kopf wird die Krone bis 10 m von der Streichlinie gepflastert.

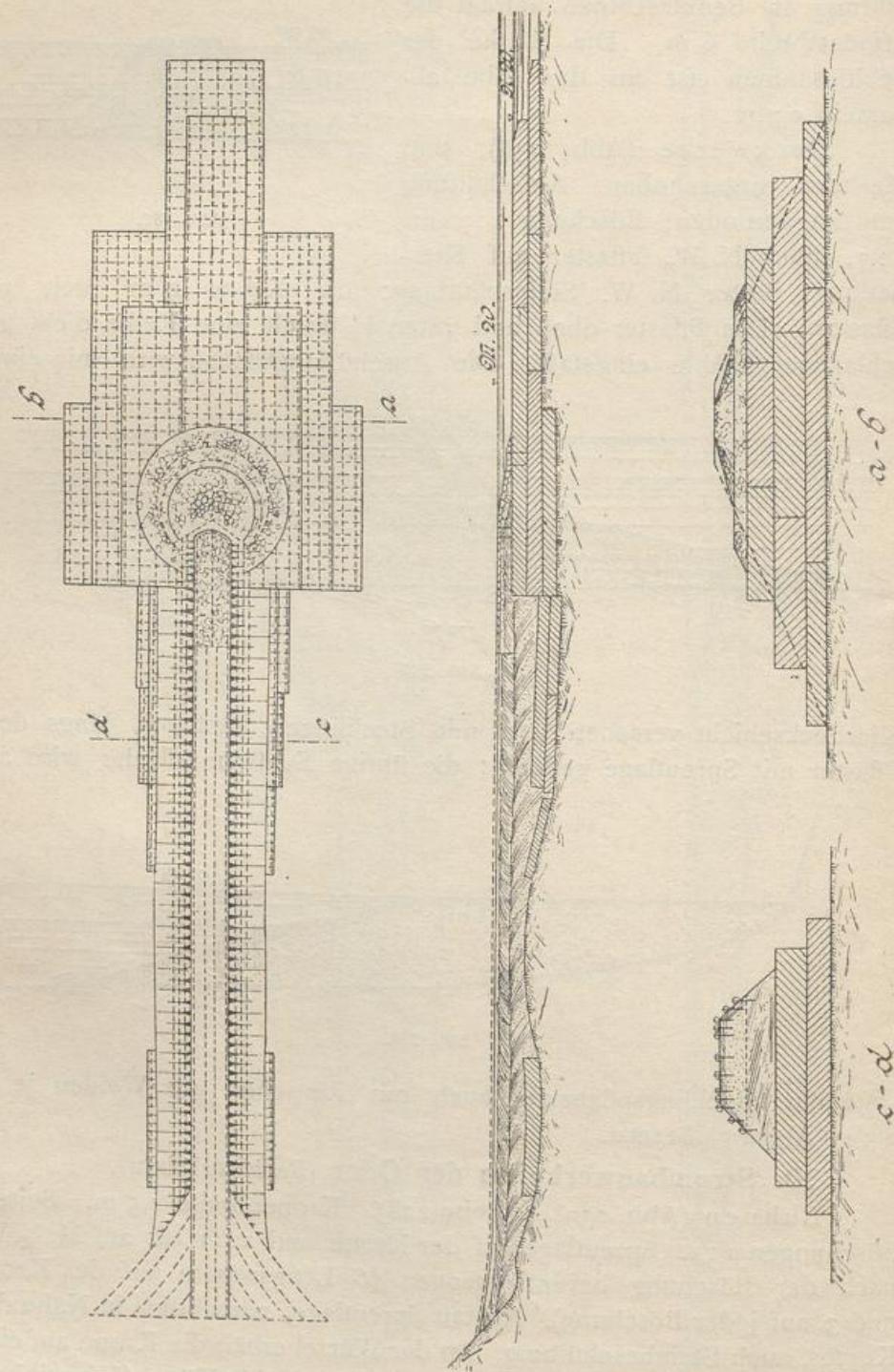


Abb. 239.

Der Kopf (abgestumpfer Kegel): Vorderböschung 1:5, Seitenböschungen 1:2,5; erhält Pflaster auf Kies- und Steinschüttung, von Pfahlreihen eingefaßt. Der Kopf erhält stets einen Unterbau von Sinkstücken. Tiefere Stellen im Zuge des Rumpfes der Buhne werden ebenfalls durch Sinkstücke von mindestens 10 m Länge gedeckt.

Der Sinkstück-Unterbau des Kopfes wird als sog. Vorlage bis in Höhe von N. W. 20 bis 30 m (je nach Bestimmung) vor die Streichlinie vorgebaut, vorn 1:5 abgebösch<sup>1)</sup>; neuerdings wird diese Vorlage auch aus Faschinienpackwerk (10 m breit) schwimmend hergestellt, mit Steinen beschwert und so abgesenkt (Sinklage), besonders da, wo früher hergestellte Sinkstücke sich abgelaufen haben. Zur Herstellung dieser Sinklage werden gegen Stromabtrieb erst Vorsteckpfähle eingeschlagen, die nach der Herstellung des Packwerkes und dessen Versenkung wieder herausgezogen werden.

### 31. Strombauwerke an der Weichsel (Packwerksbau).

Buhnen (Abb. 240 bis 241). Kronenbreite 4 m, die Unterstromhälfte der Krone etwas geneigt (gewölbt) (Abb. 241, C D). Seiten-

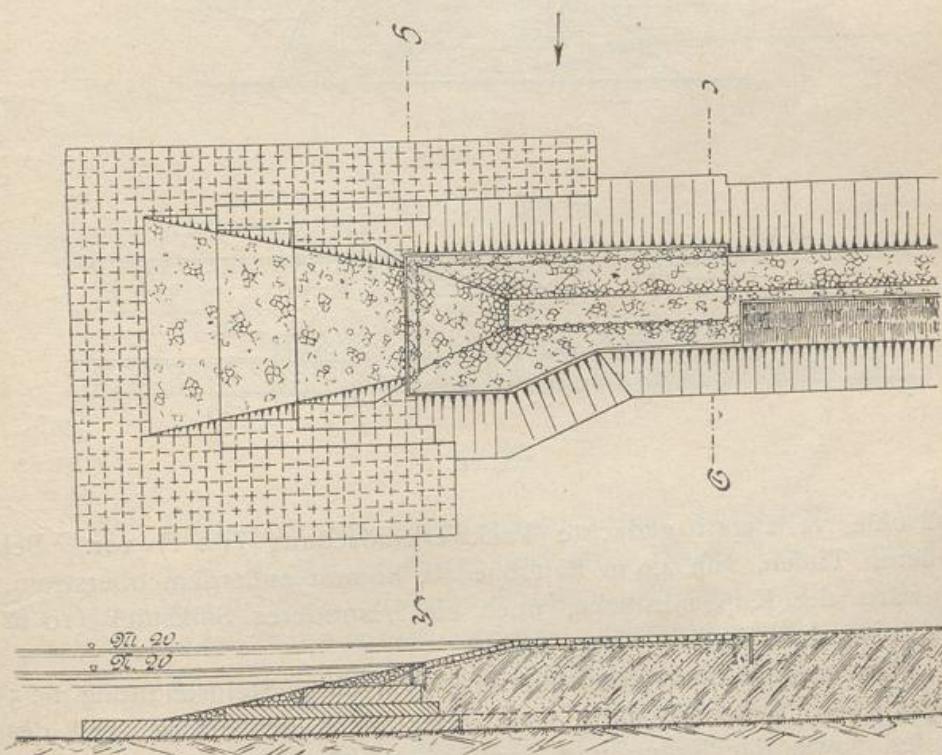


Abb. 240.

böschungen oberstrom gebrochen, nämlich bis 1,20 m unter Krone 1:2, darunter 1:1, Unterstromböschung 1:0,5.

<sup>1)</sup> Die Oberkante der Vorlage am Kopfanschluß liegt dann durchschnittlich 1 m unter der Kopfkrone.

Kopf: Vorderböschung 1:5; 1,2 m unter Krone befindet sich eine Berme und zwar vorn, sowie an der Oberstromseite auf durchschnittlich 15 m Länge von der Streichlinie; sie ist 0,6 m breit. Gegen die Berme stützt sich das Pflaster; dieses, 0,4 m stark, deckt die Vorderfläche des Kopfes, sowie die halbe Krone und die Oberstromböschung in Länge der Berme (Pflaster auf 0,20 m starker Kies- oder Ziegelgrusbettung). Unterstromböschung am Kopf auf 1,2 m unter Krone 1:2 (gewölbt), darunter 1:1. Bei mehr als 2 m Bauhöhe ruht der Fuß des Kopfpackwerkes auf Sinkstücken (je 1 m stark), je nach der Tiefe eins oder mehrere übereinander, die abgetrepppt werden und zwar nach vorn 1:5, seitlich 1:1; das unterste Sinkstück springt aber oberstrom 3 m, unterstrom 5 m über die bis

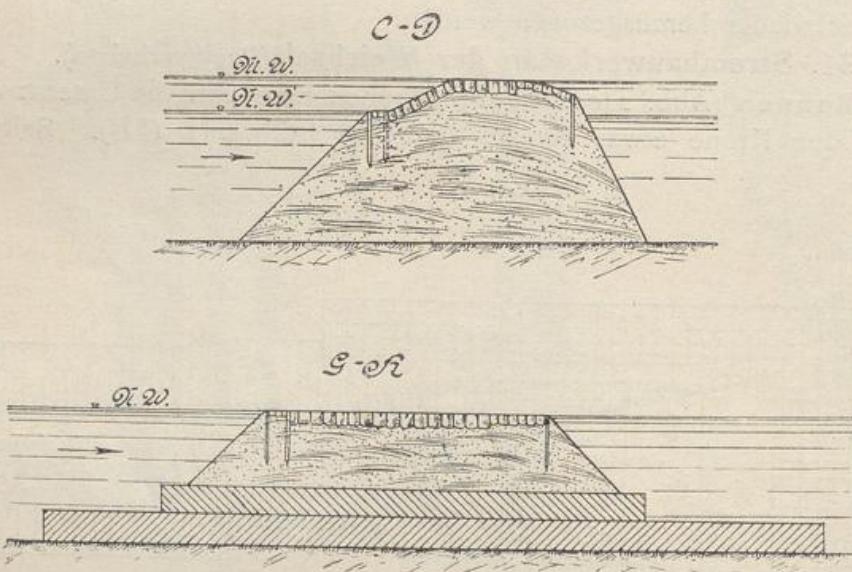


Abb. 241.

Flußsohle verlängert gedachte Packwerksböschung (1:1) vor. Bei größeren Tiefen, von 4,9 m Bauhöhe ab, kommt außerdem oberstrom, landwärts der Kopfsinkstücke, noch ein besonderes Sinkstück (10 m lang, 1 m stark, 6,5 bis 7,5 m breit).

Die vordere Sinkstückabtreppung wird durch Steinschüttung 1:5 ausgeglichen, Seitenböschung 1:1. Der nicht gepflasterte Teil des Kopfes, sowie der Krone und der Oberstromböschung (1:2), soweit diese dem Stromangriff ausgesetzt sind, und die Bermen werden mit steinbeschwertem Grünlagen abgedeckt. Diese ganze Befestigung ist durch Pfahlwände eingefasst. Im übrigen wird die Buhnenkrone und die Oberstromböschung (1:2) durch offene Grünlagen befestigt. Zur ordnungsmäßigen Herstellung des Kopfes dienen offene Pfahlreihen (in Hinterkante Berme), von Pfahl zu Pfahl 1 m.

Zwischenbuhnen erhalten vom Kronenplaster ab bis an die Wurzel nur eine Kronenbreite von 2 m, dergestalt, daß der Oberstromkörper der Buhne wie vorbeschrieben bleibt, unterstrom aber 2 m der Krone abgeschnitten werden, gleichlaufend mit der Böschung 1 : 0,5. Zwischen dem Kopfteil von 4 m und dem Teil von 2 m Kronenbreite wird eine Übergangsstrecke von 4 m Länge eingeschaltet.

Die Sperrdämme erhalten ähnliche Abmessungen und Bauart wie die Buhnen, die Unterstromböschung natürlich flacher, vergl. Ziff. 40.

#### Deckwerke.

- a) Bei vorgeschrüttetem Ufer (Abb. 242 und 243) Krone 1 m breit gepflastert. Oberfläche der Anschüttung bis zum Ufer mit Grünlagen abgedeckt. Böschung 1 : 3 aus Sandschüttung

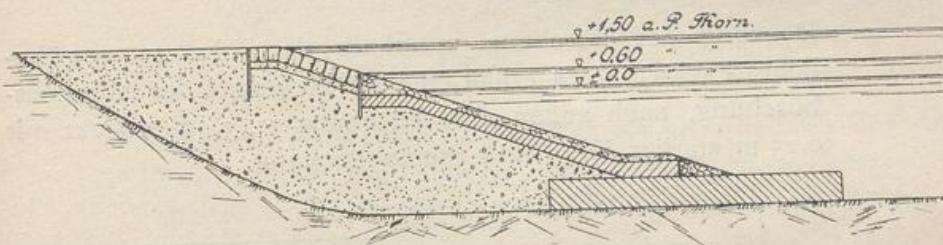


Abb. 242.

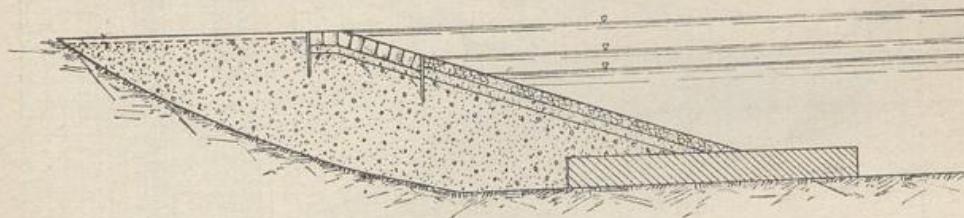


Abb. 243.

hergestellt, bis 0,9 m unter Krone gepflastert. Kronen- und Böschungspflaster zwischen Pfahlreihen. Unterhalb des Pflasters wird die Böschung durch 0,5 m starkes, als Matte hergestelltes Packwerk geschützt; sein 2 m breiter wagerechter Fuß ruht auf einer Sinkstücklage (diese 10 m breit, 1 m stark) (Abb. 242). Die Matte wird schwimmend ausgeführt, dann mit einer 0,15 m starken Kies- und Steinschicht belastet und über die Böschung versenkt. Die Vorderkante des Sinkstückes steht 5,50 m vor dem Packwerksfuß vor.

Anm. An Stelle der Packwerksmatte über der Böschung ist auch üblich eine 0,35 m starke Steindecke auf einer 0,25 m starken Kies- oder Ziegelgrüsschicht (Abb. 243).

- b) Bei dichtem Anschluß des Deckwerkes an das abbrüchige Ufer (Abb. 244) ist die gepflasterte Krone nur 0,5 m breit. Die Hochuferböschung darüber erhält Grünlage. Zur

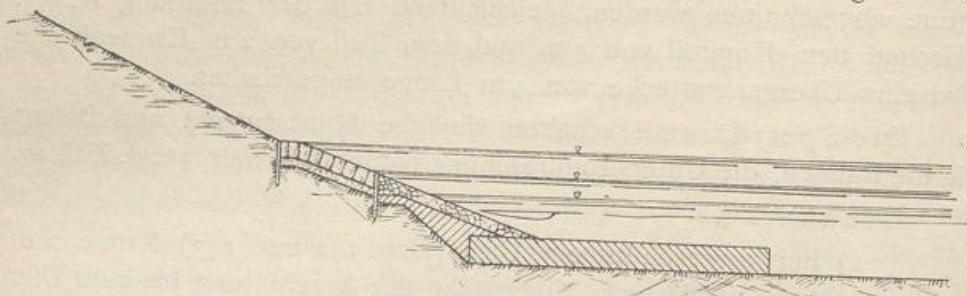


Abb. 244.

Deckung der Böschung unterhalb des Pflasters gewöhnliches Packwerk; es erhält eine Stärke gemäß der Abbruchsböschung, nach außen aber Böschung 1 : 3, überdeckt mit 0,25 m starker Kies- und Steinabdeckung.

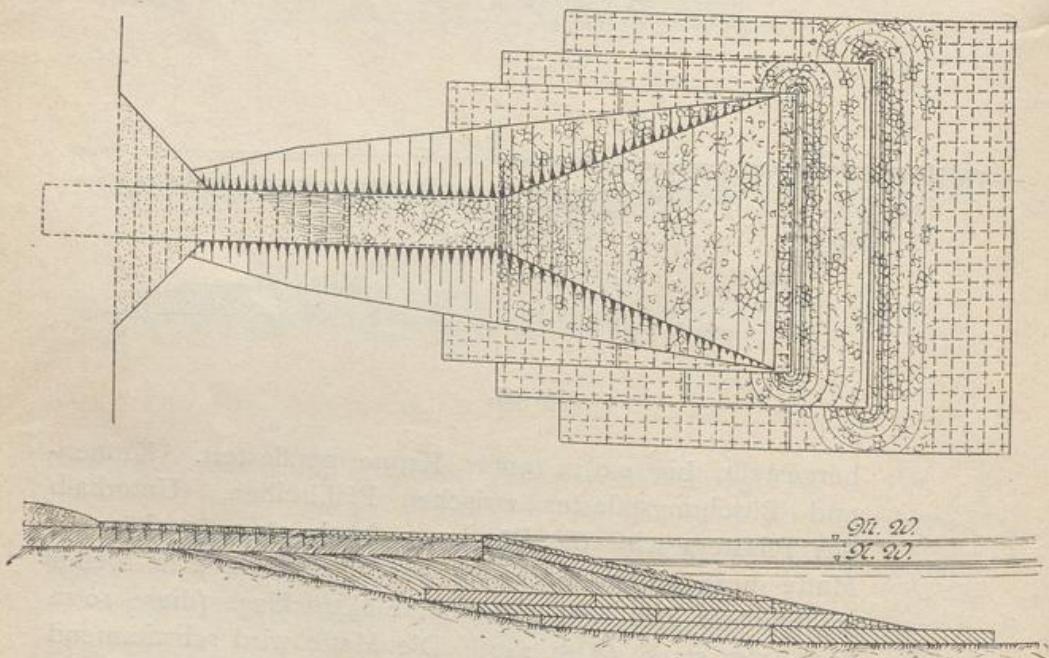


Abb. 245.

### 32. Strombauwerke an der Memel (Packwerksbau).

Buhne (Abb. 245). Kronenbreite 3,5 m, Seitenböschungen 1 : 1. Der Kopf: Vorderböschung 1 : 5, Seitenböschungen 1 : 2,5; er erhält eine Grundlage von Sinkstücken oder Sinklagen. Vorder- und Seitenböschungen des Kopfes — einschließlich der Sinkstückabtreppung —

mit Steinen beschüttet. Befestigung der Buhnenkrone: vom Kopf (Streichlinie) ab auf 10 m Länge Pflaster, von Pfahlreihen eingefaßt; sonst Spreutlage. An der Wurzel Uferwinkel.

#### Deckwerk.

- a) Bei vorgeschüttetem Ufer (Abb. 246) Packwerk auf Sinkstückunterlage, Vorderböschung 1:1 mit Steinen be-

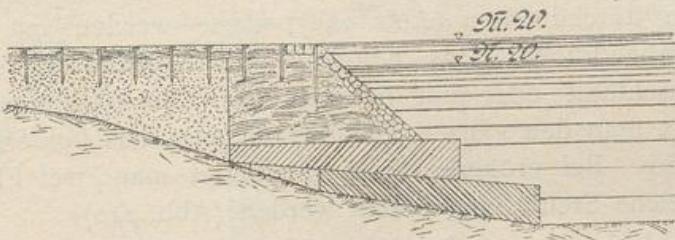


Abb. 246.

schüttet. Krone des Packwerkes 2,5 m; 1 m breit längs der Vorderkante mit Steinen überpflastert, sonst bespreutet, ebenso auch die Schüttungsfläche hinter dem Deckwerk.

- b) Anschließend an das abbrüchige Ufer (Abb. 247). Überdeckung der Abbruchböschung bis M. W. durch eine 0,6 m starke Matte (Matratze, Klapplage); diese ist mit

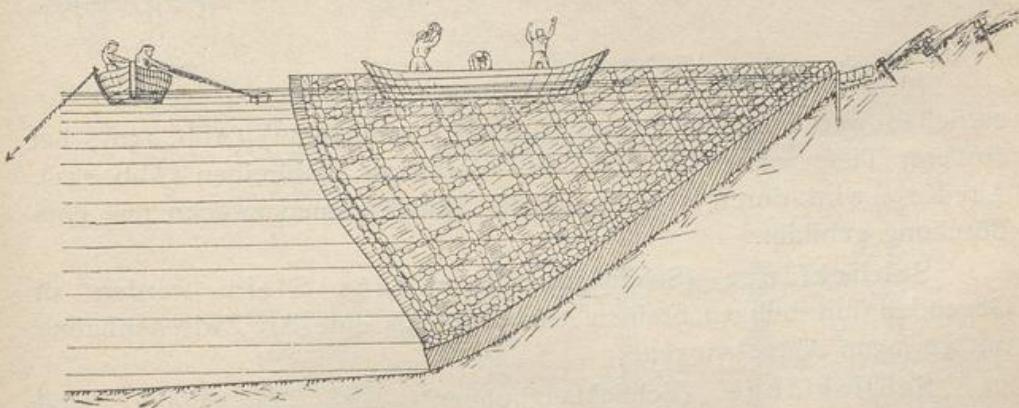


Abb. 247.

Steinen beschüttet; oberhalb neben der Matte gegen eine Pfahlreihe 0,40 m breites Randpflaster, anschließend weiter landwärts Rauhwehr 5 m breit.

In Abb. 247 ist dargestellt, wie von der fortlaufend schwimmend hergestellten Matte ein Teil bereits versenkt ist und der andere Teil fortschreitend versenkt wird, indem die Streckbalken von einem verankerten Boote aus herausgezogen werden, während von einem anderen Boote aus Steine aufgeworfen werden (vergl. S. 239).

**33. Schlickfänge und dergl.** Unter Schlickfang versteht man allgemein leichte Querwerke, die errichtet werden, um die Verlandung, besonders zwischen den Hauptbuhnen, zu befördern, oder um die in Verlandungen vorhandenen Wasserrinnen abzuschließen und dergl. Sie haben verschiedene Bauart.

**Flechtzäune (Schlickzäune).** Eine Reihe eingetriebener Pfähle (0,3 bis 0,4 m von Pfahl zu Pfahl) wird über dem Wasserspiegel mit Weidenruten durchflochten (Abb. 248); diese werden mit hölzernen Gabeln herabgedrückt. Das Kopfende wird erforderlichenfalls mit Steinen umschüttet oder mit nebengelegten Senkfaschinen gedeckt. Auch sichert man den ganzen Fuß des Flechtaunes beiderseits durch Steinschüttung. Bei größerer Tiefe verwendet man zwei Flechtaune, zwischen welche Steine eingebracht werden (Abb. 249).

**Schlickfänge aus Senkfaschinen.** Man legt Senkfaschinen übereinander zwischen zwei Pfahlreihen, die mit der Handramme ein-

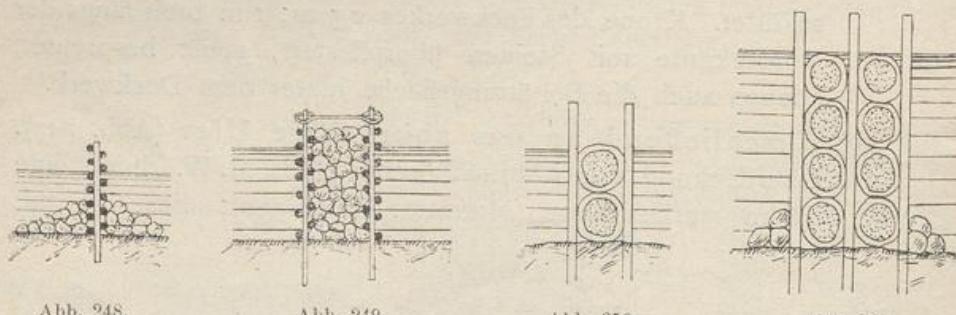


Abb. 248.

Abb. 249.

Abb. 250.

Abb. 251.

getrieben werden (etwa 0,50 m Abstand voneinander) (Abb. 250); bei größerer Tiefe verwendet man drei derartige Pfahlreihen (Abb. 251). Am Kopf wird durch Abtreppung der Senkfaschinen zweckmäßig eine Böschung gebildet.

**Schlickfänge (Schlickfangbuhnen) aus Stein** werden in Gegenden mit billigen Steinen verwendet als eine Art Zwischenbuhne mit geringen Abmessungen.

**Schlickfänge (Schlickfangbuhnen) aus Packwerk** sind Zwischenbuhnen mit geringen Abmessungen. An der Elbe erhalten sie z. B. 1 m Kronenbreite, am Kopf eine Sicherung von etwa 1 cbm Steinschüttung. Bisweilen ist die Ausbildung des Kopfes derjenigen bei einer Hauptbuhne ähnlich oder gleich.

#### D. Anfertigung von Packwerk und dergl.

**34. Anfertigung der Würste.** Würste, etwa 20 bis 25 m lang, 10 bis 15 m stark, werden auf der Arbeitsstelle gebunden. Zur Verwendung in kürzeren Längen werden sie nach Bedarf durchgehauen.

Das Anfertigen geschieht auf der sog. Wurstbank (Abb. 252). Diese besteht aus Böcken von zwei schräg gekreuzten Pfählen (meistens Buhnenpfählen), die im Kreuzungspunkt mit Bindedraht gebunden werden. (Bisweilen wird je ein Pfahl der Böcke senkrecht, der andere schräg eingeschlagen.) Entfernung der Böcke 0,6 bis 0,8 m. Die Reiser, die mög-

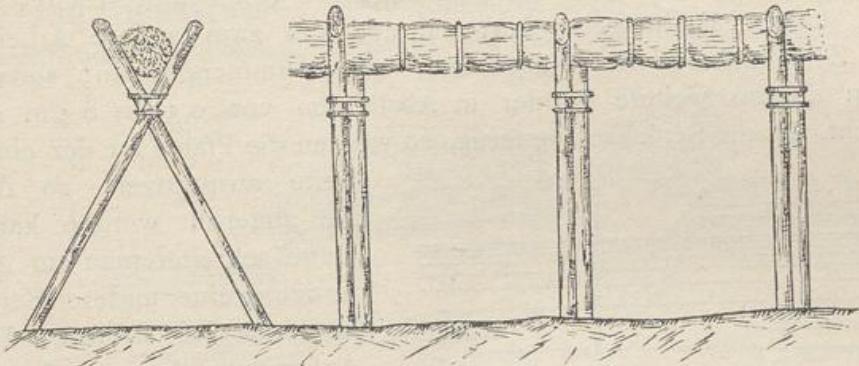


Abb. 252.

lichst dünn und glatt sein müssen, werden in die Bank gelegt, mit den Wipfelenden nach einer Richtung, die Stammenden angemessen verteilt. Zwischen zwei Böcken wird die Wurst, nach festem Anholen, dreimal mit Bindedraht gebunden (seltener mit Bindeweiden), die Bünde also 20 bis 30 cm voneinander entfernt. Die Würste, oder geteilte Längen

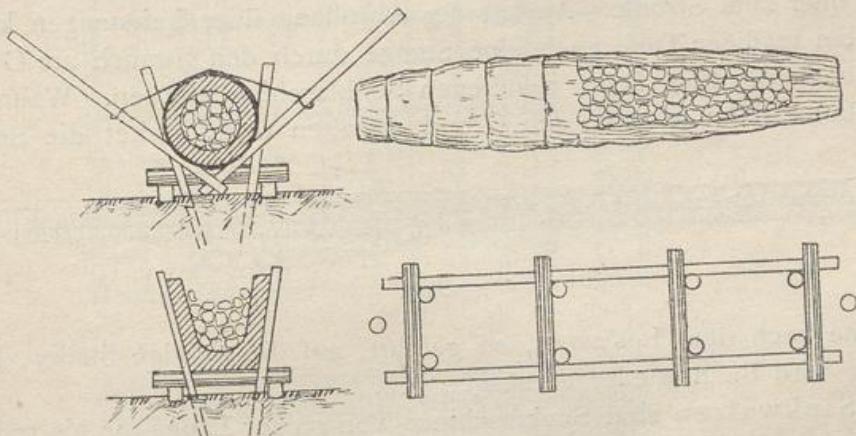


Abb. 253.

derselben, werden auf Packwerkslagen, Spreutlagen usw. gelegt, mit Buhnenpfählen durchschlagen (alle 50 bis 60 cm) und so befestigt.

**35. Senkfaschinen** (Abb. 253). Die Anfertigung geschieht auf einem Gerüst (Bindebank), bestehend aus zwei Streckhölzern, vier bis sechs darüber gelegten Querhölzern und je zwei aufrecht neben diesen schräg eingeschlagenen Pfählen. In die dadurch gebildete krippenartige Höhlung werden Strauchreiser (aus aufgeschnittenen Faschen)

muldenförmig ausgebreitet, so daß nur Stammenden an die Stirnen kommen. (Die Stirnenden werden durch zwei kleine eingeschlagene Pfähle angemerkt.) In die Reisermulde wird Steinschutt oder Kies gut verteilt eingebracht, an die Enden aber kurzer Strauch. Dann bringt man über das ganze eine obere Strauchlage auf. Nun wird der Strauchkörper an den Enden und in der Mitte von einem Arbeiter mit 2 mm starkem Draht gebunden, während ihn zwei andere Arbeiter unter Zuhilfenahme der Würgekette fest zusammenpressen; sodann werden ebenso weitere Bänder in Abständen von 0,3 bis 0,4 m angebracht. Ist die Senkfaschine fertig, so werden die Pfähle an der einen

Seite ausgezogen, so daß sie abgerollt werden kann. Dann schreitet man zur Anfertigung einer anderen Senkfaschine und so fort. Die Anfertigung kann auf dem Lande oder auf Kahnerrüsten geschehen; mit

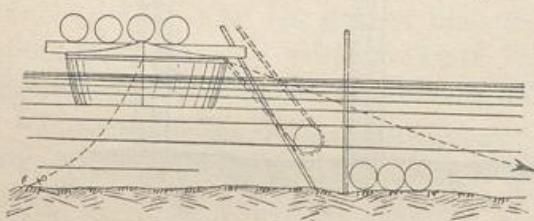


Abb. 254.

diesen können die Senkfaschinen zugleich verfahren werden; sonst geschieht dies nach der Abrollung vom Ufer in besonderen Kähnen. An der Verwendungsstelle werden sie über den Bord des verankerten Kahnes auf angelegten schrägen Leitstangen auf den Grund gerollt, so daß sie stromrecht liegen (Abb. 254); seltener erhalten sie eine Lage quer zum Strome. Anstatt der Abrollung über Leitstangen kann man bei mäßiger Tiefe auch eine Stange durch den Strauch am Oberstromende der über Bord gehaltenen Senkfaschine stecken. Während die Stange dann fest auf den Grund gehalten wird, gleitet die Senk-

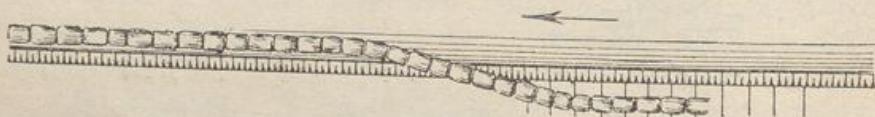


Abb. 255.

faschine nach dem Loslassen, so geführt, auf die richtige Stelle. Die Stange wird dann wieder herausgezogen.

Sinkwalzen sind Senkfaschinen von großer Länge (20 bis 100 m und mehr), die durchlaufend angefertigt werden dicht neben dem Ufer, zu dessen Deckung sie verwendet werden sollen (Abb. 255). Am Ufer werden Böcke in 0,50 m Abstand aufgestellt, wie sie zum Binden der Senkfaschinen oder auch zum Binden der Würste verwendet werden (nur größer und stärker). Dann wird Strauch wie bei einer Senkfaschine eingelegt, der Füll- und Beschwerungsstoff (Kies oder Steine) eingeschüttet und verteilt, die Würgeketten angezogen und die Walze alle 0,30 bis 0,50 m mit Draht gebunden. Ist eine längere Strecke fertiggestellt, z. B. 20 bis 60 m, dann wird dieser Teil der Sinkwalze

verstürzt; dabei bleibt der in Arbeit befindliche Teil auf dem Gerüst und wird weiter fortgesetzt. Die Böcke werden hinten fortgenommen und vorn wieder aufgestellt, und so fort. Der Durchmesser der Sinkwalzen beträgt 0,50 bis 0,80 m, meistens 0,60 m; er richtet sich in jedem einzelnen Falle nach dem zu deckenden Ufer (vergl. Ziff. 46).

**36. Sinkstücke.** Das Sinkstück wird auf einem geneigten Bretterboden angefertigt, meistens am Ufer (Abb. 256), zuweilen auch

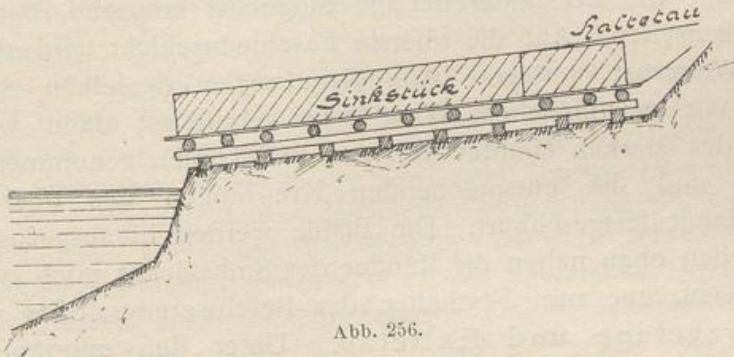


Abb. 256.

schwimmend über einem Prahm (Abb. 259). Unter den Brettern liegen Walzen, unter diesen geneigte Schwellen (Streckhölzer) (Abb. 256). Die Walzen werden während der Anfertigung des Sinkstückes durch

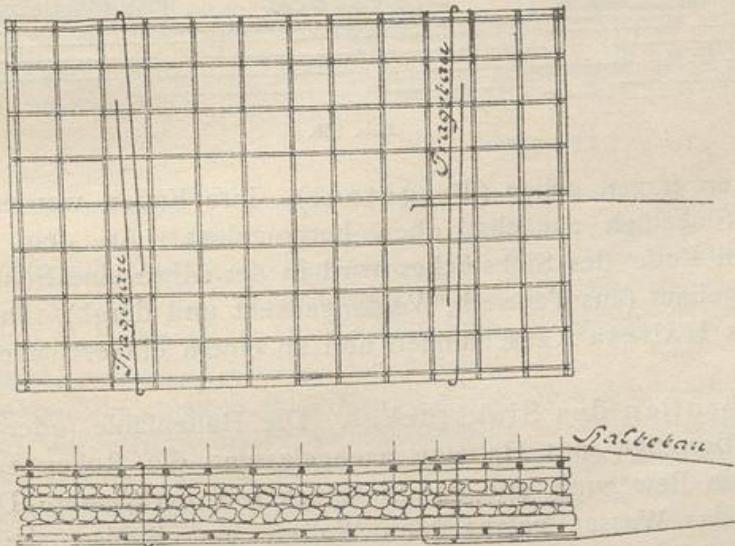


Abb. 257.

eingeschlagene Pfähle festgehalten oder auch durch Knaggen, die an den Streckhölzern angebracht sind. Auf den Brettern wird ein Rost (Netz) von gekreuzten Würsten hergestellt mit 0,8 bis 1 m Felderweite (Abb. 257). Alle Kreuzungen werden mit gewöhnlichem Wurstdraht gebunden. Außerdem wird jede äußere Kreuzung und von den inneren Kreuzungen etwa eine um die andere mit 2 mm starkem Draht gebunden so, daß an jedem Bund noch ein längeres Drahtende übrig-

bleibt (etwa 2 m).<sup>1)</sup> Durch diese doppelt gebundenen Kreuzungen werden dann Buhnenpfähle gesteckt und die freien Drahtenden oben um die Pfähle geschlungen.

Darauf werden über den ganzen unteren Wurstrost Faschinen gelegt, etwa fünf Schichten übereinander (je nach der Stärke des Sinkstückes mehr oder weniger); die Faschinen werden so gelegt, daß die Lagen einen guten Verband bilden, nämlich die Faschinen der einen Lage die der anderen Lage möglichst kreuzend, besonders an den Außenseiten. Auf die oberste Faschinenschicht wird alsdann der obere Wurstrost verlegt. Alle Kreuzungen desselben werden zunächst mit gewöhnlichem Wurstdraht gebunden; dann werden die Enden des starken Drahtes von den Pfahlköpfen genommen, fest angezogen und die entsprechenden Kreuzungen des oberen Wurstrostes damit festgeschnürt. Die Pfähle werden herausgezogen. Endlich werden oben neben die Ränder des Sinkstückes noch zwei Würste oder Flechtzäune zum Festhalten des Beschwerungsstoffes angepfählt.

**Tragetaue und Haltetau.** Unter den unteren Wurstrost werden (zu Anfang) zwei Tae verlegt, die das Sinkstück vor dem

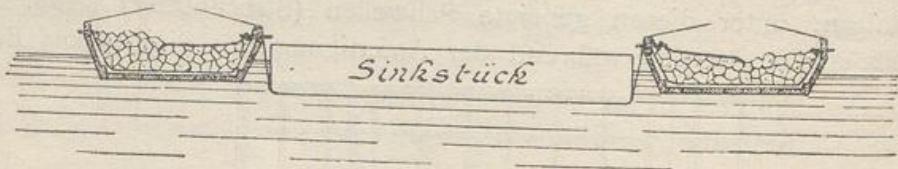


Abb. 258.

Versenken tragen sollen (Tragetaue). Ihre Enden werden um das fertige Sinkstück zunächst oben herumgelegt. An dem landwärts liegenden Ende des Sinkstückes wird in der Mitte eine Schlinge oder Öse eingebaut (aus Tauwerk, Weidengeflecht und dergl.). Durch diese wird das Haltetau geschlungen und an einem eingeschlagenen Pfahl befestigt.

**Abrollen des Sinkstückes.** Die Haltepfähle (oder Knaggen) werden beseitigt, das Haltetau nachgelassen; die Rollen setzen sich alsdann in Bewegung, und das Sinkstück rollt ins Wasser. Die hierbei mit in das Wasser gelangenden Walzen und Bohlen sind an den Enden zur Erleichterung des Herausziehens mit Leinen versehen.

**Verholen und Versenken** (Abb. 258). Jederseits neben das schwimmende Sinkstück werden Kähne gelegt und die Tragtaue daran befestigt. Die Kähne enthalten Beschwerungsstoff, nämlich Steine oder Kies. Mit den Kähnen wird das Sinkstück zur Versenkungs-

<sup>1)</sup> Anstatt des starken Drahtes verwendete man früher 1 cm starke Leinen, sog. Luntleinen. Die Pfähle, um die die Enden dieser Leinen geschlungen wurden, nannte man Luntpfähle.

stelle gefahren. Das Haltetau und die Vordertaue der Kähne werden oberstrom an einem Pfahl oder verankerten Kahn festgelegt. Alsdann wird das Sinkstück, nachdem Fluchtstangen daraufgesteckt sind, ordentlich eingerichtet, mit dem Beschwerungsstoff aus den Kähnen überdeckt, bis es überall bis zum Wasserspiegel eintaucht; die Tragtau werden gelöst, und das Sinkstück sinkt hinab. Die Tragtau werden unter dem sinkenden Sinkstück wieder aufgeholt, auch das Haltetau, das doppelt liegend durch die Öse geschlungen war, wird heraufgezogen.

Anm. Die geneigten Streckbalken des Bretterbodens werden unter Umständen auf Böcken verlegt (zur Herbeiführung der nötigen Neigung bei flachen Ufern) oder auf einem Prahm über festen Unterstützungen angebracht (Abb. 259). Bei großen Sinkstücken werden in der Regel mehr Tragtau als zwei und mehr Haltetaue als eins nötig. Anstatt durch eine Öse greift das Haltetau bisweilen durch das Sinkstück selbst unmittelbar hindurch (Abb. 257). Für den Angriff der Tragtau (Senktaue) werden bisweilen neben den Rändern des Sinkstückes Tauschlingen (Kauschen) mit unten quergestecktem Knüppel im Sinkstück verankert, durch welche die Tau-

geführt werden, die also in diesem Falle nicht unter das Sinkstück hindurchgehen. Mit dem Aufbringen des Beschwerungsstoffes wird nahe den Rändern des Sinkstückes begonnen, so daß diese zunächst

bis zum Wasser eintauchen, dann erst schreitet man nach der Mitte fort. Mit der Beschwerung wird beim Sinken noch etwas fortgefahrene (bis etwa 20 cm Schichthöhe). Das fertig versenkte Sinkstück sackt in sich noch beträchtlich zusammen (einschl. Beschwerung etwa bis zu  $\frac{7}{8}$  der ursprünglichen Bauhöhe). Die Seitenlängen eines Sinkstückes betragen 5 bis 20 m und mehr.

An manchen Strömen (z. B. Memel) werden Sinkstücke auch schwimmend angefertigt; die Unterlage besteht aus schwimmenden Streckbalken (Schwimmbalken, Entfernung je 2 m), die an jeder Langseite durch eine über die Balken gelegte Randbohle in ihrem Abstande gehalten werden. Diese Bohlen werden durch einfache Umschlingung mittels eines durchlaufenden Taues mit den Köpfen der Schwimmbalken verbunden. Nach Fertigstellung des Sinkstückes wird dann diese Tauverbindung gelöst und die Schwimmhölzer unter dem Sinkstück vermittels umgeschlungener Leinen hervorgezogen.

Matratzen oder Matten (Klapplagen) sind langgestreckte, meistens schwimmend angefertigte Sinkstücke von geringer Stärke (0,50 bis 0,60 m), die über Uferböschungen zum Versinken gebracht werden, indem die uferseitige Kante mit Tauwerk oder Draht festgehalten und die Matratze mit Steinen beschwert wird (etwa 0,15 cm stark). Bei größerer Länge wird, während die Anfangsstrecke versenkt

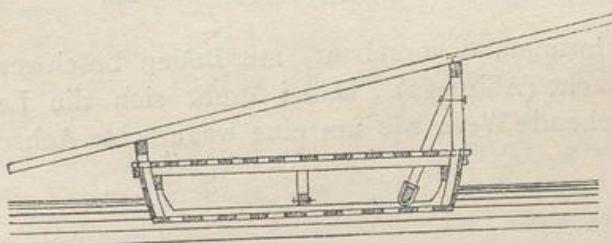


Abb. 259.

wird, die damit im Zusammenhang stehende Fortsetzung der Matratze fertiggestellt, dann versenkt, und so fort (Abb. 247).

**37. Packwerk bei Herstellung einer Buhne.** Das Buhnenpackwerk besteht aus Tauchlagen (vergl. S. 218). Jede Lage wird

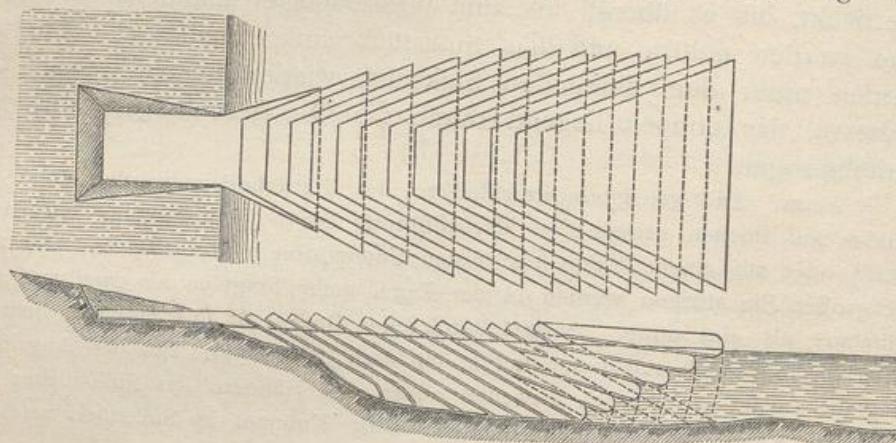


Abb. 260.

schwimmend vorgebaut, mit Boden beschwert und zum Tauchen gebracht (Abb. 260). Dabei dreht sich die Lage um das bereits bestehende Werk wie um eine wagerechte Achse. Die Tauchlagen setzen

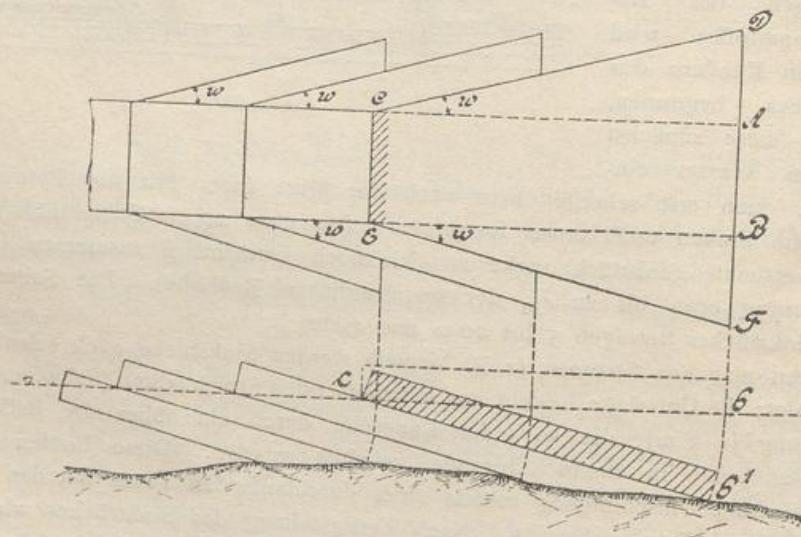


Abb. 261.

sich schuppenartig vor- und übereinander. Die vorderen Tauchlagen lasten dabei auf den hinteren und bringen diese weiter zum Sinken, so daß ihre Vorderkante schließlich den Grund berührt.

Jede Lage ist trapezförmig (Abb. 261). Die kleine Seite des Trapezes schließt an das bestehende Werk an (Anschlußseite  $CE$ ). Die große Grundseite des Trapezes liegt vorn (Vorderseite  $DF$ ). Im

Längsschnitt ist die vorderste Lage im schwimmenden Zustande punktiert gezeichnet (*cb*), im beendeten Tauchzustande gestrichelt (*cb<sup>1</sup>*). Die Schenkelseiten des Trapezes (*CD* und *EF*) fallen in die Seitenböschungen der zu erbauenden Buhne.

Die Neigung der Seitenböschung ist für Packwerksbuhnen fast allgemein 1:1. Die Bemessung der Breiten der trapezförmigen Lage ist abhängig von der Kronenbreite der Buhne, den Seitenböschungen und besonders von der Tiefe, die vorn da gepeilt wird, wo die Vorderseite der Lage den Grund berühren soll.

Die Bauausführung findet nur bei einem geeigneten niedrigen Wasserstande statt. Da nun die Buhnenkrone an der Streichlinie in der Regel auf Mittelwasserhöhe (oder dergl.) liegt und die Krone vom Kopf nach der Wurzel ansteigt, so muß der Bauaufseher beim Ansetzen einer Tauchlage zunächst darüber klar sein, wie hoch am Anschlusse *CE* die Buhnenkrone über dem Bauwasserstande zu liegen kommt. Ist die Kronenbreite der Buhne z. B. 2,5 m und ihre Höhe bei der Anschlußstelle über dem Bauwasserstande = 0,8 m, so muß die Anschlußbreite  $CE = 2,5 + 2 \cdot 0,8 = 4,1$  m genommen werden. Diese Anschlußbreite kann auf die Länge einer Lage gleichmäßig beibehalten werden; sie ist in Abb. 261 durch die beiden punktierten gleichlaufenden Linien *CA* und *EB* hervorgehoben.<sup>1)</sup>

Die Vorderbreite (*DF*) der Tauchlage wird ebenfalls leicht gefunden. Peilt man am Ende der Lage die Tiefe bei *A* oder *B* z. B. 1,4 m, so ist die Vorderbreite in Anbetracht der einfachen Seitenböschung  $= CE + 2 \cdot 1,4$ ; da *CE* im vorliegenden Falle zu 4,1 m ermittelt war, so ist die Vorderbreite  $= 4,1 + 2,8 = 6,9$  m.

Dabei wird kein Gewicht darauf gelegt, daß beim Tauchen die Unterkante (*b<sup>1</sup>* im Längsschnitt), weil im Kreisbogen tauchend, etwas hinter der Kante *b* der schwimmenden Lage (wo gepeilt wurde) zurückfällt wegen der immerhin nur flachen Tauchneigung (höchstens 1:2; siehe weiter).

**Länge der Lage.** Die Länge der Tauchlagen richtet sich im wesentlichen nach der Tauchneigung, nämlich der Neigung, die die fertigen, zur Ruhe gekommenen Tauchlagen haben sollen. Man nimmt für die Tauchlagen als Neigungsverhältnis höchstens 1:2 (nicht steiler) und geht — wenn schwächer Strom vorliegt — auch bis 1:5. Eine steilere Neigung als 1:2 nimmt man deshalb nicht, damit der Beschwerungsboden beim Tauchen nicht herausrinnt (besonders unter dem Einfluß der Strömung). Unter der Voraussetzung, daß bereits am Ufer, in den ersten Lagen, die anzuwendende Neigung, z. B. 1:2, erzielt ist, wird die Länge jeder Tauchlage (*CA*) das Doppelte der bei-

<sup>1)</sup> Streng genommen müßte sich diese Breite auf die Länge einer Lage nach vorn verringern.

$AB$  gepeilten Tiefe betragen, bei einer Neigung von  $1:4$  das Vierfache der gepeilten Tiefe, usf. Dabei wird wieder vernachlässigt, daß die getauchte Kante  $b^1$  hinter der Kante  $DF$  oder  $b$  der schwimmenden Lage etwas zurückfällt.<sup>1)</sup>

Anm. Tritt der seltener Fall ein (Abb. 262), daß bei  $A$  eine wesentlich andere Tiefe gepeilt wird als bei  $B$ , z. B. bei  $A = 1,5$  m und bei  $B = 2$  m, und ist die einzuhaltende Tauchneigung z. B.  $1:4$ , so wird, da man  $CA = 4 \cdot 1,5 = 6$  m lang absetzt,  $EB$  dagegen  $= 4 \cdot 2 = 8$  m, die Vorderseite  $AB$  und deren Verlängerung nach  $D$  und  $F$  schief ausfallen. Es fragt sich nun, wie sind die Punkte  $D$  und  $F$  in der Verlängerung von  $AB$  abzusetzen. Man führt dies vermittels des

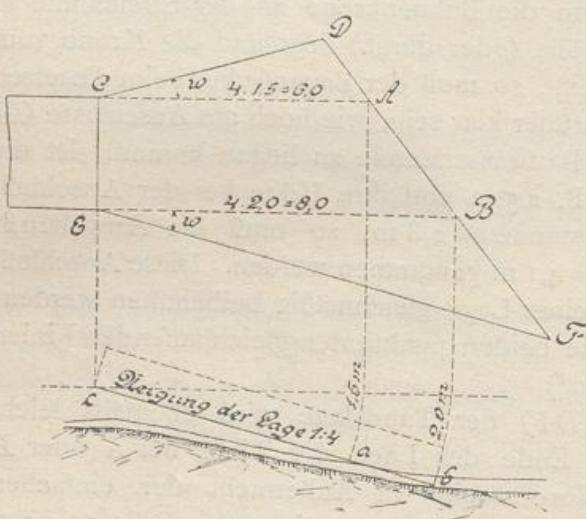


Abb. 262.

Winkels  $w$  aus, der in allen schwimmenden Lagen der Buhne bei gleicher Tauchneigung beiderseits gleich groß ist. Bezeichnet man ganz allgemein die in der Linie  $CA$  oder  $EB$  gepeilte Tiefe mit  $t$ , so ist der am Peilpunkte rechtwinklig abzusetzende Schenkelabstand von  $w = 1 \cdot t$  und die zugehörige Länge (bei der Tauchneigung  $1:4$ )  $= 4 \cdot t$ . Man kann den Winkel  $w$  also z. B. darstellen, wenn man von  $C$  oder  $E$  auf 4 m Länge der Richtung  $CA$  oder  $EB$  jederseits recht-

winklig einen Abstand von 1 m absetzt. Der Bauaufseher stellt also in dieser Weise jederseits den Winkel  $w$  her, legt durch die Punkte  $A$  und  $B$  eine Stange und fluchtet von  $C$  sowie von  $E$  aus in der Schenkelrichtung des Winkels  $w$  mittels einer anderen hingelegten Stange, bis die betreffende Fluchtlinie die Verlängerung von  $AB$  in  $D$  und in  $F$  schneidet; dann sind die Punkte  $D$  und  $F$  als die Endpunkte der schiefen Vorderseite der Lage zu betrachten.

**Bauvorgang.** Jede Tauchlage besteht aus der Vorlage (Ausschußlage) und der Rücklage (Rückschußlage). Beim Beginn des Baues wird durch eingesteckte Stangen am Ufer zunächst die Richtung der beiden Kronenlinien festgelegt; dann hebt man in der Richtung der Krone für die Buhnenwurzel eine Baugrube mit  $1\frac{1}{2}$  fachen

<sup>1)</sup> Bei einer Wassertiefe von 1 m würde die Länge der schwimmenden Lage streng genommen zu machen sein: bei der Neigung  $1:2$  2,24 m (statt 2), bei  $1:2,5$  2,69 m (statt 2,50), bei  $1:3$  3,16 m (statt 3), bei  $1:4$  4,12 m (statt 4), bei  $1:5$  5,10 m (statt 5). Bei größeren Tiefen als 1 m würde man die betreffende Tiefe mit der betreffenden angegebenen Verhältnislänge multiplizieren; z. B. würde bei 2,70 m Tiefe und der Neigung  $1:2$  die Lage nicht 5,40 m, sondern  $2,24 \cdot 2,70 = 6,05$  m lang zu nehmen sein.

Böschungen bis zum vorhandenen Wasserstande aus (die sog. Buhnenkammer). Der Einschnitt wird möglichst so weit landwärts verlängert, daß man eine Uferlage erreicht, die in Kronenhöhe der Buhne liegt. Der Einschnitt muß so breit sein, daß darin die Krone mit den beiderseitigen Böschungen Platz findet.

#### Erste Tauchlage.

Vorlage (Abb. 263 und 264). Zunächst wird am Wasserrande des Einschnittes, am Oberstromende beginnend, eine Reihe Faschinen gelegt, die mit dem Stammende auf dem Rande aufliegen und mit den Wipfelenden etwas fächerartig sich ausbreitend in den Fluß hineinragen. Die Breite, welche dieser Reihe zu geben ist (Anschlußbreite), wird nach Seite 241 ermittelt und bemessen.<sup>1)</sup> Dann folgt die zweite Reihe Faschinen. Sie ruht mit ihren Stammenden auf den Faschinen der ersten Reihe und überragt mit ihren Wipfeln diese um etwa  $\frac{1}{3}$  der Faschinellänge; dann folgt ebenso die dritte Faschinenreihe, die zweite überdeckend, usf. Die Vorlage wird in dieser Weise so lange verlängert, als es die Strömung gestattet.

Die Vorderbreite wird nach Seite 241 bemessen. Auf die Vorlage blickend, sieht man oben nur Stammenden. Sobald einzelne Faschinen oder die ganze schwimmende Lage drohen von der Strömung fortgeführt zu werden, ist eine Verbindung durch Würste und ihre Verankerung in die Kammer hinein notwendig. Die Würste liegen je nach der Strömung 1 bis 1,5 m voneinander entfernt und werden durch eingetriebene Buhnenpfähle (etwa alle 0,60 m) auf der Vor-

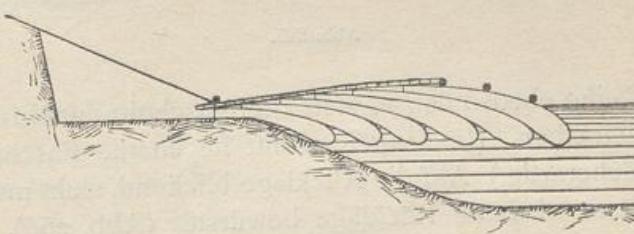


Abb. 263.

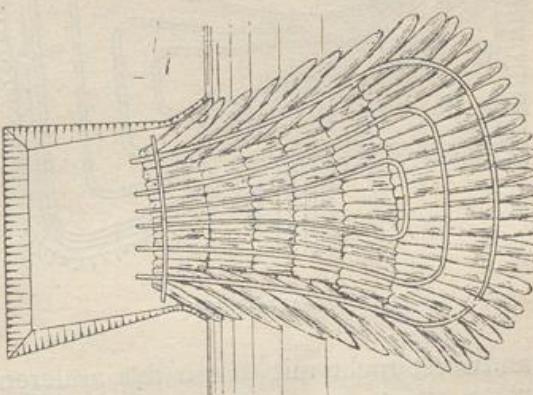


Abb. 264.

<sup>1)</sup> An manchen Strömen wird die Buhnenkammer einen Spatenstich unter Wasser ausgestochen; dann beginnt man die Vorlage am hinteren Ende der Kammer.

lage befestigt und an das Ufer angeschlossen.<sup>1)</sup> (Die Pfähle sind in Abb. 263 bis 267 der Deutlichkeit halber fortgelassen.) Alsdann erfolgt die Ausführung der

Rücklage (Abb. 265). Der auf der schwimmenden Vorlage stehende Vorarbeiter (Faschinenleger) bedeckt die vorderste Randfläche der Vorlage mit einer neuen Faschinreihe, an der Oberstromseite beginnend, dann legt er rückwärts eine zweite Reihe Faschinen so, daß die Wipfel die Stammenden der ersten Reihe überdecken, dann die dritte

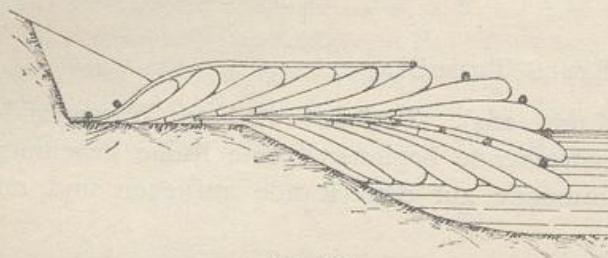


Abb. 265.

Reihe ebenso usf. in den Ufereinschnitt hinein bis an das hintere Ende desselben. (Im Ufereinschnitt liegen die Faschinen gleichlaufend, nicht fächerartig.) Auf die Rücklage blickend, sieht man oben nur Wipfelenden; dann wird die Rücklage bewürstet (Abb. 266). Man legt zwei Randwürste an die Ränder der Lage dicht nebeneinander und steckt durch

sie Buhnenpfähle, alle 0,60 m einen Pfahl, die man, abwechselnd nach der einen und anderen Seite etwas geneigt, durch Schlägel einschlägt, damit beim Versenken der Lage die Wurst nicht über den 20 cm herausragenden Pfahlkopf rutscht. (An den Stößen einer Wurst müssen beide Enden mindestens 1 m nebeneinanderliegen; auch dürfen die Stöße der einen

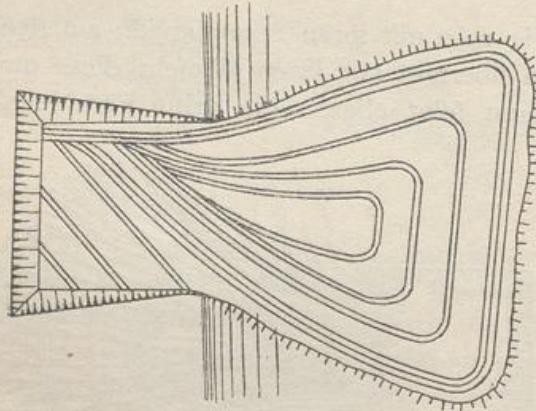


Abb. 266.

Randwurst nicht mit denen der anderen an derselben Stelle zusammenfallen.) Dadurch, daß man die Faschinen der Rücklage sich mehr oder weniger überdecken läßt, kann man nach Wunsch eine verschiedene Stärke der Lage erzielen, auch etwaige Unregelmäßigkeiten der Vorlage wieder ausgleichen.

Neben den Randwürsten werden noch andere Würste in Abständen von etwa 75 cm angeordnet, die im Wurzeleinschnitt, schräg geführt, an der einen Randwurst zusammentreffen; in dem-

<sup>1)</sup> Bei schwacher Strömung oder wenn die Vorlage kurz ist, wird sie meistens nicht bewürstet.

selben Abstande legt man im Einschnitt dann noch einige schräge Querwürste, damit die Würste sämtliche Faschinen möglichst senkrecht treffen.<sup>1)</sup>

Nun bringt man Beschwerungsboden auf, so daß die Würste und Pfähle bedeckt sind. Hierzu wird zunächst der Aushubboden der Buhnenkammer verwendet. Der Boden wird vom Lande aus auf die Lage geworfen und, wenn dies nach vorn zu weit ist, eine Karrbahn gelegt. Die Beschwerung wird so lange fortgesetzt, bis die Lage um ungefähr

die Hälfte der Dicke in das Wasser taucht. Währenddessen wird die Beschüttung im Einschnitt kräftig abgerammt, soweit nach vorn, als die Lage fest aufliegt, oder nur wenig weiter (Abb. 267).

Die Lage erhält auf diese Weise eine Dicke von 0,6 bis 1 m, soweit sie fest aufliegt. Der schwimmende Teil ist stärker (1 bis 1,5 m).

#### Zweite Tauchlage.

Die zweite Tauchlage beginnt man wieder mit einer Vorlage, indem man an der über Wasser befindlichen Oberstromseite der ersten Tauchlage anfängt.

Man baut die Vorlage dann soweit vor, wie die Strömung dies gestattet bzw. die festgesetzte Neigung die Lagenlänge bestimmt. Nach fertiger Vorlage, die wieder nach Bedarf

bewirkt wird, wird die Rücklage hergestellt. Die Rücklage führt man zur Erzielung eines guten Anschlusses meistens bis zur Hälfte der Buhnenkammer zurück, legt die Würste ähnlich wie bei der ersten Lage, bringt Beschwerungsboden auf und rammt die Lage ab, soweit sie aufliegt und etwas darüber hinaus. Zwei Arten der gebräuchlichen Packwerkerrammen sind in Abb. 268 und 269 dargestellt.

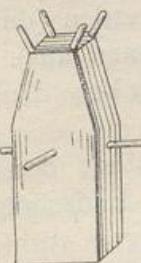


Abb. 268.

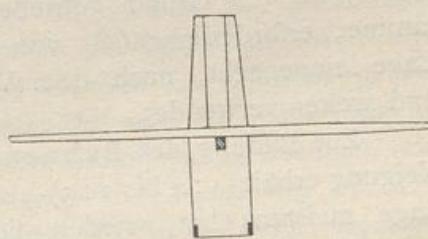


Abb. 269.

<sup>1)</sup> An manchen Strömen ist die Wurstlage etwas anders. Die Randwürste werden an beiden Langseiten gleichlaufend bis hinten geführt. Dann werden über die ganze Lage von Randwurst zu Randwurst Querwürste in 1 bis 1,5 m Abstand genagelt.

### Weitere Tauchlagen.

Jede weitere Lage wird wie die zweite vorgebaut, bewürstet, beerdet, so daß sie vorn eintaucht, ferner abgerammt, soweit sie fest aufliegt (und etwas darüber). Die Rücklage wird dabei bis zum abgerammten Teile der vorigen Lage zurückgeführt.

Anm. Da jede Lage nach dem Versenken eine zweiseitige oder anderweitig festgesetzte Neigung annehmen soll, muß man schon bei der ersten Lage vom Ufer ab darauf achten, daß diese Neigung wirklich erreicht wird. Erforderlichenfalls muß man die ersten Lagen mit etwas keilförmigem Längsschnitt herstellen, nämlich jenachdem die größere Stärke vorn (Pülvlage) oder landwärts (Keillage). Am besten erreicht man die Verstärkung oder Schwächung der Lage in der Rücklage, nämlich durch die größere oder geringere gegenseitige Überdeckung der Faschinen.

Bei starker Strömung unterstützt man die vorgestreckte Faschinreihe der Vorlage durch den sog. Schwimmbaum, ein Rundholz, das unter der ganzen Breite der Lage hinreicht und, in der Stromrichtung liegend, nach Oberstrom durch ein Tau verankert ist. Das andere Ende wird mit dem Bootshaken festgehalten, damit es nicht pendelt. Auf dem Schwimmbaum ruhen die Wipfel der Faschinen. Nachdem auch noch die zweite Reihe gelegt ist, stößt man den Baum weiter vor, so daß er unter den Wipfeln dieser Reihe liegt und fährt so fort.

Sind die Tiefen nicht zu bedeutend (bis 2 m), so werden zu gleichem Zwecke auch sog. Vorsteckpfähle angewendet, nämlich 10 bis 15 cm starke unten zugespitzte Rundholzstangen, die in Entfernungen von etwa 1,5 bis 2 m im Bereich der neuen Lage (fortschreitend mit dieser) in den Grund getrieben werden (durch Schlägel oder Handramme, erforderlichenfalls von Kähnen aus). Sie werden mit in die Lage eingepackt, nach dem Versenken dann wieder herausgezogen und weiter verwendet.

Zur Bildung des Buhnenkopfes, der nach vorn eine flachere Neigung erhält ( $1:4$  bis  $1:5$ ) als die Endschräge der getauchten letzten Lage meistens hat, werden die Lagen vorn stärker gemacht, damit beim Absinken die vorgeschriebene Kopfneigung erreicht wird.

Zum Absenken der Kopflagen werden, besonders bei der letzten Kopflage, Steine zur Beschwerung mitaufgebracht und nach dem Eintauchen nachgeschüttet, damit die endgültige Senkung sicher und bald erreicht wird. Die Kopflagen müssen nach Maßgabe der Tiefe natürlich breiter bemessen sein als die übrigen Lagen der Buhne, da die Seitenböschung des Kopfes meistens flacher anzulegen ist als die gewöhnliche Seitenböschung des Rumpfes der Buhne.

### Ausgleichlage und Kronenlage.

Das beschriebene Tauchpackwerk der Buhne liegt mit seiner Oberfläche schließlich 0,30 bis 0,50 m über dem Bauwasserstande. Die obere Breite ist nach dem Ufer natürlich größer als am Kopf mit

Rücksicht auf die Steigung, die die Buhnenkrone erhalten soll. Der Rücken des Packwerkskörpers ist etwas unregelmäßig und muß ausgeglichen werden. Dies geschieht mit der sog. Ausgleichslage. Mit dieser wird zugleich die Kronensteigung in einer Linie, die etwa 0,40 m unter der eigentlichen Krone liegt, angelegt. Die Faschinen dieser Lage werden rechtwinklig zur Buhnenachse oder wenig schräg, mit den Wipfeln nach den Böschungen liegend, gepackt, dann die Würste gleichlaufend zur Buhnenachse darüber genagelt. Darauf wird Boden aufgebracht und dieser abgerammt, so daß der Boden in die Zwischenräume des Busches gleitet, dann wird nochmals eine dünne Bodenlage aufgeworfen.

Kronenlage. Mit dieser beginnt man am Kopfe und legt die Faschinen wie bei einer Rücklage, die Faschinen jeder Reihe von der Buhnenachse nach der Böschungskante etwas fächerartig übergreifend. Schließlich sieht man nur lauter Wipfelstrauch. Die Lage wird dann bewürstet (meistens Längswürste, bei manchen Flüssen auch alle 2 m Querwürste), beerdet und leicht abgerammt.

In manchen Fällen wird der Uferanschluß verbreitert, entweder die ganze Wurzel einschließlich des Ufereinschnittes, oder es setzt sich die Ausgleichslage zu beiden Seiten des Werkes als Uferwinkel fort; auch diese werden durch Würste befestigt.

Sicherung der Krone. Die Buhnenkrone wird über der Kronenlage noch besonders gesichert: a) durch eine Steindecke oder b) durch Spreutlage oder c) durch Rauhwehr. Über die Sicherungen zu b) und c) vergl. weiter Ziff. 42 und 43. Steindecken über Packwerksbuhnen werden besonders in den dem Stromangriff und Überfall am meisten ausgesetzten Flächen am Buhnenkopf und daran anschließend ausgeführt, in neuerer Zeit aber öfter auch auf der ganzen Krone (Elbe, Oder, Havel). Die Steindeckung kann in einer Beschüttung (Packung) oder in einer regelrechten Pflasterung bestehen. Zur Sicherung des Fußes der Steindeckung wird in Höhe des niedrigen Wasserstandes eine Pfahlreihe von Pflasterpfählen ausgeführt, die im Abstande von etwa 15 cm geschlagen, bisweilen aber auch etwas weiter gestellt werden, nämlich zur Bildung eines Flechtzaunes, indem die Pfähle mit Weidenruten durchflochten werden.

Buhnenkopf. Durch das Vorbauen der Packlagen wird die Strömung stets etwas verstärkt. Oft werden dadurch Auswaschungen in der Sohle hervorgerufen, die dann gegen den Kopf hin am größten werden. In solchen Fällen werden infolgedessen mehr Faschinen gebraucht als nach den Vorpeilungen veranschlagt war, aber auch die Neigung der Tauchlagen fällt steiler aus als beabsichtigt wird. Bei schnell fließenden Strömen mit Sandgrund ist es daher immer nötig, die Grundfläche für die Herstellung des Kopfes vor Ausführung der nötigen Tauchlagen zu decken. Dies geschieht mit Sinkstücken

(z. B. Oder, Weichsel, Memel) oder mit Senkfaschinen (z. B. Elbe). Diese Sohlendeckungen reichen meist noch weiter über den Kopf hinaus; oft werden sie als Kopfschwelle ausgebildet. Die Beschüttung des Kopfes unter N. W. mit Steinen erstreckt sich bis zur Pflasterpfahlreihe.

Die Tauchlage, die an ein Sinkstück anschließen soll, muß als Pülvlage ausgeführt werden.

Das Pflaster erhält eine Unterlage von Kies (über der Beerdung der Kopflage), 20 bis 25 cm stark oder von Ziegelbrocken (letztere in kiesarmer Gegend). Die Steine müssen gut dichtschließend gesetzt und Zwicker mehr als Notbehelf verwendet werden. Unten stützt sich das Pflaster gegen die Reihe von Plasterpfählen (höchstens 0,15 m Zwischenraum von Pfahl zu Pfahl, in der Regel 20 cm von Mitte zu Mitte). Auch oben und an den Böschungen wird das Pflaster mit Pfählen eingefäßt.

Um einen regelrechten kegelförmigen Kopf mit den vorgeschriebenen Böschungen zu erhalten, werden erst einzelne Lehren

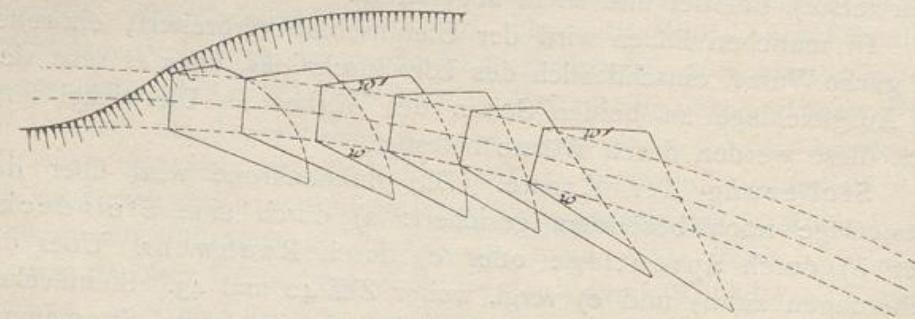


Abb. 270.

(Bahnen) gepflastert (von unten nach oben) und dann die Felder zwischen diesen Lehren voll gepflastert.

### 38. Packwerk bei Herstellung eines Leitwerkes (Abb. 270).

Leitwerke, die oberstrom Uferanschluß haben, werden, soweit die Berührung mit dem Ufer reicht, wie Deckwerke ausgeführt (Ziff. 39). Von der Stelle, wo sie frei ins Wasser treten, beginnt das eigentliche Leitwerkspackwerk. Die Lagen werden hierbei als Tauchlagen wie bei einer Buhne ausgeführt. Die Anschlußbreite der Lage wird nach der Höhe der Leitwerkskrone über der Anschlußfläche (Wasserspiegel) unter Beachtung der Seitenböschungen des Werkes bemessen, die Länge der Lage nach dem zu beobachtenden Neigungsverhältnis der Lagen, die Vorderbreite nach den vorgeschriebenen Seitenböschungen und der Tiefe. Nur bei starkem Strome und bei großen Tiefen nimmt man ein steileres Neigungsverhältnis der Lagen ( $1:2$ ), sonst  $1:3$  bis  $1:5$ . Die Seitenböschungen sind meistens anders als bei Buhnen; denn die Außenböschung des Leitwerkes ist immer flacher als die Innenböschung, nämlich  $1:1,5$ , auch  $1:2$  bis  $1:5$ , die Innenböschung dagegen  $1:1$ .

oder steiler, besonders wenn das Leitwerk nachträglich hinterfüllt werden soll. Der Innenwinkel  $w^1$  jeder Lage wird dementsprechend natürlich anders und zwar kleiner als der Außenwinkel  $w$ . Dies ist noch besonders zu beachten in den Fällen, wenn, wie meistens bei Leitwerken, Querneigung in der Flußsohle vorhanden ist, wobei dann die Vorderseite der Lagen mit Hilfe der Winkel  $w$  und  $w^1$  schief abgesetzt wird, ähnlich wie bei einer Buhne, im Oberstromfang sogar etwas gebogen (vergl. Abb. 270).

Bei großer Tiefe und beweglicher Sohle erhalten auch Leitwerke eine Grundlage von Sinkstücken oder Senkfaschinen.

Die Außenböschung der Packwerksleitwerke (besonders bei steiler Böschung 1:1,5 und dergl.) wird immer mit Steinen beschüttet, die Krone wird mit Ausgleichslage und Kronenlage ähnlich wie bei einer Buhne gebildet, desgl. findet eine Kronensicherung durch eine Steindecke, durch Spreutlage oder Rauhwehr statt.

Endet das Leitwerk in offenem Wasser, so erhält es einen Kopf, der ähnlich wie ein Buhnenkopf gebildet wird.

Werden Leitwerke oberstrom mit einem Querflügel an das Ufer angeschlossen, so wird dieser ähnlich wie eine Buhne erbaut. An der Ecke, wo das Leitwerk abgeht, wird ein Kopf gebildet, ähnlich einem Buhnenkopf.

### 39. Packwerk bei Herstellung eines Deckwerkes.

a) Gewöhnliches Packwerk (Trockenpackwerk) (Abb. 271, I bis III).

Uferdeckungen aus gewöhnlichem Packwerk werden häufig angewendet bei Abbrüchen, die durch Wellenschlag hervorgerufen werden (also nicht tief unter Niedrigwasser zu reichen brauchen), auch zu Deckwerken, die als Fuß und Stütze einer flachen Uferböschung dienen sollen und dergl. (Sie bilden häufig auch den Oberstromfang eines Tauchlagen-Deckwerkes.)

Der Querschnitt eines solchen Deckwerkes ist, je nach Umständen, ein Parallelogramm oder ein Trapez, je nachdem nämlich vorher nur Ausschachtung stattfindet oder das Packwerk vorgebaut und nachträglich hinterfüllt wird (s. I und II). Das Packwerk besteht aus verschiedenen Lagen. Jede Lage besteht aus Faschinen, die quer zur Uferrichtung aber etwas schräg stromab, mit den Wipfelenden nach außen, gepackt werden 0,30 bis 0,50 m hoch. Über die Faschinen werden Längswürste je in etwa 0,6 m Entfernung gelegt und genagelt. Die Lage wird dann mit trockenem Boden beworfen, so daß die Würste eben überdeckt werden; dann wird die Lage abgerammt, so daß der Boden in den Busch eindringt und noch ein wenig Bedeckung bleibt, andernfalls wird Boden nachgeworfen. Dann wird ebenso die zweite Lage aufgelegt usf., je nach der Höhe des Deckwerkes und

dem vorgeschriebenen Böschungsverhältnis. Das Deckwerk erhält auf der Böschung und auf der Krone, falls diese frei hervorsteht, eine Spreutlage (oder Rauhwehr).

An den Märkischen Wasserstraßen nennt man ein so hergestelltes Deckwerk schweres Deckwerk, zum Unterschiede von leichtem Deckwerk, das im wesent-

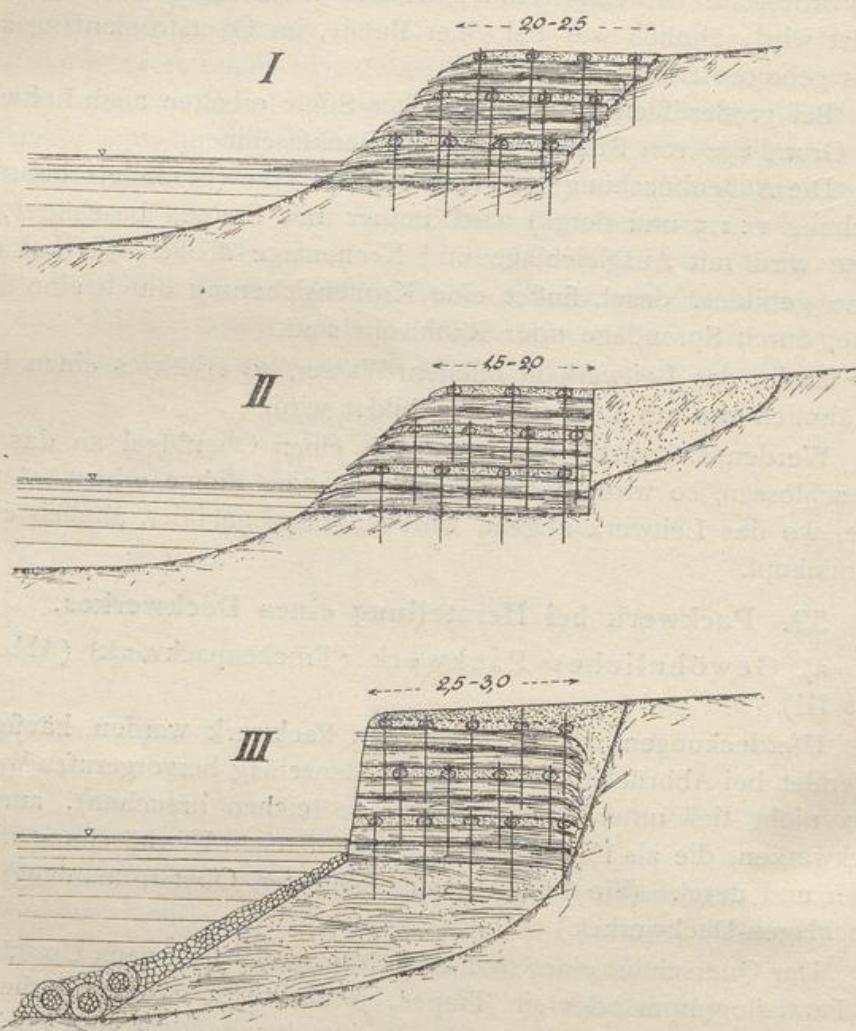


Abb. 271.

lichen aus einer auf die Uferböschung gelegten und bewürsteten Schicht von Faschinenreisern (etwa 15 cm stark) mit Spreutlage darüber besteht.

Bei steilerer Böschung als 1:1 empfiehlt es sich, die Stammenden der Faschinen nach außen zu nehmen und sie gut und glatt abzurichten (s. III).

Ganz steil, höchstens mit einer Steigung von 1: $\frac{1}{5}$  bis 1: $\frac{1}{8}$ , werden derartige Deckwerke öfters für Uferladestellen in ländlicher Gegend ausgeführt. Die Baugrube wird für 2,5 bis 3 m Lagenbreite,

je nach der Länge der Faschinen, bis zum Wasserspiegel ausgehoben. Die Faschinen werden in je zwei Lagen übereinander quer zum Ufer mit den Stammenden nach außen gelegt und fest abgerammt unter Aufbringung von Kies oder guter Füllerde. Die Bewürstung geschieht wie gewöhnlich (s. III). (Es werden auch, wie dies an manchen Flüssen üblich ist, nur zwei bis drei Reihen Pfähle ohne Würste eingetrieben; die Pfähle haben oben dann ein angenageltes Querholz, die Pfähle 0,60 m voneinander entfernt; bisweilen werden außer diesen Pfählen noch Würste, die mit kleineren kreuzweise geneigt eingetriebenen Pfählen gehalten werden, verwendet.) Solches Packwerk muß natürlich auf durchaus sicherer, gegen Kolkungen geschützter Ufersohle aufruhen, erforderlichenfalls erhält es eine Unterlage von fest abgerammtem Tauchpackwerk mit Senkfaschinen- und Steinsicherung und dergl. (s. III).

#### b) Deckwerke mit Tauchlagen.

Leitwerkartige Tauchlagen (Abb. 272). Die Lagen werden in ihrer Länge für Tauchneigungen eingerichtet wie bei einem Leitwerk. Wo das Deckwerk mit seiner Innenböschung hart an das Ufer zu liegen kommt, ist die natürliche Querneigung des Ufers zu beachten; die Vorder-(Unterstrom-)seite der Lagen wird dann naturgemäß schiefliegen oder gebogen. Der Winkel  $w^1$  fällt mit seinem Schrägschenkel dann sogar stromwärts von der Anschlußkronenlinie. Wo das Deckwerk jedoch mehr vor der Abbruchslinie vortritt, unterscheidet sich die Ausführung nicht von der eines Leitwerkes.

Auch bei Deckwerken erhält das Packwerk erforderlichenfalls eine Unterlage von Sinkstücken oder Senkfaschinen.

Lange Tauchlagen. In mäßiger Strömung (z. B. an der Havel) werden die einzelnen Lagen auch in ganzer Länge vor dem Ufer schwimmend vorgebaut und versenkt. Sie setzen sich also dann nicht trapezförmig und schuppenartig über- und voreinander, sondern werden bandartig hergestellt und versenkt übereinander, die obere Lage zur Bildung der Böschung hinter der unteren etwas zurückgetreppelt. Die unteren Lagen setzen sich dabei natürlich mit etwas Querneigung auf, infolge der Sohlenneigung, falls nicht vorher eine Baggerung stattgefunden hat (wie in Abb. 234).

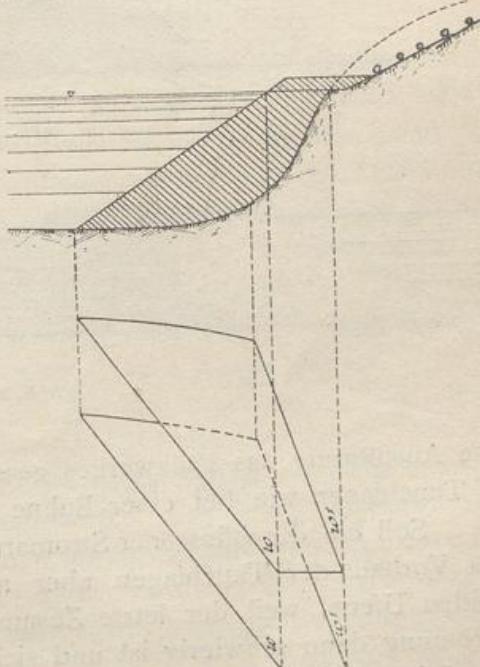


Abb. 272.

Jede Lage erhält Längs- und Querwürste. In gewissen Zwischenräumen wird die schwimmende Lage mit langen Querwürsten nach dem Ufer durch Anpfählung verankert, damit sie beim Absenken nicht stromwärts gleitet. Die Lagen werden erforderlichenfalls nach Bedarf hinterfüllt und die oberen Lagen nach hinten zurück getrepppt, bei größerer Entfernung vom Ufer aber hinten senkrecht übereinander angeordnet und dann hinterfüllt.

Über Deckwerke mit Klapplagen vergl. S. 233, Abs. b.

#### 40. Packwerk bei Herstellung eines Sperrdammes (Abb. 273 und 274).

Der Sperrdamm muß sich auf beiden Enden an festes, entsprechend hohes Ufer anschließen, damit die Wurzel wie bei Buhnen sicher ausgeführt werden kann und nicht hinterströmt wird. Flügelsicherungen, im Anschluß an die Wurzel (entsprechend den Buhnenwinkeln und dergl.), sind außerdem meistens noch besonders nötig.

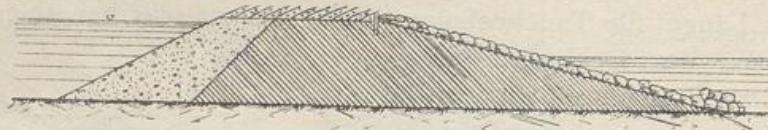


Abb. 273.

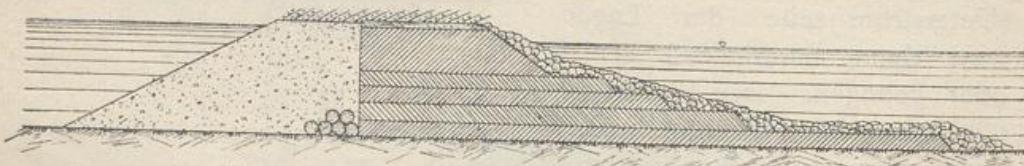


Abb. 274.

Die Ausführung des Packwerkes geschieht, wo tieferes Wasser ansteht, in Tauchlagen wie bei einer Buhne und zwar von beiden Ufern aus.

Soll ein durchflossener Stromarm durchdämmt werden, so erfolgt der Vorbau der Tauchlagen aber am besten nicht gleichzeitig von beiden Ufern, weil der letzte Zusammenschluß wegen der verstärkten Strömung dann schwierig ist und sich starke Auskolkungen bilden. Es empfiehlt sich vielmehr, zunächst an einem und zwar an demjenigen Ufer zu beginnen, das am meisten dem Stromangriff ausgesetzt ist und so weit vorzubauen, daß zunächst keine zu starke Verengung des Querschnittes eintritt, dabei die Tauchlagen möglichst flach (etwa 1:4) zu halten und die letzte Lage mit Steinen beschwert abzusenken. Alsdann erbaut man den anderen Teil vom gegenüberliegenden Ufer aus wie eine Buhne mit gewöhnlicher Lageneigung bis zum dichten Schluß mit dem ersten Teil. Ein besonders kräftiges Abrammen beim Versenken der Lagen ist erforderlich. Wegen des Übersturzes bei höheren Wasserständen wird die Unterstromböschung des Sperrdammes 1:3 bis

1:4 genommen und mit Steinen beschüttet, die Oberstromböschung wird 1:1. Die Breite der Tauchlagen ist dementsprechend zu bemessen (Abb. 273). Bei größeren Tiefen und bei losem Grunde wird zunächst die Sohle bis zu einer gewissen Höhe zweckmäßig mit Sinkstücken gedeckt, die dann nach unterstrom zur Bildung eines Sturzbettes noch weiter gelegt werden, als der Fuß des über die Sinkstücke auszuführenden Packwerkskörpers greift (Abb. 274). An Stelle der Sinkstücke werden bisweilen auch Senkfaschinen verwendet. Oberstrom wird vor dem Packwerkskörper noch ein Erddamm geschüttet (Böschung 1:2, Kronenbreite 2 bis 6 m), welcher besonders dichtend wirkt (Weichsel).

Die Krone des Sperrdammes, die 4 bis 10 m breit sein kann, wird durch Rauhwehr gesichert (seltener durch Steinpflaster zwischen Pfahlreihen). Auch der vorgesetzte Erddamm erhält Rauhwehr. Das Rauhwehr wird aber zweckmäßig noch mit Steinen überpackt. Im übrigen zeigt die Querschnittsgestaltung der Sperrdämme mancherlei Verschiedenheiten selbst bei demselben Strome.

**41. Versacken des Packwerkes.** Selbst gut ausgeführtes und gehörig abgerammtes Packwerk versackt nach einiger Zeit (nach einem und mehr Jahren). Das Sackungsverhältnis ist um so größer, wenn der Beschwerungsstoff geringwertig (gewöhnliche Erde) und die Ausführung schlecht ist. Man kann als Grenzen des Sackungsverhältnisses  $\frac{1}{8}$  bis  $\frac{1}{12}$  der Bauhöhe annehmen. Bei der Ausführung der Strombauwerke im Packwerk wird daher tunlichst eine Überhöhung gegeben. Vor Ausführung der Ausgleichs- und Kronenlage läßt man die hergestellten Werke möglichst mehrere Wochen liegen, damit sie nachsacken können. Soweit Spreutlage auf der Krone des Werkes angewendet wird, ergibt sich eine gewisse Überhöhung dadurch, daß die Spreutlage über die eigentliche entwurfsmäßige Bauhöhe zu liegen kommt, welche nur bis Oberkante der Kronenlage gerechnet wird. Nach Verlauf von etwa fünf bis acht Jahren nach Erbauung müssen die Strombauwerke aus Packwerk in der Regel wieder aufgehöht (aufgeholt) werden. In späteren Jahren findet dann u. U. eine abermalige, wenn auch geringere Aufholung statt.

**42. Spreutlagen.** Man unterscheidet Spreutlagen zur Sicherung von Packwerkskronen und Spreutlagen zur Deckung von Uferböschungen, Anschüttungsflächen und dergl. In beiden Fällen werden die Weidenreiser meistens (nicht immer) quer zur Strömungsrichtung gelegt. Die Stärke der Reiserlage rechnet man je nach den Umständen 5 bis 10 cm, die Reiser höchstens 2 cm stark. Sie werden in der Regel mit übergenagelten Würsten befestigt; diese liegen je in etwa 0,6 bis 0,8 m Abstand. An Stelle der Würste werden bisweilen auch Flechtzäune verwendet. Bei Uferspreutlagen kommt statt der Würste auch 2 mm starker verzinkter Eisendraht zur Anwendung.

Die Spreutlagen müssen im Herbst gelegt werden, wenn das Laub schon welk ist, oder im Frühjahr, wenn die Weiden noch nicht belaubt sind.

a) Spreutlage zur Sicherung von Packwerkskronen. Wo auf der Krone, z. B. einer Buhne, nur Längswürste zur Befestigung der Spreutlage angewendet werden, werden die Spreutreiser quer zur Mittellinie des Werkes gelegt, die Wipfelenden stromab gerichtet und ebenso wie die Stammenden etwas über die Böschung greifend. Die Stammenden werden in den auf der Krone des Werkes vorher aufgebrachten Boden (möglichst Mutterboden) gesteckt. Längswürste werden in der Regel gelegt wie folgt: an den Kronenkanten je eine doppelte Randwurst und zwischen diesen einfache Längswürste je in 0,60 bis 0,80 m Entfernung. Eine weitere Längswurst kommt dann noch auf jede Böschung, bisweilen auch zwei. Jede Wurst wird mit sog.

Spreutlagepfählen<sup>1)</sup> in 0,50 bis 0,60 m Entfernung genagelt. Dann wird eine Schicht Boden (am besten Mutterboden) auf die Spreutlage gebracht, die die Würste soeben mitbedeckt.

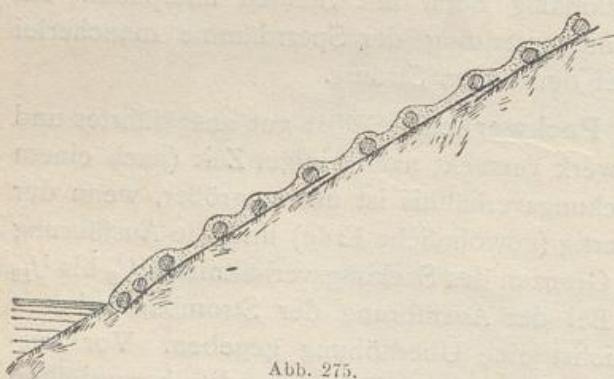


Abb. 275.

flechtzäunen) auch Querwürste (Querflechtzäune) üblich, die aber etwas schräg zur Richtung des Werkes (unter 45°) angeordnet werden in Abständen je etwa von 0,60 m. In diesem Falle werden die Weidenreiser meistens so gelegt, daß die Stammenden etwa in die Mittellinie der Krone kommen und die Wipfelenden etwas schräg über die Seitenböschungen hinüberfallen, diese noch etwa 0,50 m überdeckend. Erhalten die Buhnen an der Wurzel Uferwinkel, so wird auch über diese die Spreutlage geführt. Die Würste laufen dann von den Kronenkanten schräg ab auf das Ufer (sie werden hier meistens doppelt nebeneinandergelegt).

An den Märkischen Wasserstraßen kommt über der Beerdung der Spreutlage eine dünne Lage Kalksteingrus.

b) Spreutlage als Uferdeckung (Abb. 275). Die Weidenruten liegen hier quer zum Strome (also in der Böschungsneigung), die

<sup>1)</sup> Vergl. Baustofflehre S. 33, Ziff. 34. Die Spreutlagepfähle haben bei verschiedenen Verwaltungen verschiedene Abmessungen; bisweilen werden sie aus den Buhnenpfählen genommen.

Würste gleichlaufend zum Strome in Entfernungen von 0,60 bis 0,80 m. Die Dicke der Lagen wechselt je nach dem Angriff durch Strom oder Wellenschlag von 0,10 m bis zu einer einfachen, aus nebeneinander gelegten Ruten gebildeten Decke. Auch die Würste werden möglichst aus grünen Weidenruten gewählt, um ein sicheres Ausschlagen zu erzielen.

Am Fuße der Böschung oder am Wasserspiegel erhält die Spreutlage meistens eine doppelte Wurst. Über die Reiserlage bringt man Mutterboden von 0,10 bis 0,15 m Stärke auf, so daß jedenfalls die Würste mitbedeckt werden.

Längswürste (gleichlaufend zum Strome) zeigen bei starker Strömung den Übelstand, daß, wenn die noch frische Spreutlage überströmt wird, das Wasser die Beerdung besonders längs den Würsten leicht abspült. Neuerdings werden daher die Würste zuweilen schief, vom Fuß nach der oberen Uferkante steigend angeordnet. Man kann statt der Würste auch Flechtbänder aus Weidenruten nehmen, die dann mit Hakenpfählen befestigt werden. Wird statt der Würste 2 mm

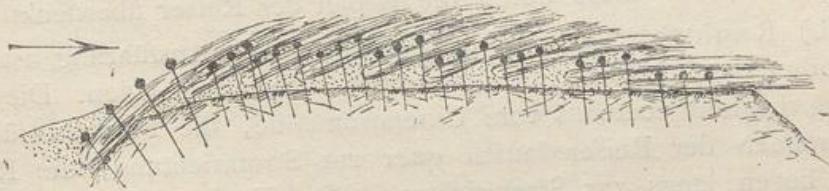


Abb. 276.

starker verzinkter Draht verwendet, so wird er fest um die Köpfe der eingeschlagenen Pfähle geschlungen.

**43. Rauhwehr.** Man unterscheidet Rauhwehr zur Sicherung von Packwerkskronen und Rauhwehr zur Deckung von Uferböschungen.

Rauhwehr unterscheidet sich von Spreutlage dadurch, daß die Reiser fast stets gleichlaufend zum Strome, und zwar mit den Wipfeln stromab liegend in einzelnen Reihenlagen so aufgebracht werden, daß diese sich gegenseitig zum Teil überdecken, nämlich die Wipfelenden der einen Lage die bewürsteten Stammenden der vorigen Lage. Die Stammenden jeder Lage werden zuvor in dazu ausgeworfene Furchen gelegt.

a) Rauhwehr zur Sicherung von Packwerkskronen (Abb. 276). Bei einer Buhne wirft man längs der Unterstrom-Kronenkante in der Beerdung eine Furche aus, die von der Kronenkante etwa einen Abstand von  $\frac{2}{3}$  der Länge der Weidenfaschine hat. Die Furche hat etwa die Tiefe einer Faschinastärke (25 bis 30 cm) und läuft auf dem ganzen Werk gleichlaufend mit der Kronenkante hin. In dieser Furche werden die Reiser in der gehörigen Stärke nebeneinander mit den Wipfeln nach unterstrom ausgebreitet. Über die Stammenden dieser Lage nagelt man zwei bis drei Würste. Dann wird die zweite Furche

gleichlaufend mit der ersten etwa 0,75 m nach oberstrom ausgeworfen und die Erde zwischen die Würste der vorigen Reiserlage geworfen, dann die Reiser wie in der vorigen Lage gelegt und mit zwei bis drei Würsten befestigt usf. Die Stammenden der letzten Reiserlage werden über die Kronenkante auf die Oberstromböschung gelegt, diese etwa 0,80 m bedeckend. Hier verwendet man die längsten Reiser und nagelt drei bis vier Würste über dieselben. Das fertige Rauhwehr zeigt an der Oberfläche lauter Wipfelkreis. Der bewürstete Oberstromstreifen des Rauhwehrs wird am besten durch Steinschüttung oder Pflaster überdeckt (Weichsel).

Bei Längswerken wird mit dem Rauhwehr an dem Unterstromende begonnen; zur Einbettung der Stammenden der Reiserlagen werden nacheinander Querfurchen ausgeworfen; im übrigen geschieht die Ausführung sinngemäß wie bei einer Buhne. Der Vorzug des Rauhwehrs vor der Spreutlage besteht darin, daß es bald nach Ausführung überströmt werden kann, ohne daß die Beerdung ausgespült wird, weil diese durch die Wipfel der Reiser überdeckt wird.

b) Rauhwehr als Uferdeckung. Die Ausführung ist von der vorher beschriebenen im allgemeinen nicht verschieden. Die Ausführung beginnt ebenfalls vom Unterstromende, die Furchen für die Stammenden der Reiser laufen quer zur Stromrichtung, die Reiser selbst liegen längs zur Stromrichtung. Die Entfernung der Furchen voneinander, sowie die Zahl der Würste richtet sich nach der Länge des zur Verfügung stehenden Weidenstrauches.

**44. Weidenpflanzungen.** Sie dienen u. a. dazu, Anlandungen allmählich aufzuhöhen dadurch, daß sich die Sinkstoffe durch Verlangsamung der Strömung zwischen den Weiden niederschlagen; außerdem befestigen ihre Wurzeln den Boden. Weidenpflanzungen werden aber auch auf sonstigen stromstaatlichen Grundstücken ausgeführt, um diese nutzbar zu machen und Faschinenholz oder Reiser für eigene Verwendung oder zum Verkauf zu gewinnen. Spreutlage und Pflanzweiden kommen gut fort in der Höhe von Mittelsommerwasser bis etwa 0,60 m über Mittelwasser. Man unterscheidet: a) Reihenpflanzungen, b) Nesterpflanzungen und c) Rauschen. Zu den Pflanzungen zu a) und b) werden Weidenstecklinge verwendet; d. s. 40 bis 80 cm lange Stöcke von zwei- bis dreijährigen Weiden, deren Seitenzweige entfernt sind. Beide Enden werden glatt und zwar schief abgeschnitten. Stecklinge dürfen nur im Herbst oder im frühesten Frühjahr geschnitten und gepflanzt werden, wenn die Saftbewegung noch ruht.

a) Reihenpflanzung. Hierbei werden in Reihen, die 0,50 bis 0,70 m Abstand haben, in Zwischenräumen von 0,30 bis 0,70 m Löcher mittels des Stecklingseisens gestoßen und die Stecklinge in die Löcher gesteckt, meistens so, daß sie etwas stromab geneigt stehen.

Die Stecklinge bleiben 20 bis 30 cm (also etwa um die Hälfte) oberhalb der Erdoberfläche.

b) Nesterpflanzungen. Man gräbt Löcher (Nester) von 0,30 bis 0,50 m Länge und Breite, quadratisch oder rund, einen Spatenstich tief. Die Nester liegen in Reihen und sind ungefähr 1 m von Mitte zu Mitte entfernt. In jedes quadratische Loch steckt man vier Stecklinge, in jede Ecke einen (meist ebenfalls etwas stromab gerichtet wie vor); dann werden die Löcher wieder mit Erde verfüllt. In runden Löchern werden die Stecklinge am Umkreise gleichmäßig verteilt eingesetzt, in jedes Loch je nach der Größe sechs bis acht Stück.

c) Rauschen. Man hebt quer zur Stromrichtung Gräben von 30 bis 40 cm Breite und 50 cm Tiefe aus; in diese werden gleich lang abgeschnittene Weidenbündel von 15 bis 20 cm Stärke und 0,80 bis 1,5 m Länge dicht an dicht gestellt (sie stehen also etwa 0,30 bis 1 m heraus) und dann die Gräben wieder zugeworfen. (Man kann die Gräben auch mit dem Pfluge ziehen und die Weidenruten hineinlegen, dicht aneinander, wie man sie schneidet.) Die Rauschen sind lebendige Schlicksänge, sie sind zur Aufhöhung von Anlandungen sehr wirksam.

**45. Sonstige Pflanzungen.** Fertige Verlandungen oder Anschrüttungen in Höhe von M. S. W. und darüber werden häufig am zweckmäßigsten mit einer festen Rasendecke versehen.

Hierzu eignet sich besonders das Rohrglanzgras (Havelmielitz), das lange unter Wasser aushält, ohne zu ersticken. Bei lange anstehendem Wasser wächst es hindurch bis zum Wasserspiegel. Es kommt neuerdings sehr in Aufnahme; es wird angesät oder angepflanzt. Es kommt auch auf höheren Anlandungen gut fort, eignet sich namentlich auch für den untersten Teil beraster Uferböschungen. Flach abgeböschte Ufer an Niederungsflüssen werden gegen Wellenschlag bisweilen zweckmäßig durch Schilfpflanzungen geschützt. Die Schilfstauden werden mit angebundenen Steinen beschwert in Furchen gesetzt, die im flachen Wasser mit der Baggerschaufel gemacht und mit Boden leicht wieder zugedeckt werden. Das Schilf verlangt eine Tiefe von einigen Dezimetern unter M. S. W. Einen ähnlichen Schutz bieten Rohrpflanzungen, die aber tiefer wurzeln als Schilf, ferner Binsen, die noch tiefer als das Rohr zu stehen kommen.

### E. Leichtere Uferdeckungen.

**46. Uferdeckungen** (Abb. 277). Außer den mitgeteilten Arten der Deckwerke werden von Fall zu Fall auch leichtere Deckungen angewendet, besonders dort, wo das Ufer nur mäßigem Stromangriffe und nicht dem Wellenschlage der Dampfschiffe oder sonstigen Einwirkungen durch die Schiffahrt ausgesetzt ist. Derartige Fälle treffen

meistens zu bei abbrüchigen Hochufern, auch bei Ufern, die von der Schiffahrtsrinne entfernt liegen, zumal in Nebenarmen, auch in nicht schiffbaren Nebenflüssen. Für diese empfehlen sich schon aus dem

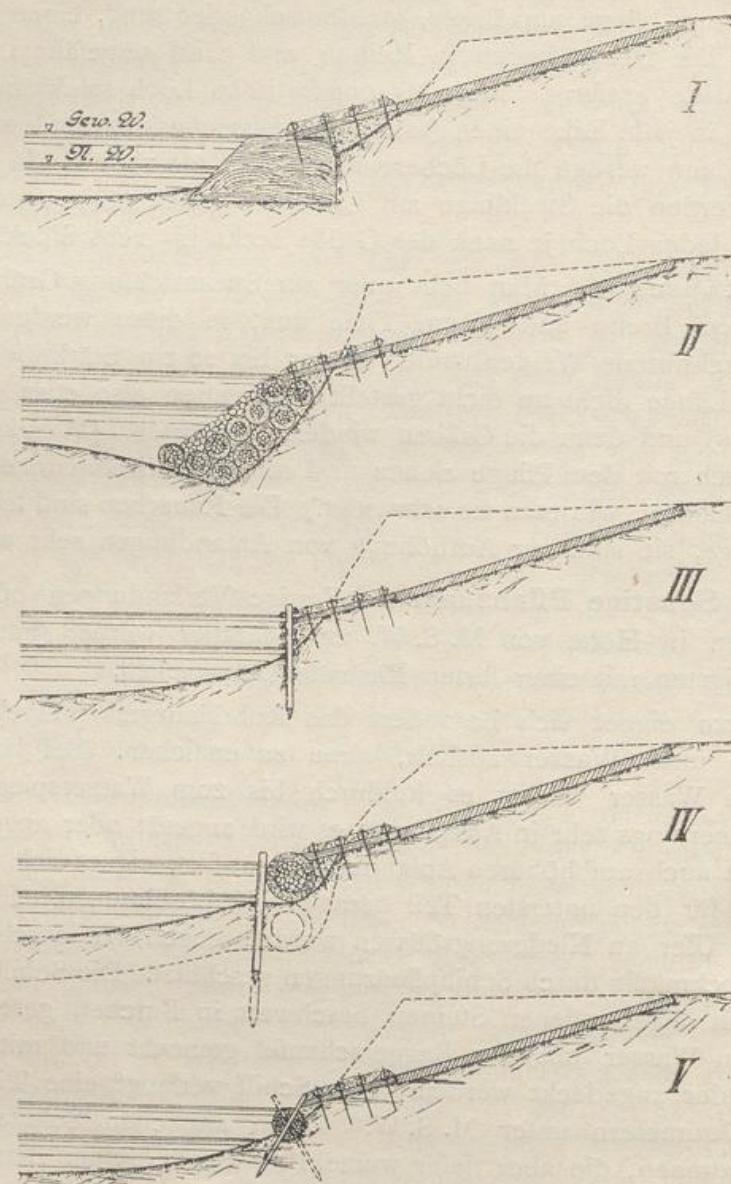


Abb. 277.

Grunde leichtere Deckungsarten, weil die Kosten sonst unverhältnismäßig hoch sein würden.

Bei allen diesen Deckungen ist möglichst dahin zu streben, daß das Ufer über dem gewöhnlichen Wasserstande flach abgeböschkt wird ( $1:3$ , höchstens  $1:2$ ). Dies geschieht entweder durch Abgraben der steilen Abbruchsböschung (vergl. Abb. 277 bei II bis V) oder durch

teilweises Abgraben und Vorschütten der Böschung, je nachdem, wie es die neu herzustellende Uferlinie bedingt (vergl. Abb. 277 bei I). Die flache Böschung wird mit Flachrasen befestigt, im oberen Teile anstatt dessen u. U. auch angesät (vergl. Erdarbeiten S. 55, Ziff. 13), im unteren Teile anstatt des Rasens auch mit Spreutlage (Abb. 277) oder Rauhwehr befestigt. Die Spreutlage erhält bisweilen auch noch eine Unterlage von bewürstetem toten Strauch. Diese Deckungen kann man die Oberdeckung nennen. In Höhe des gewöhnlichen Wasserstandes, bis zur erforderlichen Tiefe, ist zur Stütze der Oberdeckung und zum Schutze gegen Ausspülung meistens noch eine Unterdeckung erforderlich; diese kann je nach Lage des Falles bestehen: in Packwerk (I), in Senkfaschinen (II), in Flechtzäunen (III) oder in dichten Pfahlreihen, in Sinkwalzen (IV), in einer einfachen Faschinewurst (V), in Steinschüttungen und dergl. Bei starken Einbuchtungen muß die Unterdeckung, namentlich Packwerk, bisweilen weiter vorgezogen werden, um den Strom bei gewöhnlichen Wasserständen von der Oberdeckung abzuhalten; dann werden quer zwischen der Linie der Unterdeckung und der der Oberdeckung Schlickfänge eingebaut und die Zwischenräume entweder sogleich mit Boden, besonders Kies, ausgefüllt oder die Ausfüllung der allmählichen Auflandung überlassen (Abb. 278). Hand in Hand geht damit in der Regel ein Abgraben der gegenüberliegenden vorspringenden Bank zur Erweiterung des Flußquerschnittes und demnach Ermäßigung der Strömung an der Buchtungsseite. Sind die Tiefen vor dem einbuchtenden Abbruchsufer bedeutend, so empfiehlt sich häufig die Ausführung von kurzen Buhnen in mäßigen Abständen (Abb. 279). Die Stärken und Abmessungen der Buhnen können hier natürlich geringer sein als in schiffbaren Flußstrecken. Ihre Herstellung kann verschieden sein. Oft empfiehlt sich die Verwendung von Senkfaschinen. Eine Steinschüttung an den Buhnenköpfen und flache

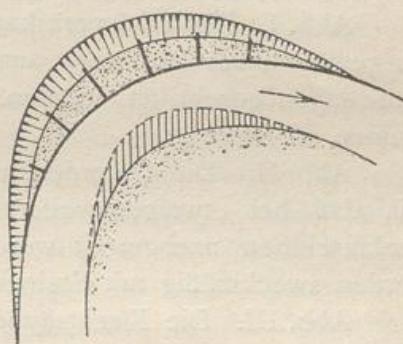


Abb. 278.

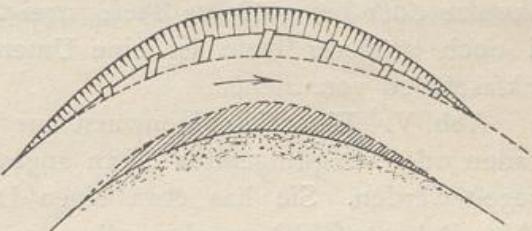


Abb. 279.

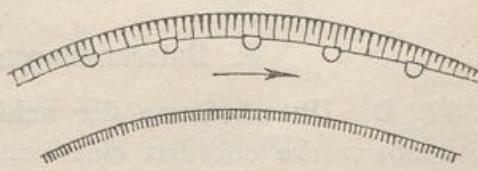


Abb. 280.

Böschung für diese empfiehlt sich aber immer. Bei flach gekrümmten Ufern können anstatt der Buhnen kurze Köpfe in mäßigem Abstande angewendet werden (Abb. 280, S. 259). Für diese genügt oft eine kunstlose Ausführung, z. B. Schüttung von grobem Ziegelschutt und dergl., wenn die Schüttung im Verlaufe der Unterhaltung leicht ergänzt werden kann. Solche Schüttungen können auch als geschlossene Längsdeckung in Frage kommen.

Zu den Abbildungen 277 ist noch folgendes zu bemerken.

Abb. I. Das Packwerk kann bei niedrigem Wasserstande meistens als gewöhnliches Packwerk ausgeführt werden, äußerstenfalls muß zu Tauchlagen geschritten werden. Vorteilhaft ist es, das Packwerk mit Steinen zu beschütten.

Abb. II. Die Unterdeckung von Senkfaschinen bietet den Vorteil, daß bei etwaiger weiterer Kolkung zur Ergänzung leicht andere Senkfaschinen nachgerollt werden können. Auch die Senkfaschinen werden zweckmäßig mit Steinen beschützt.

Abb. III. Die Flechtzäune werden zweckmäßig mit grobem Kies hinterfüllt, damit Ausspülungen hinter ihnen vermieden werden. Die Pfähle sind etwa 8 bis 10 cm stark und 1,5 bis 2 m lang, von Mitte zu Mitte 0,5 bis 0,8 m entfernt, der Flechtstrauch 5 cm stark.

Abb. IV. Vor die Sinkwalzen, die meistens 0,60 m Durchmesser haben, werden in Abständen von etwa 0,6 bis 0,7 m Pfähle geschlagen, 10 bis 12 cm stark, 1,5 bis 2 m lang. Je nach Umständen kommt eine Sinkwalze oder bei größerer Tiefe zwei übereinander zur Anwendung. Bei noch größerer Tiefe ist eine Unterdeckung von Packwerk oder Senkfaschinen vorzuziehen.

Abb. V. Eine Faschinenwurst zur Unterdeckung wird mehr bei geraden oder vorspringenden Ufern angewendet, wenn diese dazu vorgeregelt werden. Sie hat etwa einen Durchmesser von 0,40 m. Die Pfähle (Buhnenpfähle) werden alle 0,50 bis 0,60 m, zweckmäßig abwechselnd in verschiedener Neigung geschlagen.

## F. Unterhaltungsarbeiten.

**47. Die Unterhaltung der schiffbaren Flüsse** und besonders der Strombauwerke erfordert eine beständige Fürsorge und Aufmerksamkeit. Die Strömung, der Wellenschlag, das Eis und die Schiffahrt führen immer wieder neue Schäden herbei, abgesehen davon, daß manche Bauanlagen mit dem Alter von selbst abgängig werden. Wenn die Schäden möglichst bald nach ihrer Entstehung beseitigt werden, können die Unterhaltungskosten einer Stromstrecke in mäßigen Grenzen gehalten werden. Dazu bedarf es einer unausgesetzten Aufmerksamkeit des zuständigen Stromaufsichtsbeamten. Über die bauamtliche Aufsicht, besonders betreffend die Unterhaltung der Strombauwerke finden sich

im I. Teil dieses Buches, S. 127, in der Dienstanweisung für Wasserbauwarte die nötigen Fingerzeige. Wesentlich kommt es darauf an, daß die schützenden Decken des Kernes der Strombauwerke, mag dieser nun aus Kies- und Steinschüttung oder Packwerk bestehen, immer zeitig genug ergänzt werden, also die Steinvorschüttungen (Steinwürfe) und das Pflaster, desgleichen auch die Spreutlagen usw., ferner daß Kolkungen, die vor Buhnenköpfen oder vor Längswerken festgestellt werden, bald in geeigneter Weise verbaut werden. Weiter sind von Bedeutung Nachbaggerungen und Räumungen bei entstehenden Untiefen.

In welchem Umfange und in welcher Zeitfolge die Instandsetzungsarbeiten vorzunehmen sind, bestimmt der Wasserbauinspektor.

In den Weidenpflanzungen ist für rechtzeitigen Schnitt zu sorgen nach dem festgesetzten Umrübe (ein- bis dreijährig, selten länger). Die Weiden müssen dicht über dem Boden glatt abgeschnitten werden. Schädliches Unkraut, namentlich die Kleeseide muß regelmäßig beseitigt werden. Blößen, die beim Eisgang usw. in den Pflanzungen entstanden sind, müssen bald wieder nachgepflanzt werden. Sandablagerungen sind in tiefer liegende Schlenken zu verkarren und dergl.

Die Spreutlagen erhalten in der Regel in jedem Frühjahr, bis der Weidenwuchs sich genügend entwickelt hat, eine dünne Schicht fruchtbare Erde.

Die Kilometersteine (-tafeln), deren Bemalung durch den Hochwasserschlamm undeutlich geworden ist, sind neu zu streichen und dergl. mehr.