BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Chiolich-Löwensberg, Hermann von

Anleitung zum Wasserbau nach den vorzüglichsten und neuesten Quellen bearbeitet

Bd.: 1

Stuttgart 1864

4 A.hydr. 22 g-1/2
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10479867-6

4° A. hy dr. 22 g

Anleitung

zum

Wasserbau.

Nach den vorzüglichsten und neuesten Quellen

bearbeitet

von

Hermann von Chiolich-Löwensberg,

Hauptmann im k. k. Genie-Stabe, und Professor der Baukunst an der k. k. Genie-Akademie, Ritter des grossherzogl. Baden'schen Ordens vom Zähringer-Löwen.

Text. Erste ~~Abtheilung:~~ u. zweite Abth.

Der Strombau,

Stau-Anlagen, Cisternen etc.

Stuttgart.

Hoffmann'sche Verlags-Buchhandlung.

1864.

I 17 9.

I. Abth.

Anleitung

zum

Wasserbau.

Nach den vorzüglichsten und neuesten Quellen bearbeitet

von

Hermann von Chiolich-Löwensberg,

Hauptmann im k. k. Genie-Stabe. und Professor der Baukunst an der k. k. Genie-Akademie, Ritter des grossherzogl. Baden'schen Ordens vom Zähringer-Löwen.

Erste Abtheilung:

Der Strombau.

Stuttgart.

C. Hoffmann'sche Verlags-Buchhandlung.

1864.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Seiner kaiserlichen Hoheit

dem

Durchlauchtigsten Herrn Herrn Erzherzog

Leopold von Oesterreich,

General-Inspector des Geniewesens im k. k. Heere,

in

tiefster Ehrfurcht und Unterthänigkeit

gewidmet,

Durchlauchtigster Erzherzog!

Gnädigster Herr Herr!

Unter dem beseelenden Schutze **Euer kaiserlichen Hoheit** erfreut sich die technische Wissenschaft in unserer Armee eines immer höheren Aufschwunges, einer täglich reicheren Blüthenentfaltung.

Wenn ich im Interesse der Wissenschaft, zu deren Lehrer ich von **Euer kaiserlichen Hoheit** allzugnädig ausersehen wurde, ein selbstständig abgeschlossenes Werk über den Wasserbau zusammenzustellen den Muth hatte, so war dieser mir nur erweckt worden durch die Erkenntniss, dass ein Buch von diesem Umfange und dieser Tendenz, wie ich es hier gebe, der gesammten deutschen Literatur noch fehle, noch mehr aber durch die erhebende Hoffnung, in **Euer kaiserlichen Hoheit** den gnädigsten Förderer meiner Bestrebungen zu finden.

Euer kaiserlichen Hoheit dieses Werk in tiefster Ehrfurcht vorlegen, **Höchstdenselben** es widmen zu dürfen, werde ich als den schönsten Lohn vieljähriger Mühen erachten!

Euer kaiserlichen Hoheit

gehorsamst unterthänigster

Chiolich,

Hauptmann im Genie-Stabe.

Klosterbruck, den 26. August 1864.

Vorrede.

Zahlreich und mitunter von hohem Werthe sind die bisher erschienenen Werke über den Wasserbau. Doch haben jetzt die älteren, so vorzüglich sie in einzelnen Partien sind, im Allgemeinen mehr nur eine historische als praktische Bedeutung. Um in allen Zweigen der Hydrotechnik eine dem heutigen Entwickelungsgrade dieser Wissenschaft entsprechende Erkenntniss sich zu sammeln, ist der werkthätige Ingenieur genöthigt, die jüngsten Bearbeitungen des Gegenstandes zu benützen. Von solchen sind nur zwei in erster Linie hervorragend. System, Umfang, Klarheit und Gründlichkeit gestalten das Werk des Herrn Oberbaurathes Hagen in Berlin zu dem Vollkommensten, was unseres Wissens für dieses Fach im Besitze irgend einer Nation ist; diesem gegenüber erscheint des Karlsruher Professors, Herrn Beckers, Arbeit fast nur wie ein kurzer Auszug, welcher bei vielem Trefflichen, doch keineswegs alles erschöpfend, manches kaum flüchtig berührend hinstellt. Gleichwohl ist die Mehrzahl der dem Studium des Wasserbaues sich Widmenden, ja sogar die Mehrzahl der ausübenden Techniker immer auf Herrn Beckers Werk, so oftmal es auch eines Complementes bedürfte, ausschliesslich angewiesen; denn allzu ausgedehnt und durch seinen Preis dem Einzelnen oft unerschwinglich, bleibt das grossartige Werk des Herrn Hagen den Meisten für immer unzugänglich.

Eine goldene Mittelstrasse, wie sie im praktischen Leben zumeist Bedürfniss ist, einzuschlagen, aus dem reichhaltigen Stoffe alles Wesentliche mit der nöthigen Gründlichkeit zusammenzufassen, von vielen Manieren und Systemen jene von zweifelhafter Erprobtheit höchstens flüchtig zu berühren, dafür aber die als gediegen anerkannten in ihrer gesammten Begründung und Entwickelung hinzustellen, alles Unnütze bei Seite zu lassen, — kurz ein Handbuch, jedem Techniker zugänglich und dabei in jeder Lage nützlich, der Oeffentlichkeit zu übergeben, war der Zweck, welcher meine Feder geleitet hat. Weit entfernt, neue Entdeckungen in die Welt hinaus zu rufen, oder hiezu den Weg anzudeuten, habe ich nur die Absicht in diesem Buche verfolgt, den werkthätigen Hydrotechniker bis auf den heutigen Standpunkt seiner Wissenschaft zu leiten und ihm, innerhalb der bezeichneten Grenzen, durch diesen einen Wegweiser viele andere entbehrlich zu machen.

Es schien mir angezeigt, das Gesammtgebiet des Wasserbaues nach folgenden Kapiteln zu ordnen:

I. Strombau.
II. Stau-Anlagen.

III. Cisternen und Brunnen.
IV. Wasserleitungen.
V. Bewässerungen und Entwässerungen.
VI. Kanal- und Kammerschleusenbau.
VII. Fundirungen.
VIII. Seebau.

In die nun folgende erste Abtheilung, den Strombau, habe ich die Begründung der Principien eingeflochten, welche auch für die andern im Materiale bereits vollständig erliegenden und einem raschen Erscheinen entgegenreifenden Abtheilungen dieses Werkes mir massgebend sein werden.

Nicht ohne Befangenheit, doch ebenso ferne von ängstlichem Zagen wage ich es, mit diesem Werke vor die Welt zu treten. Wäre es die graue Theorie allein, zu deren gründlichem, nach fernsten Richtungen ausgreifendem Studium mir meine dienstliche Stellung die Verpflichtung auferlegt, würde ich mich kaum zum Verkünder einer durch und durch praktischen Wissenschaft für weit gezogene Kreise ermächtigt geglaubt haben; aber nicht ohne Früchte ist mir der grüne Baum des Lebens geblieben: vielfältig durch Anschauung gewonnene Erkenntniss, eine lange Verwendung im praktischen Baufache, besonders aber in der Hydrotechnik, welche ich durch meine dienstlich innegehabte Stellung bei der k. k. Kriegsmarine zu Triest durch selbstgeleitete und ausgeführte Bauten kennen zu lernen Gelegenheit gehabt, ermuthigen mich zu der Annahme, dass ich das Meiste, was ich theoretisch gewonnen, praktisch prüfen, vergleichen und berichtigen konnte.

Klosterbruck im März 1864.

Der Verfasser.

I. Abtheilung.

Der Strombau.

Einleitung.

Ehe wir das Gebiet des Strombaues betreten, wollen wir uns einen Augenblick gönnen, um kurz der Ursachen zu gedenken, welche die Wasserbaukunst hervorgerufen haben, die in fortschreitender Entwickelung einen so hohen Grad von Vollkommenheit erreicht hat. Die Anwendung von Wasserbauten liess von jeher auf den höheren oder niedereren Culturgrad der Völker schliessen, da erst hiedurch die Communikationen bis in die entferntesten Gegenden eröffnet, und von der Gewalt des Wassers Kräfte entlehnt wurden, welche fortan dem menschlichen Willen untergeordnet und dienstbar blieben.

Die primitivsten Ursachen dieser oft so schwierigen Bauten mussten einerseits in der Nothwendigkeit gelegen sein, sich gegen die Verwüstungen zerstörender Gewässer zu schützen und ihnen Grenzen zu setzen; andererseits sich des Wassers als befeuchtenden Mittels für die Pflanzenwelt zu bemächtigen. Schon in den frühesten Zeiten waren Culturvölker bedacht, durch die grossartigsten Leitungen ihre stets sich erweiternden Wohnplätze mit Wasser zu versorgen. Es war im 14ten Jahrhunderte v. Chr., also vor drei Jahrtausenden, als König Sesostris den See Möris mit dem Nil durch einen Kanal verband, und dadurch eine andauernde Fruchtbarkeit Mittel-Egyptens bis auf unsere Tage begründete. Sogar noch älter sollen einige Wasserbauten in China sein, ja gewissermassen älter als die Geschichte selbst, indem man die Ausführung derselben in eine der historischen Zeit vorangegangene und nicht mehr zu entwickelnde Epoche setzt.

In Folge der fortschreitenden Cultur lernte man die Flüsse schiffbar machen; man bedurfte sicherer Zufluchtsorte für Schiffe, man baute Kanäle, man trachtete den Strömen und dem Meere Boden abzugewinnen, um ihn in Ackerland zu verwandeln; man beseitigte die schädlichen Einflüsse der Versumpfungen durch die Trockenlegung derselben und verwandelte weite, unfruchtbare und öde Strecken Landes in volksbelebte, üppige Fluren. — König Necho, welcher 600 Jahre v. Chr. lebte, projektirte schon den Suezkanal, und fing sogar den Bau desselben an. — Doch dem rastlos weiter strebenden menschlichen Geiste genügte diess nicht. Er benutzte das Wasser durch zweckmässige Leitung desselben als bewegende Kraft, und legte hiedurch den Grundstein zu dem grossartigsten Aufschwunge der Industrie, zu jenen verschiedenen und zahlreichen Etablissements, welche die Wasserbaukunst mit Benützung der vorhandenen Wasserkräfte zu diesem Zwecke errichtet hat und täglich von Neuem errichtet.

I. Abschnitt.

Entstehung und Bildung der Gewässer.

Von dem Kreislaufe des Wassers.

§. 1.

Der *atmosphärische Niederschlag*, welcher als *Regen*, Schnee oder Hagel aus der Luft niederfällt, ist die alleinige Entstehung der Quellen und bildet, aufgesammelt von den Flussgebieten, *Bäche*, *Flüsse* und *Ströme*, die dem Meere zueilen, und ihren Ursprung wie ihre Speisung diesem Niederschlage allein verdanken. — Es ist ein grossartiger, ewiger Kreislauf, welchen das Wasser durch den Organismus der Erde macht, indem der herabgefallene Niederschlag verdunstet, als Wasserdampf aufsteigt, Wolken bildet und abermals in den erwähnten Formen herabfällt.

Durch diesen Kreislauf wird das Wasser aus den sumpfigen Niederungen, selbst aus dem Ocean auf die höchsten Gebirge geführt, und also zurück auf und über die ganze Oberfläche der Erde verbreitet. — Die Ursache dieses Kreislaufes beruht in der Eigenschaft der Luft, eine gewisse Quantität Wasserdunst in sich aufzunehmen, die sie jedoch unter veränderten Umständen wieder ausstösst. Je weniger Wassertheilchen die Luft enthält, um so begieriger saugt sie das Wasser auf, um so stärker verdunstet daher die von ihr berührte Wasserfläche.

In dem Masse, als sich der Wasserdunst in der Luft anhäuft, vermindert sich auch deren Fähigkeit, noch mehr Wassertheilchen aufzunehmen, und es tritt endlich eine vollkommene Sättigung ein, worauf die Verdunstung aufhört. — Dieser Sättigungspunkt ist jedoch nicht constant, sondern von der Temperatur abhängig, denn z. B. je wärmer die Luft ist, desto mehr Wasser kann sie aufnehmen. — Ein Pariser Kubikfuss ($0._{034}$ Cubikmeter) atmosphärischer Luft kann aufnehmen:

bei	—	8^0	Reaumur	$1._{85}$	Gramme	Wasser
„	—	4^0	„	$2._{63}$	„	„
„	—	0^0	„	$2._{77}$	„	„
„	+	4^0	„	$5._{01}$	„	„
„	+	8^0	„	$7._{69}$	„	„
„	+	24^0	„	$20._{60}$	„	„

Eine mit Wasser gesättigte Luftmasse hat desshalb, wenn sie erwärmt wird, von Neuem die Fähigkeit, Wasser in sich aufzunehmen; wird sie dagegen abgekühlt, so stösst sie einen Theil des Wassers, das sie bisher gebunden hatte, von sich. Das verdunstete Wasser steigt als Dunst oder Dampf in die Atmosphäre auf, bis es eine Höhe erreicht, wo die Luft so leicht als der Dunst ist; es sammelt sich daselbst, verweilt in dieser Höhe, bis kalte Luftströmungen durchstreichen, die dem Dunste seine Wärme entziehen, und ihn, je nach Umständen, zu Schnee, Eis oder Wasser condensiren. Allein in jeder dieser Formen ist das Wasser schwerer als die Luft, fällt daher zur Erde nieder, und es treten die Erscheinungen des Regens, Hagels oder Schneefalles ein.

Versuche zeigen, dass bei gleicher Temperatur-Veränderung der Sättigungspunkt der Luft sich nicht gleichmässig verändert, sondern die Wassermasse, welche die Luft aufzunehmen im Stande ist, in einem grösseren Verhältnisse wächst, als die Temperatur der Luft zunimmt. Hieraus folgt, dass im Allgemeinen die atmosphärischen Niederschläge in den heissen Zonen reichhaltiger sein müssen als in den kalten. — Auch die Beschaffenheit der Gegend wird einen direkten Einfluss auf die Reichhaltigkeit des Niederschlages ausüben; denn über feuchten und sumpfigen Gegenden werden meistens gesättigte Luftmassen entstehen, aus welchen sich reichhaltiger atmosphärischer Niederschlag bilden kann, während in trocke-

nen, wasserarmen Gegenden die Luftschichten selten gesättigt werden können.

In waldigen und gebirgigen Gegenden, wo die Sonne nicht in der Weise wirken kann, wie in kahlen und flachen, wird die Luft nicht so durchwärmt sein, wie in letzteren; kommen dann wärmere gesättigte Luftmassen in ihre Nähe, so stellt sich der Ausgleich der Temperatur her; die gesättigte wärmere Luftmasse bekommt eine niedere Temperatur und stösst einen Theil des gebundenen Wassers aus. Dies ist die Ursache, dass es in waldigen und gebirgigen Gegenden immer mehr regnet, als in andern. — Ein auffallendes Beispiel in dieser Beziehung gibt uns Egypten. In früherer Zeit wurden Reisende in Ober-Egypten oft durch vielen Regen aufgehalten; seitdem aber die Araber daselbst alle Bäume gefällt haben, regnet es gar nicht mehr. Umgekehrt ist der Fall in Nieder-Egypten. Während der französischen Expedition hatte es vom November 1798 bis Ende August 1799 in Cairo nur einmal, und zwar nur eine halbe Stunde geregnet; jetzt dagegen, nachdem die Baumkultur dort sehr gehoben ist, zählt man 30 bis 40 Regentage im Jahre. Auch in Europa und Nord-Amerika hat man, jedoch nicht so auffallend, bemerkt, dass durch das Lichten der Waldungen der Regen sich weniger einstellt.

Hieraus erklärt sich das geschichtlich nachgewiesene Factum, dass sich mit der Cultur eines Landes auch das Klima ändert. Das Verschwinden der Wälder und Sümpfe vermindert die atmosphärischen Niederschläge; ausserdem wird durch das Ausroden der Waldungen und durch die Verwandlung der gelichteten Stellen in den Sonnenstrahlen zugängliche Ackerfelder die Verdunstung befördert, wodurch den Quellen weniger Speisung zugeführt wird und der Wassergehalt der Bäche, Flüsse u. s. w., namentlich in der die Verdunstung steigernden warmen Jahreszeit, abnimmt.

Quantität der Niederschläge.

§. 2.

Schon zu Ende des 15ten Jahrhunderts fühlte man die Nothwendigkeit, den atmosphärischen Niederschlag in bestimmten Zeitperioden kennen zu lernen und Leonardo da Vinci war der erste, der zu diesem Behufe ein Gefäss zum Auffangen des Regenwassers konstruirte und sich mit dieser Messung befasste.

Es ist für den Wasserbau von unmittelbar praktischem Werthe, zu wissen, wie gross der atmosphärische Niederschlag in einem gewissen Zeitraume, gewöhnlich in einem Jahre, ist.

Das Instrument, dessen man sich zur Messung der atmosphärischen Niederschläge bedient, ist der sogenannte *Ombrometer* auch *Udometer*, Regenmesser, ein flacher Kasten von bestimmtem horizontalen Querschnitte mit einem pyramidalisch vertieften Boden, damit sich das aufgefangene Regenwasser nach der Mitte sammeln, und durch ein dort angebrachtes Rohr in ein darunter gestelltes Gefäss abgelassen werden kann. Dieser Kasten wird an einem gegen den Wind geschützten Orte genau horizontal aufgestellt. Nach jedem Regen wird die in dem genannten Gefässe aufgesammelte Wassermenge gemessen und notirt. Dividirt man nun die Anzahl der Kubikzolle des Inhaltes des im Gefässe nach Ablauf eines Jahres befindlich gewesenen Wassers, durch die Anzahl der Quadratzolle des horizontalen Kastenquerschnittes, so ergibt sich die Höhe, in welcher das herabgefallene Wasser den Erdboden bedecken würde, wenn derselbe horizontal und unfähig wäre, das Wasser einzusaugen und wenn auch keine Verdunstung stattfände. — Diese Höhe gilt als Mass für die Stärke des Niederschlages und wird *Regenhöhe* genannt.

Es versteht sich von selbst, dass die Messung schon entweder während oder unmittelbar nach dem Regen stattfinden muss, damit das Wasser in dem unten aufgestellten Gefässe nicht verdunste, oder dass das Gefäss eine solche Form und Einrichtung habe, dass eine Verdunstung nicht stattfinden kann. Das an den Wänden und dem Boden des Kastens adhärirende Wasser muss mit einem Schwamme, der vorher gewogen wird, aufgewischt, und mit in Berechnung gezogen werden.

Mit diesem Ombrometer kann auch der Hagel gemessen werden, wenn er geschmolzen ist. Der Schnee bietet dagegen einige Schwierigkeiten, indem er bei seiner Beweglichkeit sich sehr verschieden ablagert, so dass die im Ombrometer aufgefangene Masse nicht leicht der gefallenen Quantität entspricht. Jedenfalls muss aber der Schnee geschmolzen sein, ehe die Wassermenge bestimmt werden kann; denn bei der sehr unregelmässigen Dichtigkeit des Schnees, dessen spezifisches Gewicht zwischen $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{24}$ variirt, kann die Höhe desselben keinen Massstab für seine Masse abgeben.

Da bei der Aufstellung solcher Regenmesser stets darauf Bedacht zu nehmen ist, dass dieselben nicht den Einflüssen der Luftströmungen ausgesetzt seien, so müssen erhabene Orte für ihre Aufstellung ver-

mieden, und soll ihr Standpunkt derart gewählt werden, dass dieselben im mittleren Niveau sich befinden. Das Niveau ist hier besonders zu berücksichtigen, da dasselbe im innigen Zusammenhange mit den Resultaten der gemessenen Regenhöhen steht. Vielfältige Beobachtungen haben nämlich gezeigt, dass mit der Höhe der Aufstellung der Regenmesser auch das Verhältniss der Regenhöhen abnimmt. So hat z. B. Dalton gefunden, dass die beiden am Boden und am Thurme von St. Johns mit einem Höhen-Unterschied von 150 Par. Fuss aufgestellten Regenmesser, in den gemessenen Regenhöhen ein Verhältniss, im Sommer von 3 : 2 und im Winter sogar von 2 : 1, nachweisen. Die Unterschiede der Regenhöhen bei verschieden gewählten Höhen-Standpunkten der Regenmesser, ergeben sich aber besonders klar und unzweifelhaft aus den zu York in freier Luft über dem Boden angestellten Versuchen, welche wir hier angeben.

Auffangsgefäss in freier Luft über dem Boden erhöht in engl. Fuss.	Regenmengen in engl. Zollen.		
	Im Jahre 1843.	Im Jahre 1844.	Summe.
24	14.618	9.540	24.158
12	15.419	10.620	26.039
6	15.549	10.640	26.189
3	15.608	10.690	26.298
1 1/2	15.619	10.940	26.559

Die Resultate der so eben beschriebenen Messungen, d. i. die Regenmenge, ist, wie schon aus dem Vorhergesagten zu ersehen, durch verschiedene lokale Verhältnisse bedingt und daher auch nicht überall dieselbe, gleichwie in ein und derselben Gegend die Regenmenge in verschiedenen Jahren auch verschieden ist. Die Beobachtungen müssen demnach einen *längeren Zeitraum umfassen*, um die *mittlere jährliche Regenmenge* wenigstens mit einiger Sicherheit ermitteln zu können.

Beobachtungen lehren, dass, z. B. in Deutschland, eine 24stündige Regenmenge wohl niemals 3″ Höhe erreicht, und wenn in dieser Zeit die Regenhöhe über 1 1/2 Zoll steigt, die Flüsse ihre Ufer verlassen und ausgedehnte Ueberschwemmungen verursachen.

Die nachfolgende Tabelle, welche die aus mehrjährigen Beobachtungen hergeleiteten Mittelzahlen der Regenhöhen der verschiedensten Orte der Erde enthält, und in welcher Oesterreich und Deutschland besonders berücksichtigt wurden, gestattet einen genauen Ueberblick über die mit den geographischen, den Jahreszeit- und Niveau-Unterschieden causal zusammenhängenden Abweichungen.

Tabelle der Regenhöhen in Monats- und Jahresmitteln ausgedrückt:

Ortsnamen.	Meereshöhe.	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December	Jahr	Maassstab	Zahl der Beobachtungsjahre.
Australien.																
Port Jackson N. S. Wales	—	5.77	5.80	3.45	24.08	11.51	5.55	9.06	1.18	4.04	4.40	3.15	4.60	82.59	englische Zoll	2
Adelaide	—	0.56	0.60	0.78	1.79	2.49	3.30	2.91	2.45	2.15	1.74	1.41	1.60	21.68	„	11½
Afrika.																
Cap	—	0.21	0.51	0.83	0.63	2.73	3.80	2.14	2.35	1.47	0.86	1.25	1.24	10.02	„	3
St. Helena	—	3.27	3.69	6.73	3.08	5.81	4.32	4.09	4.20	3.81	2.92	1.55	2.30	47.77	„	
Sierra Leona	—	8.2	3.4	12.6	18.1	77.7	114.4	116.2	260.5	224.0	102.2	20.8	13.2	971.3	pariser Linien	
Funchal (Madeira)	—	85.0	34.0	25.0	15.0	14.0	4.0	1.0	3 0	12.0	34.0	46.0	39 0	310.0	„	
Algier	—	6.0	5.3	3.2	2.8	1.8	0.6	0.0	0.2	1.2	3.6	5.4	6.1	36.2	englische Zolle	16
Asien.																
Bombay	—	0.10			0.15	1.20	22.26	25.04	17.08	11.25	1.19	0.27		78.44	„	
Calcutta	—	0.71	0.71	0.13	2.57	4.56	12.88	14.12	16 08	9.76	4.98	0.85	0.52	67.87	„	10
Canton	—	0.67	1.70	2.15	5.67	18.85	11 10	7.75	9.90	10.93	5.50	2.45	0.97	77.64	„	
Peking	—	0.08	0.24	0.34	0.51	1.32	3.49	8.63	5.57	2.73	0.56	0 20	0.20	23.81	„	10
Amerika.																
Portland	20	3.37	3.39	2.92	4.14	5.05	3.39	2.78	4.11	3.31	4.25	4.37	4.47	45.25	„	8
Charlestown	60	2.66	2.22	4.08	3 20	3.33	2.36	2.88	3.42	3.03	3.52	2.86	2.27	25.83	„	18
Philadelphia	30	3.09	2.94	3.43	3.64	3.90	3.57	4.22	4.67	3.53	3.18	3.36	4 03	43.56	„	19
New-Orleans	20	4.61	3.75	3.98	4.25	5.03	3.64	7.05	5.42	3.51	3.37	3.91	3.79	52.31	„	10⅔
San Francesco	80	3.33	2.67	4.14	2.85	0.57	0.08	0.00	0.01	0.19	0.63	2.14	5.34	21.95	„	5
Vera Cruz	0	5.10	0.00	0.00	0.50	31.40	21.20	59.70	35 90	38.90	8.00	4.50	0.40	183.20	„	9
Cayenne	—	37.5	419.8	526.7	535.7	589.7	415.0	148.7	45.3	16.0	36.7	75.8	331.5	3513.4	Millimeter	6¾
Rio Janeiro	—	73.4	73.5	84.6	45.8	39.2	20.0	15.2	18.8	52.1	56.2	67.1	71.4	597.3	pariser Linien	
Valdivia	—	23.0	89.0	135.5	223.5	552.0	757.5	402.0	320.9	212.7	108.1	153.3	57.3	3043	Millimeter	2½
Europa.																
Gibraltar	—	5.1	10.5	2.5	1.3	6.5	0.1	0.0	0.0	1.2	2.6	5.6	11.9	47.3	englische Zolle	
Lissabon	—	37	29	31	53	19	2	4	5	16	31	22	53	303	pariser Linien	
Madrid	1939	28	14	48	24	36	35	4	4	97	48	107	0	448	Millimeter	
Palermo	—	2.77	2.13	2.72	1.18	0.91	0.69	0.19	0.32	2.15	2.92	2.46	2.97	21.42	pariser Zollen	24
Rom	158	3.20	2.07	2.48	2.15	2.21	1.58	0.68	0.94	2.00	4.37	3.85	3.47	29.01	„	40
Mailand	431	2.62	2.00	2.11	2.89	3.50	2.98	2.76	2.88	3.07	4 06	3.88	2.98	35.7	„	68
Toulon	—	54.3	27.3	33.8	40.8	40.6	17.9	9.2	17.2	66.7	71.9	67.9	29.4	476.8	Millimeter	
Lyon	—	49.1	42.1	40.5	58 0	86.1	72.0	89.9	64.4	86.2	73.3	75.1	39.6	776.0	„	
Versailles	—	44.28	29.73	41.12	63.03	48.67	37.15	69.14	56.06	40.02	56.42	41.39	37.25	564.26	„	6⅓
Cherbourg	—	104.19	57.66	102.53	80.07	53.64	53.63	49.25	95.84	55.17	132.12	135.72	89.34	1009.16	„	2
Dublin	—	2.456	2.040	1.551	2.130	2.200	2.341	2.782	2.959	2.331	2.978	3.058	2.296	29.122	englische Zolle	16
London	—	1.291	1.166	1.063	1.245	1.482	1.700	2.224	1.710	1.801	1.977	2.038	1.564	19.261	„	62
Brüssel	—	57.32	51.42	53.08	52.13	51.44	63.19	66.97	79.81	61.40	68.29	63.44	54.35	723.84	Millimeter	

Quantität der Niederschläge.

Ortsnamen.	Meereshöhe.	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December	Jahr	Massstab	Zahl der Beobachtungsjahre.
Kopenhagen	—	21.25	17.80	17.65	16.51	17.39	24.47	27.33	28.37	21.74	26.78	22.83	16.71	248.83	pariser Linien	42⅔
Stockholm	128	0.747	0.686	0.459	0.785	1.569	1.776	2.251	2.459	2.069	1.850	1.769	1.165	17.585	schwedische Zolle	36
Petersburg	—	9.79	9.91	10.28	8.23	14.01	19.22	31.54	25.09	19.45	23.31	14.73	13.31	16.57	Die Monate pariser Linien. Das Jahr pariser Zoll.	16
Katharinenburg	770	2.36	2.56	3.96	6.17	17.68	36.82	39.32	29.31	10.98	7.42	5.00	3.66	13.77	,,	17
Warschau	—	12.71	11.62	16.80	14.35	19.55	25.88	39.91	29.13	21.85	29.76	21.64	13.61	21.32	,,	11
Central-Europa.																
Genf	1256	20.14	16.14	18.70	26.64	35.46	33.25	31.32	36.52	44.16	44.08	35.16	25.50	30.34		29
Friedrichshafen	1201	12.97	20.21	19.18	24.56	35.17	50.81	42.05	50.85	40.99	32.29	41.29	18.75	32.43		6
Meran	953	12.06	23.42	43.60	7.16	57.33	40.96	36.87	34.34	0.40	54.31	28.08	9.65	29.02		2
Innsbruck	1689	15.27	20.47	19.87	49.01	25.27	38.62	48.99	48.01	33.21	15.68	1.12	10.24	27.06		2
Lienz (in Tirol)	2023	19.79	11.47	17.71	9.82	43.57	40.51	45.07	36.62	28.37	57.33	20.93	28.09	29.94		3
Klagenfurth	1356	17.48	17.18	18.48	27.98	39.10	57.47	59.15	53.65	40.87	45.15	33.86	27.71	36.50		42½
Gastein	3051	5.29	6.09	7.99	14.65	20.81	43.34	46.46	21.49	22.55	24.01	7.97	2.14	18.56		
Salzburg	2003	19.41	26.20	28.10	43.99	52.48	67.74	70.71	62.45	47.28	37.35	23.49	16.68	41.07		9
Karlsruhe	325	21.22	20.56	22.45	21.05	28.01	28.90	34.71	30.19	27.30	23.51	29.36	28.06	26.25		41½
Koblenz		13.1	8.2	19.1	17.6	23.3	28.0	29.5	30.1	26.7	14.9	20.4	19.0	20.83		11
Köln	432	17.62	16.92	14.00	27.57	30.87	32.01	27.28	30.85	18.92	25.30	31.57	19.63	24.38		9¼
München	1631	19.24	17.34	10.25	34.61	43.44	60.07	41.16	51.78	28.22	40.60	22.75	10.35	31.65		5
Regensburg	1078	15.75	13.82	14.30	15.50	24.11	30.70	34.36	34.07	24.30	18.31	19.40	20.10	22.89		46
Braunschweig	300	19.27	25.87	19.00	24.42	19.00	22.50	32.00	26.46	15.40	26.51	17.10	17.70	22.10		4
Bremen	—	20.28	17.28	24.60	15.00	18.24	25.32	33.48	23.67	21.24	23.64	22.68	26.64	22.68		11
Potsdam	—	10.28	14.84	9.15	15.97	21.28	22.63	24.42	22.11	13.48	14.92	13.78	9.86	16.05		14
Breslau	373	8.11	6.50	8.40	11.06	14.81	23.87	20.61	17.49	14.70	10.85	9.93	10.00	13.86		56
Danzig	—	12.08	10.59	9.49	8.22	21.34	21.55	27.36	30.61	22.36	13.20	17.96	9.96	17.06		6¼
Berlin	100	15.78	20.06	13.34	20.93	23.19	37.09	28.41	26.50	14.98	17.61	20.52	19.20	21.48		9⅓
Tilsit	—	13.98	10.01	12.26	13.98	18.58	24.80	27.78	30.93	23.27	22.82	21.01	17.58	19.74		32
Prag	640	9.10	6.64	9.30	12.70	19.69	26.74	22.15	21.55	14.73	8.85	11.46	9.41	14.36		52
Linz	806	15.34	25.76	11.03	19.41	27.10	43.15	39.51	30.39	9.34	19.72	13.92	14.44	21.58		4½
Wien	598	13.75	11.51	10.85	13.98	18.77	26.18	21.99	24.76	15.31	15.96	13.69	11.32	16.50		15
Brünn	653	12.78	11.29	11.60	12.57	26.14	26.92	25.22	26.43	15.76	16.78	18.09	9.64	17.77		8⅔
Triest	50	32.39	31.92	27.89	33.55	49.24	32.46	37.85	39.71	54.95	91.85	56.73	31.80	43.39		15½
Laibach	884	67.28	114.30	44.38	60.04	66.63	61.74	49.42	56.65	54.85	102.50	80.44	50.21	67.36		3½
Graz	1142	11.46	11.74	10.02	14.60	31.28	32.70	41.32	35.25	24.95	21.85	19.85	7.71	21.87		9⅔
Zara	23	59.32	35.01	18.20	7.17	42.37	25.52	9.56	28.03	29.62	33.10	54.09	9.86	29.32		2
Fünfkirchen	465	16.03	16.71	15.67	13.25	32.02	27.39	26.18	19.77	7.88	28.12	18.34	18.86	20.02		3
Ofen	668	14.2	7.9	19.6	13.7	15.4	15.8	16.3	18.4	16.6	18.8	21.2	14.6	16.04		11
Debrezin	391	39.59	18.02	17.72	22.02	36.24	47.44	47.91	16.66	10.23	18.97	8.56	19.73	25.26		3½
Lemberg	871	13.53	12.82	17.62	19.53	38.42	44.31	38.71	33.98	18.54	17.53	16.59	17.25	24.07		22½
Czernovitz	776	10.19	15.76	16.04	24.33	22.94	51.38	56.49	31.55	13.00	14.83	19.22	11.63	23.99		
Hermannstadt	1275	8.59	13.94	13.76	25.33	29.02	52.59	42.13	50.89	32.99	13.16	19.25	15.23	26.38		4½
Semlin	217	10.50	20.90	16.00	7.50	6.20	7.00	5.20	9.40	26.40	12.60	56.00	27.30	17.80		

Meereshöhe in pariser Fuss.
Regenhöhe der Monate in pariser Linien.
Regenhöhe der Jahre in pariser Zollen.

Die Differenzen der Regenmengen an den verschiedenen Orten sind, wie aus den Tabellen hervorgeht, sehr gross. Wir haben aber früher in Kürze angedeutet, dass die Ursachen hievon in causalem Zusammenhange stehen. Doch gibt es auch ganz ungewöhnliche Erscheinungen, welche keine menschliche Berechnung mehr zulassen. So erreichte z. B. der Regen vom Hudson zu New-York am 26. Juli 1819 in dem Zeitraume von 7 ½ Stunden eine Regenhöhe von 7 ½ Zoll, und jener am 27. Mai 1827 zu Genf in drei Stunden eine Regenhöhe von 6 Zoll. Wenn diess auch die grössten Regenhöhen sind, die bisher gemessen wurden, so bleiben dieselben immerhin warnende Erscheinungen, welche im Wasserbaue, selbst über die gefundenen Maximalwerthe hinaus, die Vorsicht manchmal erstrecken zu lassen gebieten. Was endlich die tropischen Niederschläge anbelangt, so überschreiten diese Regengüsse oft alle Begriffe und Vorstellungen, und es liesse sich kaum ein besseres Bild hievon geben, als wenn man den tropischen Regen mit einem durch ein Sieb rinnenden Wasser vergleichen würde. Die ungeheure Masse Wassers, welche solch tropische Regen auf die Erde herabgiessen, lässt sich am besten daran erkennen, dass in nicht vereinzelten Fällen Schiffe von der Oberfläche des Meeres Süsswasser zu ihrem eigenen Gebrauche schöpfen konnten.

Die Regenmengen nehmen im Allgemeinen um so mehr ab, je weiter man in das Innere des Festlandes kommt; dabei steht die Zahl der Tage, an welchen jährlich der Regen fällt, durchaus nicht im geraden Verhältnisse zur Regenmenge, vielmehr zeigt die Dichtigkeit oder Intensität des Regens grosse Verschiedenheiten. — Im Allgemeinen ist die Zahl der Regentage um so grösser und die Regenmenge um so geringer, je mehr man sich vom Aequator entfernt.

Verdunstung.

§. 3.

Noch schwieriger als das Messen des Niederschlages ist das der *Verdunstung.* Es hängt von der Einwirkung der Sonne, von der des Windes, ja sogar von der Tiefe des Wassers ab (die Verdunstung nimmt mit der Tiefe zu), und die Resultate der Messungen sind oft um das Drei- und Vierfache von einander verschieden.

Die Erdoberfläche verdunstet nur so lange, als der mit der Luft in Berührung stehende Theil derselben noch feucht ist; nach erfolgter Austrocknung geschieht dieses aber in dem Masse, als die Feuchtigkeit sich von unten wieder aufwärts zieht.

Das Atmidometer (Admometer) ist der Apparat, womit die Verdunstung gemessen wird. Es besteht aus einem offenen Kasten mit bekannter Grundfläche, bei dem man durch Nachwägen oder Nachmessen die Höhe der Wasserschichte ermittelt, welche verdunstet. — Der Sonne und dem Winde darf der Apparat nicht zu sehr, sondern ungefähr in dem Masse ausgesetzt werden, wie es durchschnittlich der Erdboden selbst ist.

Beobachtungen dieser Art sind sehr beschränkt, und die Verdunstung unfern der See ist bei weitem geringer, als die im Binnenlande; sie beträgt:

jährlich	für	London	$23._8$ Zolle
„	„	Liverpool	$35._7$ „
„	„	Breda	$23._2$ „
„	„	Rotterdam	$23._1$ „
„	„	Mannheim	$73._0$ „
„	„	Augsburg	$60._0$ „
„	„	Bordeaux	$59._1$ „
„	„	Marseille	$85._8$ „

In heissen Gegenden ist die Verdunstung bedeutend grösser. In Cumana verdunsten jährlich 130″; in den Steppen Afrika's steigt dieses Mass jedoch auf 300 Zoll.

Die Verdunstung ist nicht während des ganzen Jahres dieselbe; in unseren Gegenden ist sie beiläufig folgende:

Jänner	$0._{74}$	Zoll
Februar	$0._{82}$	„
März	$1._{29}$	„
April	$2._{40}$	„
Mai	$4._{44}$	„
Juni	$5._{32}$	„
Juli	$3._{28}$	„
August	$2._{97}$	„
September	$1._{08}$	„
October	$2._{09}$	„
November	$0._{89}$	„
December	$0._{70}$	„

In den Monaten Mai bis Juli ist demnach in unseren Gegenden die Verdunstung am stärksten, und beträgt in dieser Zeit durchschnittlich täglich 2 Linien, sinkt aber an Tagen, wenn der Regen selten ist, unter eine Linie herab.

Rücksichtlich der Temperatur beträgt die Verdunstung von einem pariser Quadratfuss Wasserfläche, unter einer vorher völlig ausgetrockneten und ganz ruhigen Atmosphäre bei verschiedenen Temperaturen, während 24 Stunden:

Grade R.	Pariser Kubikzoll.	Grade R.	Pariser Kubikzoll.
+ 24	130.5	+ 6	34.5
+ 22	113.8	+ 4	29.4
+ 20	98.2	+ 2	25.2
+ 18	84.4	0	21.6
+ 16	72.9	— 2	18.5
+ 14	63.3	— 4	15.6
+ 12	54.8	— 6	12.6
+ 10	46.9	— 8	9.8
+ 8	40.4		

Quellenbildung.

§. 4.

Vergleicht man die jährliche Regenmenge mit der jährlichen Verdunstung, so ergibt sich, dass selbst in unserem Klima die letztere grösser ist, als die erstere. Wenn auch der Niederschlag unbeweglich an der Stelle bleiben könnte, wo er niedergefallen ist, so würde keineswegs daselbst eine zunehmende Wassermenge sich ansammeln; es würde im Gegentheil zuweilen im Laufe des Jahres die Stelle ganz trocken liegen, ohne dass auch nur ein Tropfen abgeleitet worden wäre.

Die Erdoberfläche ist aber uneben, der Boden gestattet dem Wasser den Durchfluss, saugt auch selbst das Wasser ein, und dieses, ungefähr ein Drittel der ganzen Niederschläge, durchzieht den Erdboden, mit dem es in Berührung gekommen ist. Ein anderer Theil des Wassers, ungefähr auch ein Drittel, bleibt über dem nun gesättigten und dadurch undurchdringlichen Boden auf der Oberfläche, fliesst nach den Vertiefungen ab, sammelt sich hier, oder fliesst in Bach und Flussbetten dem Meere zu. — In beiden Fällen wird aber die Wirksamkeit der Verdunstung beeinträchtigt; denn das in den Boden eingedrungene Wasser ist der Berührung der Luft entzogen, und wenn auch ein Theil davon durch die Austrocknung der Oberfläche sich wieder emporzieht, so senkt sich ein grosser Theil desselben durch unterirdische Gänge schon früher nach einer tieferen Gegend hin, wodurch diejenige Stelle des Erdbodens, auf die das Wasser gefallen ist, weniger verdunsten kann, als sie aufgefangen hat. Dasselbe geschieht auch, wenn das Wasser über den Boden nach einer grösseren Tiefe abfliesst und sich hier ansammelt, indem hiedurch die Berührungsfläche zwischen Luft und Wasser kleiner wird. Wenn es die Vertiefung angefüllt hat, läuft es an der niedersten Stelle des Randes über, und speiset Bäche, Flüsse und Ströme. Sowohl von der Neigung als von der Beschaffenheit des Bodens wird also die Wassermasse, welche den Bach- und Flussbeeten zugeführt wird, abhängig sein.

Das in den Erdboden eingedrungene Drittel der ganzen Niederschläge, setzt seinen Weg in das Innere nach unendlich verschiedenen Richtungen fort, da die einzelnen theils wasserleitenden, theils undurchdringlichen Erdschichten unendlich verschiedenartig gestaltet sind, und bildet so einen inneren Wasserablauf, wodurch unterirdische Reservoirs für die Quellen und Brunnen (auch für die artesischen) entstehen. Endigt dieser Weg wieder an der Erdoberfläche und tritt das Wasser hier zu Tage, so heisst man dieses einen *natürlichen Quell.*

Einzelne Quellen zeigen allerdings Erscheinungen, die sich auf diese Art nur unter Voraussetzung einer ganz eigenthümlichen Lage der Schichten im Erdboden erklären lassen, allein unter der zahlreichen Menge von Quellen und Brunnen, die man beobachtet hat, gibt es nur wenige, welche eine auffallende Abweichung zeigen, und somit rechtfertigt sich auch die so eben gegebene Erklärung über das Entstehen derselben.

Das Wasser erleidet bei diesem inneren Abflusse mancherlei Veränderungen, daher kommt es, dass das Quellwasser von dem Regen- oder Schneewasser immer mehr oder weniger verschieden ist. Alle Niederschläge liefern zunächst beinahe chemisch reines, nur sehr wenig Kohlensäure enthaltendes Wasser, und seine Temperatur stimmt nahe mit jener der Luft überein. Die Quellwasser sind dagegen wenigstens immer reich an Kohlensäure und enthalten öfters sehr verschiedene chemische Bestandtheile: Erden, Salze, Metalle. Auch ist die Temperatur der Quellen sehr verschieden; zuweilen constant kälter als die Temperatur der Luft, zuweilen constant wärmer, zuweilen ungefähr mit der Temperatur der äusseren Luft veränderlich und ungefähr so hoch, als diese selbst. Man kann sich von den verschiedenen möglichen Arten von Quellen eine Vorstellung bilden, wenn man das *Wasserquantum*, die *Art des Wasserablaufes*, die *Temperatur* und die *chemische Beschaffenheit des Wassers* berücksichtigt.

Hinsichtlich des *Wasserquantums* kann man die Quelle nennen: wasserreich, wasserarm oder von mittlerer Menge.

Der *Wasserablauf* kann sein: gleichförmig, periodisch veränderlich, nach der Witterung veränderlich oder intermittirend.

Die *Temperatur der Quelle* ist entweder konstant kalt oder warm, oder mit der Lufttemperatur veränderlich.

Die *Beschaffenheit des Wassers* ist entweder chemisch rein, mehr oder weniger reich an Kohlensäure, mehr oder weniger reich an mineralischen Bestandtheilen *(Mineralquellen)*.

Es ist für unsere Zwecke angemessen, die Bedingungen zu bezeichnen, unter welchen einige dieser logischen Möglichkeiten entstehen.

Quellen, welche eine mit der Witterung übereinstimmende Wassermenge geben, und deren Temperatur von jener der Luft wenig abweicht, entstehen in Hügelländern oder in mässig hohen Bergen, wenn die Wasser durchlassenden Schichten mit der Oberfläche des Terrains ungefähr parallel sind, so dass das Wasser nirgends tief in die Erde eindringen kann. Das Wasser dieser Quellen wird in der Regel nicht sehr rein sein, weil es bei seinem Durchgange durch die obersten erdigen Schichten Erde auflöst und mit sich fortführt. Ist die Oberfläche des Terrains Moorboden, so nimmt das Wasser von diesem Substanzen auf und erscheint in der Quelle mehr oder weniger grün oder braun gefärbt.

Die konstant kalten Quellen kommen vorzugsweise nur in Hochgebirgen vor und erhalten ihre Wasser hauptsächlich von den Niederschlägen der Höhen. Ihr Wasser ist meistens rein und enthält gewöhnlich wenig Kohlensäure und wenig mineralische Substanzen.

Warme Quellen können natürlich nur entstehen, wenn die Wasser tief eindringen und an Orte gelangen, wo aus irgend einem Grunde eine hohe Temperatur herrscht oder Wärmeentwickelungen stattfinden. Ist die Temperatur der Quelle nur wenig höher als die der Luft, so kann dieselbe von der höheren Temperatur des Erdinneren herrühren. Die hohe Temperatur von sehr warmen Quellen kann natürlich nur von chemischen Prozessen oder von theilweisen langsamen Verbrennungsakten abhängen, die zuweilen an gewissen Orten im Innern der Erde vor sich gehen.

Die Mineralquellen verdanken ihren Gehalt an mineralischen Substanzen den mancherlei chemischen Prozessen, die im Inneren der Erde bei gewisser Beschaffenheit des Schichtungsmaterials veranlasst werden.

So natürlich unsere Erklärung der Quellenbildung wohl erscheinen mag, so hat man doch auch schon früher vielfach Zweifel gegen sie erhoben, und eine Masse von unhaltbaren *Hypothesen* über den Ursprung der Quellen aufgestellt, welche übrigens mit den übrigen Erfahrungen und Erscheinungen beinahe ausser allem Zusammenhange stehen.

Die Zusammensetzung und Bildung der Erde, welche in den letzten Jahrzehnten durch Bohrungen immer mehr und mehr erkannt worden ist, bietet Wege und Mittel zur Fortführung des Wassers unter der Erde, wo es gar nicht verdunstet und dann oft, meilenweit entfernt, zu Tage tritt. Diese unterirdischen Wege bilden theils die sogenannten *wasserleitenden Schichten* des aufgeschwemmten Landes, die Sand- und Kiesschichten, theils die Höhlen und Wasserkanäle, welche in Gebirgen, namentlich im Kalkstein-Gebirge, vorkommen. Schichten jedoch, welche das Wasser nicht durchlassen, auf welchen es unterirdisch abfliesst, nennt man *undurchdringliche Schichten*. Sie sind meistens thonig, lehmig oder bestehen aus Felsen.

Es können jedoch die wasserleitenden Schichten in undurchdringliche verwandelt werden, wenn unreines Wasser durch feste Theile, die es mit sich führt, früher oder später die Zwischenräume der Sandkörner verstopft und so eine undurchdringliche Lage bildet, welche ein weiteres Durchsickern verhindert.

Haben solche wasserleitenden Schichten oben keinen natürlichen Zufluss, oder sind sie von einer undurchdringlichen Schichte überdeckt, während sie unten offen sind, so werden sie begierig Flüssigkeiten aufnehmen und abführen. — Man nennt sie *absorbirende Schichten*, welche geeignet sind, einen den gewöhnlichen Brunnen ganz entgegengesetzten Zweck zu erfüllen.

Die Erdschichten finden sich aber nicht immer absolut wasserleitend oder absolut wasserdicht vor, sondern es gibt eine Menge von Abstufungen zwischen diesen äussersten Grenzen, und selbst bei gleichem Material wirkt die Art der Ablagerung verschieden. Erreicht die wasserleitende Schichte nicht die Erdoberfläche, und bleibt sie ungeachtet eines starken Wasserdruckes mit einer unterirdischen Schichte von fettem Lehm- oder Thonboden bedeckt, so quillt das Wasser nicht zu Tage, sondern es bilden sich *unterirdische Quellen*, welche zuweilen auch die sogenannten *Quellgründe* erzeugen, die wegen zu starker Nässe nicht mehr kulturfähig sind.

Diese unterirdischen Quellen, so wie auch wasserleitende Schichten, die jedoch hinlängliche Speisung vom atmosphärischen Niederschlag erhalten, eignen sich besonders zur *Brunnengrabung*.

Ausser diesen unterirdischen Quellen gibt es aber

auch, besonders in den Gebirgsformationen, vollständige *unterirdische Wasserleitungen*, und sogar weit ausgedehnte *unterirdische Bach- und Flussbetten.* — Namentlich ist dieses bei manchen Sandsteinen und besonders beim klüftigen Kalke der Fall, die dem Wasser einen weit leichteren Durchfluss gestatten, als die Kiesablagerungen. Die ursprünglichen Spalten bilden zuweilen ein zusammenhängendes Netz von Fugen, welches allmählig durch das hindurchfliessende Wasser erweitert wird. Hieher gehören die Gewässer der Höhlen, welche man mitunter auf stundenlange Entfernung verfolgt hat, z. B. bei Adelsberg, bei Reutlingen u. s. w. Das Vorhandensein solcher Ströme gibt sich aber auch sehr deutlich durch die grossen Wassermassen zu erkennen, die in manchen Fällen theils vom Boden verschlungen werden, theils gewaltsam aus demselben wieder hervorbrechen. — Ein Beispiel davon gibt der Cirknitzer-See in Illyrien, dessen plötzliches Anschwellen und gänzliches Versiegen schon lange ein Gegenstand der Aufmerksamkeit der Physiker gewesen ist. Seine Ausdehnung beträgt zwischen 1½ und 2 Quadratmeilen. Das Bett und die Ufer des See's bestehen aus Kalkfelsen, auf denen sich im See ein starker Niederschlag aus Thon und vegetabilischer Erde gebildet hat. An manchen Stellen ist jedoch der Kalkfelsen entblösst, wo sich dann eine grosse Anzahl von kleinen Oeffnungen zeigt. Ebenso befinden sich am Umfange eine Menge Höhlen, in welche man bis 100 Fuss hinabsteigen kann. Alle diese Oeffnungen sind es, welche beim Anwachsen des See's in Thätigkeit treten. Vorzugsweise speien die Oeffnungen an der östlichen Seite Wasser aus, während die an der westlichen es verschlingen. Im Frühjahre pflegt der See in der Regel trocken zu werden, doch geschieht diess nicht in jedem Jahre, und oft bleibt er zwei bis drei Jahre gefüllt. Das Anschwellen erfolgt nie anders, als nach anhaltendem Regen oder beim Schmelzen eines starken Schneefalles, und gewöhnlich nach wenigen Stunden füllt sich der See. — Sein Abfliessen erfolgt viel langsamer; unter günstigen Umständen dauert es vierzehn Tage. Die Veranlassung dieser merkwürdigen Erscheinung kann keine andere sein, als starke Strömungen, die unter der Erdoberfläche stattfinden. In den Höhlen am Umfange des See's findet man auch, wenn der See leer ist, grosse Wasserbecken, und zum Theile auch fliessendes Wasser. Diese unterirdischen Bassins sind mit Fischen belebt, die beim Anschwellen des See's in denselben übergehen, und zu einer nicht unbedeutenden Fischerei Veranlassung geben.

Hier müssen noch solche *unterirdische Wasserläufe* erwähnt werden, welche zum Theile sogar bei grossen Flüssen vorkommen. Die Drome der Normandie verschwindet bald nach ihrem Entstehen in einer weiten Wiese, und kommt später wieder als Bach hervor. Aehnliches geschieht mit der Maas bei Bazailes und mit der Rhone zwischen Genf und Lyon. Manche von diesen Stromläufen erscheinen gar nicht mehr an der Erdoberfläche, sondern ergiessen sich unmittelbar in das Meer. Hieraus erklärt sich die auffallende Erscheinung, dass hin und wieder im Ocean süsses Wasser angetroffen wird, ohne dass ein sichtbarer Strom in der Nähe mündet.

Die Wassermassen, welche durch die Spalten und Fugen eines festen Gesteins abgeführt werden, treffen zuweilen bei Stellen, wo sie an die Oberfläche treten, einen so engen Ausweg, dass sie mit grosser Heftigkeit als springende Strahlen oder natürliche *Springbrunnen* hervorbrechen. — Diese Fälle sind übrigens selten, indem durch den mechanischen Angriff und durch die lösende Kraft des Wassers diese Verengung nach und nach verschwindet, der Quell mit der Zeit sanfter ausfliesst und nichts Auffallendes mehr zeigt.

Die neuesten Veränderungen auf der Erdoberfläche sind durch Vulkane veranlasst und gerade dort, wo Spuren von Vulkanen vorhanden sind, finden wir die seltsamsten Beispiele von springenden Quellen. Die interessanteste von allen Quellen auf der Erde ist der Geiser auf Island. — Ein Wasserstrahl, der die Höhe von 6 Meter erreicht, tritt alle zwei Stunden aus dem Boden hervor; in Zwischenzeiten von 30 Stunden dagegen erfolgen die Haupteruptionen. Unter fürchterlichem Getöse steigt alsdann ein Wasserstrahl von 3 Meter Durchmesser aus dem Boden, der die Höhe von 24 bis 27 Meter erreicht, und indem er langsam abnimmt, nach 10 Minuten verschwindet.

Die früher entwickelte Quellen-Theorie kann diese Erscheinung nicht mehr erklären; die hohe Temperatur des Wassers, die während der Eruption 72 bis 80 Grad R. beträgt, zeigt deutlich, dass Spannung der Wasserdämpfe hier wirksam ist. Der Hekla befindet sich in der Nähe und erhitzt den Boden so, dass ringsum Dämpfe aus der Erde hervorbrechen. Auf diese Art wird auch der mächtige Quell, der den Geiser speist, bis zum Sieden erhitzt und das Wasser eines wahrscheinlich weiten Bassins mit Heftigkeit herausgedrängt.

Solche Quellen, welche in kurzen Perioden abwechselnd fliessen und versiegen, nennt man *inter-*

mittirende Quellen; sie kommen in verschiedenen Gebirgsformationen, jedoch nur selten, vor.

§. 5.

Silberschlag und andere Hydrotechniker, welche die natürlichste Erklärung über die Entstehung der Quellen bestritten haben, waren noch der Meinung, dass die Wassermenge eines Flusses viel grösser sei, als diejenige, welche in dem Flussgebiet als Regen oder Schnee niederfällt. Diese Meinung konnte aber nur so lange Bestand halten, als man ohne Messung und Rechnung nur einem dunklen Gefühle folgte. Genauere Untersuchungen gaben ganz andere Resultate; sie widerlegten diese Erklärungen vollständig; sie zeigten, dass die Wassermenge, welche die Bäche und Flüsse abführen, wirklich bedeutend kleiner ist, als die auf dem ganzen zugehörigen Flussgebiete niederfallende Regenmenge.

Es sind in dieser Beziehung für verschiedene Flüsse als: Garonne, Seine, Brenne, Rhein, Ems, Weser, Rhone, Weichsel und noch für manche anderen Flüsse Berechnungen mitgetheilt, welche durch Zahlen nachweisen, dass der obige Satz vollkommen richtig ist, indem von der Garonne nur $0.^{646}$ der Gesammtregenmenge abfliessen, während $0.^{354}$ durch Verdunstung, Versickerung und Vegetation verloren gehen. — Bei dem Brennefluss ist die Wassermenge des Flusses nur $0.^{58}$ der Regenmenge, und eben so viel bei der Rhone.

Eine Berechnung für die Seine von Arago, welche grösseres Vertrauen verdient, soll hier erwähnt werden. — An der Brücke unterhalb der Tuillerien wurden bei mittlerem Wasserstande 255 Cubikmeter oder 8248 rhlnd. Cubikfuss in der Sekunde abgeführt; dieses gibt also während des Jahres 8,042,000,000 Cubikmeter oder 260,120,000,000 Cubikfuss, und der Flächenraum, von dem das Wasser hier abgeführt wird, hat eine Ausdehnung von 4,327,000 Hektaren oder $664.^{2}$ deutschen Quadratmeilen. Die Höhe der durch die Seine abgeführten Wassermenge beträgt also 7 Zoll 1 Linie rhlnd., sie kommt daher ungefähr dem dritten Theile des Niederschlages gleich.

In allen Fällen ist die abgeführte Wassermenge bedeutend kleiner als die jährliche Regenmenge; das Verhältniss ist aber kein constantes, sondern zeigt, dass die Wassermenge, welche aus den gebirgigen Gegenden den Strömen zugeführt wird, viel bedeutender ist als diejenige, welche eine gleiche Oberfläche des ebenen Landes liefert.

Entstehung und Eigenschaften der fliessenden Gewässer im Allgemeinen.

§. 6.

Regen und Schnee treffen im Allgemeinen die ganze Erdoberfläche, und besonders reichhaltig ist dieser Niederschlag in Gebirgen. — Das Wasser ist den allgemeinen Gesetzen der Schwere unterworfen; es kann sich auf der geneigten Oberfläche nicht halten, sondern fliesst ab; es folgt dem stärksten Abhange und demjenigen Wege, der ihm die mindesten Hindernisse entgegenstellt. — Ueber einen undurchdringlichen oder einen solchen Boden, der schon mit Wasser gesättigt ist, fliesst es sichtbar fort; in durchdringlichen Erdschichten dagegen, die noch nicht gesättigt sind und in klüftiges Gestein zieht es sich hinein, und setzt auch in diesem Falle seine Bewegungen langsam abwärts fort, bis es das Grundwasser oder die Schichten antrifft, die schon mit Wasser angefüllt sind. Hier würde es zur Ruhe kommen und sich immer mehr ansammeln, wenn nicht die grössere Höhe, zu welcher es ansteigt, den Druck vermehren, und dadurch Veranlassung geben würde, dass Seitenflüsse nach dem Fusse der Anhöhen oder in die tiefer liegenden Thäler sich bilden. In den letzteren vereinigt sich dieses Quellwasser wieder mit demjenigen, welches auf der Oberfläche herabfloss, und beide speisen gemeinschaftlich *Bäche.*

Derjenige Theil des Regenwassers, der entweder keinen Abfluss fand, oder vermöge der Capillar-Attraction in der undurchdringlichen Oberfläche zurückgehalten wird, verdunstet, sobald Trockenheit oder eine höhere Temperatur die Luft zur Aufnahme der Wasserdünste empfänglich macht. In gleicher Weise verdunstet auch das bewegte oder stehende Wasser, so weit dasselbe mit der trockenen Luft in Berührung kommt.

Dasjenige Wasser dagegen, welches die Bäche und Flüsse bildet, bewegt sich fortwährend nach den tieferen Stellen der Erdoberfläche dahin. Kommt es in einen rings von Anhöhen umschlossenen Kessel, der keinen Ausweg bietet, so sammelt es sich in diesem an und bildet, wenn nicht etwa die Verdunstung im Vereine mit der Filtration so stark ist, dass die ganze zufliessende Wassermenge absorbirt wird, einen Landsee; es steigt sodann in dem Kessel immer mehr und mehr, bis es zuletzt an einer Stelle, wo der umgebende Rand am niedrigsten ist, überfliesst und von Neuem dem Abhange des Bodens folgt. Dieser Lauf muss augenscheinlich ein Ende nehmen, sobald die

allerniedrigste Stelle auf der Erdoberfläche erreicht ist. — Das Wasser sammelt sich auch hier an und gelangt zur Ruhe; ein ferneres Abfliessen ist jedoch nicht denkbar. Auf solche Weise bildete sich der Ocean, welcher sich durch den Zufluss der Ströme noch fortwährend ausdehnen müsste, wenn nicht die ganze Wassermenge, welche zugeführt wird, wieder verdunsten, hiedurch zu den Anhöhen und dem festen Lande zurückkehren und den mächtigen ewigen Kreislauf bilden würde, dem die Erde ihren Pflanzenwuchs und ihre Bewohnbarkeit zu verdanken hat.

Ebenso muss bei Landseen, die mit dem Weltmeere nicht in Verbindung stehen, die Verdunstung und Filtration die Wassermenge der Zuflüsse absorbiren; der Wasserstand derselben wird daher von trockenen und feuchten Jahren abhängig sein. So z. B. das kaspische Meer, in welches sich die Wolga (mit einem Stromgebiet von 30.000 Quadratmeilen) ergiesst, und dessen Wasserspiegel nach neueren Messungen 94 par. Fuss unter dem des mittelländischen Meeres liegt.

Hieraus geht klar hervor, wie aus dem atmosphärischen Niederschlage die Quellen und Rinnen gespeist werden, welche durch ihren Zusammenfluss die *Bäche* bilden, aus deren Vereinigung wieder die *Flüsse* entstehen, die endlich zu *Strömen* sich ansammeln, und so in die *Meere* einmünden.

Bäche werden kleinere Wasserläufe bis zu ungefähr ½ Kubikmeter Wassermenge pro Sekunde genannt. Sie erhalten ihr Wasser theils durch oberflächlich abfliessende Regen- oder Schneewasser, theils durch Quellen, die theilweise auch von Thau und Nebel genährt werden. Zur Uebersicht ist es gut, wenn man die Bäche in mehrere Klassen eintheilt.

Wir nennen *Regenbäche* solche Bäche, welche ihr Wasser vorzugsweise den Regenniederschlägen verdanken. Die Wassermengen dieser Bäche sind ganz mit der Witterung veränderlich; bei Regenwetter erhalten sie viel Wasser, bei anhaltend trockener Witterung wenig oder gar keines.

Gletscherbäche nennen wir solche Bäche, welche ihr Wasser grösstentheils der Schmelzung des Gletschereises verdanken. Sie kommen nur in begletscherten Hochgebirgen vor, haben bei trockener kalter Witterung wenig, bei warmem Winde, warmem Regen, oder im Sommer bei warmem Sonnenscheine sehr viel Wasser, das mit Steinmehl gemengt ist und daher undurchsichtig weissgrau aussieht.

Quellenbäche nennen wir solche Bäche, welche reichlich durch Quellen genährt werden, und da diese in der Regel ziemlich gleichförmig Wasser liefern, so ist die Wassermenge der Quellenbäche nicht sehr veränderlich.

Wildbäche (Torrenti) sind in breiten Rinnsälen fliessende, die meiste Zeit des Jahres wasserarme Bergströme mit starkem Gefälle und mit felsigem oder grobsteinigem Bette. Beim geringsten Anlasse schwellen sie zu einer furchtbaren Höhe an, mit einem donnerähnlichen Getöse wälzen sie die grössten Felsblöcke oder eine breiartige Masse von Erde und Steingerölle mit sich fort, toben einige Stunden, höchstens Tage lang, und verlaufen sich dann wieder schnell. Der Wasserabfluss in denselben ist sehr veränderlich und wegen des starken Gefälles und rauhen Bodens gewaltsam tumultuarisch. — Eine Regenwolke, die sich im Gebirge entladet, wo jeder Tropfen Wasser, ohne in die Erde eindringen zu können, seinem Rinnsale zueilen muss, kann Anlass hiezu geben. An den südlichen Abhängen der Alpen sind diese Anschwellungen grösser als an der Nordseite; das plötzliche Schmelzen des Schnees dürfte dieses erklären. Sie erhöhen sehr ihr Flussbett durch Ablagerung der Stoffe, die sie mit sich führen, münden meistens fast senkrecht in die Flüsse des flachen Landes, hemmen dadurch ihren Lauf, und veranlassen Ueberschwemmungen und Verwüstungen.

Flüsse entstehen durch Vereinigung der Bäche, sind also Wasserläufe mit grossen Wasserquantitäten. Je länger ihr Lauf, desto grösser wird ihre Wassermenge. Im Gebirge haben die Flüsse starke und ungleichförmige Gefälle; es kommen dort Stromschnellen und Stürze vor. In den Niederungen ist dagegen das Gefälle der Flüsse schwach und gleichförmig; daher der Abfluss des Wassers mehr ein regelmässiger, insbesondere wenn der Flusslauf durch Seen gegangen ist, welche den Wasserabfluss reguliren. In den Gebirgen ist das Wasser zwar oftmals durch Steinmehl, Erde, Sand, mechanisch verunreinigt, aber chemisch nicht merklich verändert. In den Niederungen dagegen ist das Wasser der Flüsse nicht nur durch Sand und Schlamm mehr oder weniger verunreinigt, sondern auch durch Vermischung von Pflanzenstoffen, so wie durch die Abgänge aus den Wohnungen und Ställen u. s. w. chemisch verändert und unrein.

Denjenigen Theil der Erdoberfläche, welcher die atmosphärischen Niederschläge einem Flusse oder Strome zuführt, nennt man *Fluss- oder Stromgebiet* desselben. Die Grenze zweier Flussgebiete heisst die *Wasserscheide.*

Das *Stromgebiet* eines Flusses oder dessen Becken, ist demnach begrenzt: von der Hauptwasserscheide,

von den beiden sekundären Wasserscheiden verlängert bis an das Meer, in welches der Strom einmündet, und dem zwischen diesen Wasserscheiden liegenden Ufer des Meeres. Ein Stromgebiet ist demnach zusammengesetzt aus dem Becken aller Zuflüsse.

Die *Grösse des Flussgebietes*, aus welchem alle Wasser kommen, die durch ein gewisses Profil des Flusses gehen, ist auch gleich der Summe aller Becken niederer Ordnung der oberhalb des gelegenen Punktes liegenden Zuflüsse.

Hieraus geht hervor, dass aus der Grösse des Flussgebietes und der Menge des jährlichen atmosphärischen Niederschlages auf die Wassermenge des Flusses geschlossen werden kann, wenn nur bestimmt ist, welcher Theil des Niederschlages wirklich in den Thalweg gelangt, sei es durch freies Abfliessen auf der Thalwand oder durch Quellen, und ferner, welchen Einfluss die natürliche Beschaffenheit und Gestaltung des Flussgebietes ausübt.

Bei jedem Flusse unterscheidet man den *oberen, mittleren* und *unteren Theil seines Laufes.* — Der obere Theil heisst seine *Quelle*, der untere seine *Mündung.*

Unter *dem Bette* eines Flusses versteht man den Kanal, in welchem die Wassermasse abgeführt wird.

Man unterscheidet bei dem Bette die *Sohle*, die *Uferwände* und das *Bord.*

Die *Sohle des Flussbettes* besteht gewöhnlich aus Geschieblagern von verschiedener Mächtigkeit, deren einzelne Steinstücke, die meistens von grossen Entfernungen herbeigetrieben wurden, je nach der Geschwindigkeit des Flusses, verschiedene Grössen haben.

Die *Uferwände*, welche den umgebenden Boden bilden, bestehen aus Schichten; sie sind mehr oder weniger steil, je nachdem sie eine grössere oder geringere Widerstandsfähigkeit haben, also sich unter mehr oder weniger steilem Böschungswinkel halten können.

Das *Uferbord* ist die Linie, in welcher die Uferwände und die Oberfläche des Ufergeländes sich schneiden. Diese Linie ist sehr oft scharf begrenzt, besonders wo das Flussbett tief eingeschnitten erscheint, oder wo das Gelände gegen die Ufer hin flach fällt.

Der tiefste Thalweg (Hauptthalweg) des Stromgebietes ist das Bett des Stromes selbst, welches durch die Einflüsse des strömenden Wassers den mannigfachsten Veränderungen unterworfen ist. Selbst in dem festesten Felsboden arbeitet das fliessende Wasser, theils durch Auswaschen, theils durch Ausschleifen, theils durch seine lösende Kraft sich langsam ein. Viele Gebirgsschluchten, in deren Tiefe Bäche fliessen, wurden offenbar im Laufe von Jahrtausenden durch die Einwirkung des strömenden Wassers ausgearbeitet. Ein augenscheinliches Beispiel der zerstörenden Einwirkung des Wassers auf Fels, bietet der 160 Fuss hohe Niagarafall, welcher in dem Verhältnisse stromaufwärts rückt, als die Felsbank, über welche die Wassermassen des Lorenzostromes herabstürzen, durch die unablässigen Angriffe desselben abgenützt wird. Auf 1½ Meile unterhalb des Falles ist der Strom in einem engen Thale von etwa 300 Fuss hohen Felsen eingeschlossen, — offenbar die Wirkung der seit Jahrtausenden herabstürzenden Wassermassen.

Während die Flüsse im Fels nur sehr langsam ihr Bett ausbilden, geschieht diess schneller, leichter, aber auch viel veränderlicher im aufgeschwemmten Lande. Zufällige äussere Einflüsse leiten die Strömung an das eine Ufer, welches dadurch in Abbruch gesetzt wird, und da gleichzeitig der Strom auf der anderen Seite schwächer wird, so setzen sich hier die vom Strome mitgeführten Materialien an und bilden Ablagerungen. Dadurch entstehen Krümmungen oder Serpentinen, welche, indem die Krümmung selbst die Strömung immer mehr das concave Ufer trifft und in Abbruch setzt, in steter Zunahme begriffen sind, bis sie zuletzt z. B. bei einem Hochwasser wieder durchbrochen werden, und so der Strom sich selbst regulirt. — Steigt nämlich der Strom bei Hochwasser über die Ränder seines gewöhnlichen Bettes, so hören die gewöhnlichen Ursachen, welche die Richtung der Strömung in dem eingeschnittenen Bette bedingen, auf, die Hauptströmung folgt dem kürzesten Wege, auf welchem sie das relativ grösste Gefälle hat, und bricht so das von der Richtung der Strömung getroffene Ufer durch. So wird der gerade Lauf des Stromes wieder hergestellt, und entweder eine Inselbildung oder eine zeitweise Verbreiterung des Bettes veranlasst, welche aber durch Verlandung der Bucht mit der Zeit wieder verschwindet.

Aber nicht allein die Ufer sind einer steten Veränderung unterworfen, sondern auch die Sohle des Strombettes. Das Wasser äussert eben nicht nur, wie bereits erwähnt, durch das Auswaschen, Ausschleifen und durch seine lösende Kraft seine zerstörende Wirkung auf den Fels, sondern es werden auch durch Verwitterung Theile abgelöst, noch mehr aber durch das Gefrieren des in die Spalten eingedrungenen Wassers, wodurch, vermöge der dabei stattfindenden Ausdehnung (Wasser nimmt beim Ge-

frieren um 1/14 bis 1/12 seines Volumens zu), selbst grössere Stücke abgesprengt werden. Die losen Gesteintheile werden dann, namentlich bei Hochwasser, je nach der Stärke der Strömung, weit hinab in's flache Land fortgeführt, wo sie sich in der Reihenfolge, je nach ihrer Schwere, mit der Abnahme der Stärke der Strömung successive ablagern. Durch den Abbruch der Ufer im aufgeschwemmten Lande vermehrt sich noch die Menge der vom Strome mit fortgeführten Materialien, welche erst da, wo durch die äusseren Verhältnisse eine Abnahme der Geschwindigkeit des strömenden Wassers eintritt, zu Boden sinken. — Da nun die Geschwindigkeit der Ströme meistens mit der Länge ihres Laufes abnimmt, so wird sich das gröbere Material zuerst absetzen, das feinere weiter fortgeführt werden, der feine Sand am weitesten. Der aufgelöste Thon schlägt sich erst an Stellen nieder, wo die Bewegung des Wassers fast ganz aufhört.

Natürlich bedingen die Nebenflüsse und hiebei wieder der Umstand, ob sie Gebirgs- oder Binnenflüsse sind, entsprechende Abweichungen von der angedeuteten natürlichen Reihenfolge der Ablagerung, da durch sie später wieder im Hauptstrome, welcher nur noch Kies und Sand führte, von Neuem grössere Geschiebe vorkommen können.

Eine Folge dieser Ablagerungen ist die allmählige Erhöhung des Strombettes und die Bildung von Untiefen, und zwar an denjenigen Stellen, wo durch Verhältnisse des Strombettes eine Geschwindigkeits-Abnahme eintritt. Diese Erhöhung des Strombettes kann aber bei natürlichen Verhältnissen keine gefährlichen Folgen haben. Da der Strom die meisten Materialien mit sich führt (diese Stoffe geben sich durch das trübe Wasser zu erkennen), so werden bei Hochwasser die naheliegenden Niederungen überschwemmt, wodurch bei der fast ruhenden Wasserfläche sehr reiche Ablagerungen sich bilden, so dass gleichzeitig mit dem Strombette auch die umgebenden Niederungen sich erhöhen, und desshalb auch keine Gefahr aus der Verflachung des Strombettes zu besorgen ist.

Wird jedoch der Strom durch Deiche (Dämme) eingeengt, und auch bei Hochwasser innerhalb dieses künstlichen Bettes erhalten, so wächst nur die Sohle des Bettes, und diese erhebt sich also immer mehr und mehr gegen die ausserhalb der Deiche gelegene Niederung. Die Folge davon ist, dass die Deiche fortwährend erhöht werden müssen, und dass die Gefahr bei einem vorkommenden Durchbruche immer grösser wird.

In den Niederungen und im Hügellande bleibt der im Winter fallende Schnee in der Regel nicht lange liegen, indem zwischen den von reichlichem Schneefall begleiteten Kälteperioden gewöhnlich Regenwetter oder überhaupt mildere Temperatur eintreten, die den Schnee zum Schmelzen bringen. Was der Winter liegen lässt, beseitigt die Frühlingssonne, und während des Sommers sind diese Gegenden frei vom Schnee.

Anders ist der Vorgang im Hochgebirge beschaffen. Dort ist die Schneemasse, welche während des Winters niederfällt, ungemein gross und bleibt grösstentheils während des Winters liegen, indem in diesen Höhen die Wintertemperatur fast immer unter Null Grad ist. Die Schneemassen häufen sich daher während des Winters fort und fort an, stürzen zum Theil in die Hochthalschluchten und füllen dieselben aus. So wie im Frühling die mildere Witterung eintritt, beginnen diese Schneemassen an der Oberfläche zu schmelzen, aber nicht überall in gleicher Menge. In den höchsten Theilen der Gebirge nur wenig, etwas mehr in den mittleren Höhen, reichlich in den unteren Theilen der Hochthalschluchten. Dabei dringt das Wasser in die Schneemassen ein, und friert mit denselben zu Eismassen, welche man Gletscher nennt. Sie schmelzen erst im Sommer, aber nur theilweise, zusammen und bilden die sogenannten Gletscherbäche. Diese während des ganzen Sommers fortdauernde Abschmelzung der Gletscher hat zur Folge, dass der Wasserabfluss aus den Hochgebirgen nach den Niederungen im Laufe des Jahres in einer Weise erfolgt, die jener entgegengesetzt ist, die aus den Regenniederschlägen entsteht; denn ein Wasserabfluss aus den Gletschern ist im Winter und sonst bei kalter Luft nur sehr gering, wird immer stärker und stärker, so wie die Luft wärmer wird, und erreicht im hohen Sommer bei anhaltend trockener und heisser Witterung die grösste Menge. Dieser Wasserabfluss aus den Gletschern bewirkt daher, dass die Wassermengen in den Flüssen zu verschiedenen Jahreszeiten nicht so veränderlich sind, als sie es wären, wenn in den Flüssen nur Regenwasser abflösse. Die Wassermenge in den Flüssen wird am kleinsten, wenn sowohl im Hochgebirge, als auch im Hügel- und Flachland anhaltend trockene und kalte Witterung gleichzeitig vorhanden ist; sie wird dagegen am grössten, wenn im Hochgebirge wie im Hügel- und Flachlande reichlich andauernd warmer Regen niederfällt. Denn insbesondere warme Regen bringen rasche Schnee- und Eisschmelzungen hervor.

II. Abschnitt.

Die Flüsse,

Eigenschaften und Beobachtungen.

Von den verschiedenen Wasserständen.

§. 7.

Die Gewässer haben *nicht* immer *einen* und *denselben Wasserstand* (Wasserspiegelhöhe); er ändert sich häufig und man unterscheidet *dreierlei Wasserstände:*

a. Das *Hochwasser* ist der höchste Wasserstand. Unverkennbare Spuren bezeichnen seine Verheerungen, und seine Ueberschwemmungsgrenzen leben im traurigen Andenken der Uferbewohner fort, welche Unglücksfälle dieser Art nie vergessen. An den Pfeilern der Brücken, an den Eckhäusern jener überschwemmten Gassen, in welchen man mit Kähnen fuhr, und an andern Orten werden Bezeichnungen und Denksteine getroffen, worauf nebst der Jahreszahl und dem Tage der Noth auch die Wasserhöhe angemerkt ist.

b. Das *Mittelwasser (Beharrungszustand)* oder der *Normalwasserstand* ist derjenige, welchen das Wasser während der längsten Zeit des Jahres inne hat; derselbe wird gewöhnlich von der Natur selbst an den Ufern durch Weiden, Erlen und anderes Gesträuch markirt. Schiffer, Fischer, Müller, kurz jene Leute, deren Beruf es ist, immer am Wasser zu sein, können ihn mit grosser Schärfe angeben.

c. Der *niederste* Wasserstand oder das *kleinste Wasser* ist die *Null* der Hydrotechnik; er ist gewöhnlich markirt und kann von allen, welche durch ihre Arbeit an das Wasser gefesselt sind, mit Genauigkeit angegeben werden.

Es ist der Point de repère; man zählt und nivellirt in der Hydrotechnik immer von Null (d. i. vom kleinsten Wasser) aufwärts.

Das kleinste Wasser tritt gewöhnlich im Winter (Ende December, Mitte Februar) und im Hochsommer (Ende Juli bis Ende August) ein. Das Hochwasser erwartet man nach dem Schmelzen des Schnees (Ende Februar bis Anfangs März). Doch finden hievon Ausnahmen häufig statt; anhaltende Dürre, frühe Kälte, starkes Thauwetter, Regengüsse, Wolkenbrüche alteriren die Wasserstände aller Flüsse, besonders jener, die im Hochgebirge oder am Fusse eines Gletschers entspringen, z. B. des Inn, der Etsch.

Von grossem Einflusse auf den Wasserstand eines Stromes sind auch die Eisgänge. Eine ganze oder theilweise Sperrung des Bettes durch das Eis verursacht nämlich oberhalb einen Aufstau und unterhalb, in Folge des verminderten Zuflusses, ein starkes Sinken des Wassers. — Nur bei geringer Strömung wird sich auf einem Strome eine vollständige Eisdecke bilden, bei stärkerer Strömung gestattet die heftige Bewegung des Wassers nicht die Bildung des Eises. Nichts desto weniger theilt sich die Kälte der Luft nach und nach dem Wasser mit und dieses erkaltet selbst unter dem Gefrierpunkt. Wenn es alsdann an eine Stelle kommt, an welcher die Strömung geringer ist, zeigt sich sogleich eine Eisbildung, welche sich vergrössert, durch die Bewegung des Wassers und durch Winde sich ablöst, sodann vom Strome fortgetrieben wird und das Treibeis bildet. — Solche grosse lose Eisschollen geben hauptsächlich zu Eisstopfungen Anlass. Bei höherem Wasserstande gefriert zuweilen das Wasser auf den Gründen zur Seite des Bettes, und es tritt dann noch ein weiteres Steigen bei etwa eintretendem Thauwetter ein, wodurch die Eisdecke gehoben und in einzelnen Stücken vom Strome fortgeführt wird.

Wie sehr der höchste und kleinste Wasserstand, beziehungsweise die Wassermassen von einander verschieden sein können, zeigt folgende Zusammenstellung:

	Niederwasser in Cubik-Meter.	Hochwasser in Cubik-Meter.	Verhältniss.
Rhein bei Kehl	380	4685	1 : 14
Maass bei Samoise	33.4	600	1 : 17
Garonne bei Toulouse . . .	36	5700	1 : 158
Garonne bei Tarn	87	12000	1 : 138
Allier bei Guetin	16	6000	1 : 375
Loire bei Briare	32	10000	1 : 312
Rhein bei Lauterburg . . .	465	5010	1 : 10.8

Eine besondere Eigenschaft der nicht durch Eisstopfungen verursachten Hochwasser ist, dass dieselben viel schneller entstehen als verschwinden. — Die Ursachen hievon liegen in verschiedenen Umständen: der Regen pflegt sich nach längerem trockenem Wetter weit rascher einzustellen, als nach dem Regen die schöne Witterung; ebenso tritt im Frühjahre die Temperaturzunahme ziemlich schnell ein, wodurch grosse Massen Schnee- und Eisschmelzen ein plötzliches Steigen der Gewässer veranlassen, welche sofort aus den Ufern treten und ausserhalb dieser nur eine schwache Bewegung annehmen, während der Strom in seinem Bette schnell fortfliesst. Mit dem Aufhören des Hochwassers muss demnach das über dem Ufer des Stromes durch seine langsame Bewegung zurückgebliebene Wasser in das Bett zurückkehren und kann erst auf diesem Wege abfliessen. Hiedurch wird offenbar auch das Anschwellen des Stromes etwas verzögert. Die Anschwellungen der Hauptströme werden aber anfangs nur durch diejenige Wassermasse veranlasst, welche ihnen sogleich zufliesst, und der andere viel grössere Theil der Niederschläge, so wie auch die Zuflüsse aus entfernten Gegenden, welche erst später ankommen, bewirken die nachhaltige Speisung.

Wasserstands-Beobachtungen.

§. 8.

Die Wichtigkeit der *Wasserstands-Beobachtungen* ist gross; ihr Nutzen ist ein allgemeiner, und man kann in der That nicht nur keinen Strombau, sondern überhaupt keine bauliche Anlage in dem Innundations-Gebiete eines Stromes vornehmen, ohne die Höhe der Wasserstände zu berücksichtigen.

Die Anlagen der Communikationen, seien es Strassen oder Brücken, der Leinpfade, der Stauanlagen, der Schleussendrempel, der Kappenschweller, aller Bettungen, der Aeste u. s. w. sind alle von den verschiedenen Wasserständen abhängig. — Auch die alltäglichen Bedürfnisse der Schifffahrt und der Kultur fordern Wasserstands-Beobachtungen, und haben schon in frühesten Zeiten Veranlassung zu mehr oder minder zweckmässigen Einrichtungen von Wasserstandsmessern gegeben.

Die Vorrichtung, woran die Wasserstandsbeobachtungen gemacht werden, heisst *Pegel, Marqueur* oder auch *Hydrometer.*

Gewöhnlich besteht er nur in einer Latte aus Holz oder Gusseisen, die in Fusse und Zolle eingetheilt und so befestigt ist, dass der Nullpunkt mit dem kleinsten Wasserstande zusammenfällt. Die Bezeichnung geschieht vom Nullpunkt an aufwärts, so dass die Pegel bei einem höheren Wasserstande eine grössere Anzahl von Fussen markiren, als bei niedrigerem. Der Pegel muss vor Beschädigungen gesichert und leicht zugänglich sein, so dass man den jedesmaligen Wasserstand daran scharf ablesen kann. — Eine passende Stelle wäre demnach am hintersten Pfahle eines Eisbrechers, an Schiffshaltern, an Ufermauern und Bohlwerken u. s. w. Wo sich indessen eine solche Gelegenheit zu seiner Anbringung nicht vorfindet und die Ufer flach sind, gräbt man seitwärts einen angemessenen tiefen Brunnen, verbindet denselben durch einen Graben — dessen Sohle jedoch unter dem kleinsten Wasser liegen muss — mit dem Flusse, und bringt in jenem Brunnen den Pegel an. Da das Steigen und Fallen des Wassers in dem Brunnen dasselbe wie im Flusse sein wird, so kann man hier mit grösserer Genauigkeit als dort den Wasserstand ablesen, weil der Wasserspiegel hier nicht, wie im Flusse selbst, schwanken wird. Für die Reinhaltung des Verbindungsgrabens muss aber gesorgt werden, weil der Strom dergleichen kleine Seitenverbindungen häufig versandet.

Eine besondere Schwierigkeit verursacht zuweilen die Aufstellung der Pegel, wenn das Ufer sehr flach und der Wechsel der Wasserstände sehr gross ist. Der erwähnte Graben müsste in diesem Falle übermässig lang sein und könnte daher bei diesem grossen Wechsel der Wasserstände leicht versandet werden, so dass man, abgesehen von der immerwährend vorzunehmenden Reinigung desselben, die niederen Wasserstände öfter gar nicht abzulesen im Stande wäre. Man zerlegt in diesem Falle den Pegel in zwei, oft auch in drei und mehr Theile; mit dem ersten beobachtet man den kleinsten, mit dem zweiten den mittlern und mit dem dritten Theile den höchsten Wasserstand. Dass diese Theile durch ein sehr genaues Nivellement verbunden werden müssen,

damit ihre Eintheilung übereinstimmend sei, versteht sich von selbst.

Noch sind die *schrägen Pegel* zu erwähnen, welche man sowohl auf geneigten steinernen Ufereinfassungen, wie auch an den Dossirungen der Deiche anzubringen pflegt. Ihre Eintheilung muss aber der Neigung entsprechen, damit der vertikale Abstand der Theilungspunkte die richtige Grösse erhält.

Manche Pegel haben eine künstliche Einrichtung, wie z. B. der sogenannte *schwimmende Pegel;* derselbe besteht aus einem kupfernen hohlen Cylinder, der auf dem Wasser schwimmt und eine leichte Stange trägt. Letztere wird durch zwei Bügel in vertikaler Richtung erhalten und markirt durch ihr oberes Ende, oder noch besser durch einen Zeiger oder eine sonstige Marke gegen den in passender Weise angebrachten Massstab, den jeweiligen Wasserstand. Der Vortheil dieser Einrichtung liegt in der Erleichterung des Ablesens, indem man dieses in einer bequemeren Höhe vornehmen kann, und auch darin, dass der Massstab selbst durch den Niederschlag des Schlammes nicht verunreinigt wird, was in der Höhe des Wasserspiegels oft und manchmal sehr stark zu geschehen pflegt.

Diese schwimmenden Pegel erhalten zuweilen auch die Einrichtung, dass sie die Maxima und Minima selbst notiren, indem sie in der einen oder andern Richtung gewisse Körper fortschieben, die durch Reibung in ihrer jedesmaligen Stellung gehalten werden, oder durch an ihnen befestigte Stifte an einer fortwährend durch ein Uhrwerk sich bewegenden cylinderischen Walze die höchsten und niedersten Wasserstände markiren, oder endlich auch, dass sie ein Blei auf einer durch ein Uhrwerk bewegten Walze führen und so eine Curve beschreiben, deren Abscissen die Zeiten, und deren Ordinaten die Differenzen der Höhen der Wasserstände angeben. — Diese Einrichtung *(Maréegraphen)* hat man häufig an den Strommündungen und Seehäfen, wo Ebbe und Fluth stattfindet.

Weder der Nullpunkt noch die andern Wasserstände sind fixe Punkte; sie gelten nur so lange, als sie von der Erfahrung nicht widerlegt werden. Tritt im Laufe der Zeit ein kleinerer Wasserstand ein, als der Nullpunkt des Pegels anzeigt, so fordert die Consequenz unbedingt, diesen sowohl, als die allenfalls eingetretenen andern Wasserstände mit Angabe der Zeit am Hydrometer und jedem andern Wasserwerke anzumerken; denn jede Unterlassung hievon bestraft sich sicher durch schwere Folgen.

Im Allgemeinen sollten Pegel überall da aufgestellt werden, wo entweder das Gefälle oder die Gestalt des Querschnittes sich merklich ändert, sodann da, wo ein Zufluss eintritt.

Wenn neue Pegel gesetzt werden, wo solche bisher noch gar nicht bestanden, hat man in der Wahl des Nullpunktes ganz freie Hand und darf nur dafür sorgen, dass derselbe ganz sicher unter das kleinste Wasser trifft. Man pflegt ihn alsdann um 2 Fuss tiefer, als dieses muthmasslich herabsinkt, zu legen, damit keine negativen Ablesungen nothwendig werden.

An den Hauptpegeln wird der Wasserstand täglich einmal beobachtet. Diese Beobachtungen sollen zu derselben Tageszeit vorgenommen werden, damit sich der mittlere Wasserstand aus dem arithmetischen Mittel richtig ergibt. Die Resultate werden in die Pegelbücher eingetragen, welche auch in einer besonderen Spalte die Zeit und den Stand ausserordentlicher Hochwasser und der Eisgänge enthalten müssen. Auch ist es — besonders in Seestädten — gut, meteorologische Notizen über die Richtung des Windes, des Wetters u. s. w. anzulegen.

Dient der niedrigste Wasserstand eines Hydrometers zum General-Vergleichungsplan für sehr entfernte, aber sich auf einander beziehende Wasserwerke, so darf man den Hydrometer nicht stromaufwärts, sondern muss denselben abwärts, an einer von der Natur auffallend markirten Stelle annehmen, damit der Hauptvergleichungsplan nicht über die höher liegenden, sondern unter allen Objekten wegstreiche. — Es versteht sich übrigens von selbst, dass jedes Objekt, des gemeinschaftlichen Vergleichungsplanes ungeachtet, seinen eigenen Nullpunkt, sein eigenes Hoch- und Mittelwasser haben kann.

Wassertiefe.

§. 9.

Eine nicht bedeutende Wassertiefe misst man mittelst der *Peilstange,* und diese Arbeit selbst nennt man *Peilen.*

Die *Peilstange* (Taf. 1, Fig. 1 a) ist eine gewöhnliche rundgehobelte, mit weisser Oelfarbe angestrichene, in Schuhe und Zolle dergestalt eingetheilte Stange (oder ein solcher Stab), dass man die Ablesungen daran schnell und bestimmt vornehmen kann, ohne erst eine besondere Seite des Stabes dem Beobachter zuwenden zu müssen. — Wegen der Unregelmässigkeit des Bettes ist eine grosse Genauigkeit bei den Tiefenmessungen nie zu erreichen; es würde demnach ganz überflüssige Mühe sein, wenn man auch die Theile eines Zolles auf der

Peilstange noch ablesen wollte. Manchmal hat man sogar die Stange nur von drei zu drei Schuhen eingetheilt. Damit sich die Peilstange nicht abnütze, ist ihr am oberen und unteren Ende ein eiserner Ring aufgesetzt, und um das Eindringen bei Messungen im weichen Boden zu verhindern, wird die Stange am unteren Ende mit einer eisernen Scheibe von 3 bis 4 Zoll Durchmesser, wie Taf. 1, Fig. 1 b zeigt, versehen.

Bis zu einer Tiefe von höchstens 20 Fuss bedient man sich gewöhnlich der Peilstange, bei einer grösseren Tiefe aber des Loths, obwohl am Rheine Tiefenmessungen von 40 sogar auch 45 Fuss mit der Peilstange schon vorgenommen wurden.

Ueber den Gebrauch der Peilstange ist zu bemerken, dass sie lothrecht stehen muss, während man die Ablesung hält. — Derjenige, welcher die Messung vornimmt, stellt daher die Stange schräge, und zwar in der Richtung herab, von wo das Wasser gegen den Nachen strömt. Diese Strömung fasst die Stange und bringt sie in die lothrechte Stellung; nur muss der Arbeiter die Neigung so wählen, dass sie gerade beim Berühren des Grundes den lothrechten Stand einnimmt.

Eine grössere Wassertiefe lässt sich leichter durch das *Loth* ermitteln; es leidet dadurch freilich etwas die Genauigkeit, aber gerade bei grossen Tiefen ist scharfe Messung weniger Bedürfniss. Das Loth besteht aus einem Bleicylinder, dessen oberem Ende eine eiserne Oese angegossen ist, in welche eine Leine geknüpft wird, die durch eingebundene Lappen oder Lederstreifen, um die Ablesung schnell bewirken zu können, in Schuhe eingetheilt ist. Diese Leine wird, damit sie sich beim Nasswerden nicht verkürze, vorher in heisses Oel getaucht und beim Einstecken der Lederstreifen stark angespannt.

Wo keine Strömung stattfindet, veranlasst der Gebrauch des Lothes gar keine Schwierigkeiten; findet jedoch eine solche statt, so ist bezüglich der lothrechten Messung dasselbe zu bemerken, was schon hievon bei dem Gebrauche der Peilstange gesagt wurde.

Das Loth hat gewöhnlich ein Gewicht von 5 bis 10 Pfunden, bei Messungen jedoch in offener See muss dasselbe bis zu 50 Pfund und darüber betragen. An einem solchen grossen Lothe ist gewöhnlich die Einrichtung getroffen, dass man auch die Bodenart erkennen kann, welche es berührt. Es ist an der unteren Basis desselben zu diesem Zwecke eine Höhlung angebracht, welche mit Talg angefüllt ist. Dieser wird in seinen Eindrücken bei Berührung des Grundes Sand, kleine Steine, Muschelschalen festhalten, welche dann mit hinaufgezogen werden können, während grosse Steine einen Abdruck zurücklassen, der sich gleichfalls deutlich zu erkennen gibt. Ganz weicher Grund, Schlamm bringen keine merkliche Veränderung in der Oberfläche des Talges hervor, und so lässt sich auch diese Bodenart erkennen.

Grossartige Tiefenmessungen haben in neuester Zeit behufs Legung des unterseeischen Telegraphendrahtes zwischen England und Amerika stattgefunden. Als Loth wurde eine eiserne 32pfündige Kugel benützt, und die Leine bestand aus Seidenschnüren. Die Einrichtung war so getroffen, dass nach der Messung die Kugel am Grunde zurückblieb, während die Schnur nur eine dünne Blechröhre wieder herauf brachte, welche mit der Bodenart des Grundes gefüllt war. Durch das jedesmalige Opfern der 32pfündigen Kugel wurde eine sehr wesentliche Zeitersparniss erzielt, da nun das Aufwinden der Schnur schnell und ohne besondere Vorsicht geschehen konnte. Das Hinablassen der Kugel dauerte zwei bis drei Stunden, so dass oft während eines Tages nur zwei, ja mitunter selbst nur eine Messung gemacht werden konnte. Der Boden bestand meist aus verwitterten Muscheltheilchen, war also weich und für das Legen des Taues günstig. Auf dem Meere bedient man sich des sogenannten Patentlothes, wobei man aus der Abwicklung der Leine, d. i. durch Anzahl der Umdrehungen einer Achse, die Tiefe misst.

Querprofile.

§. 10.

Das *Querprofil* eines Stromes ist der Schnitt desselben mit einer vertikalen Ebene, welche unter einem rechten Winkel zu der Richtung des Stromstrichs steht. — Ein Querprofil, welches die Gestalt und die Verhältnisse des Flussbettes klar darstellen soll, darf nicht allein dieses enthalten, sondern muss so weit ausgedehnt werden, als sich die unmittelbare Wirkung des Flusses erstreckt oder erstrecken kann, folglich sollte es über das ganze Ueberschwemmungsgebiet reichen.

So lange man den Strom sich selbst überlässt, sind die Querprofile sehr grossen Veränderungen unterworfen, und da deren Aufnahme manchmal bedeutende Kosten verursacht, so werden sie nur an jenen Stellen aufgenommen, wo behufs einer beabsichtigten Stromcorrection deren Kenntniss nothwendig ist.

Am gewöhnlichsten ermittelt man bei nicht sehr breiten Strömen das Querprofil, indem man eine starke Leine quer über den Strom spannt, an welche Lederstreifen gebunden sind, welche die Entfernungen markiren. Man kann alsdann einen kleinen Nachen an der Leine quer über den Strom bewegen, und jedesmal, wenn man an einen solchen Lappen kommt, die Tiefenmessungen vornehmen.

Es ergeben sich jedoch bei diesem Verfahren Unrichtigkeiten, die in der Ausdehnung und Verlängerung der Leine, so wie auch darin ihren Grund haben, dass die Leine stark stromabwärts gezogen wird, indem man nämlich den Nachen, von welchem aus die Tiefenmessungen vorgenommen werden, allein an der Leine hält und den Stoss, den das Wasser gegen ihn ausübt, auf sie überträgt. — Man vermeidet diesen Uebelstand, wenn man den Nachen durch andere Leinen, die am Ufer oder an einem Anker befestigt sind, gegen den Stoss des Stromes unterstützt, so dass die eingetheilte Leine nur dazu dient, den Nachen in die richtige Entfernung vom Ufer zu bringen. Taf. 1, Fig. 2 zeigt diese Anwendung, und es ist darin zugleich angegeben, wie man mittelst zweier Signale an einem Ufer die Linie, in der das Profil gemessen werden soll, leicht erkennen und hiernach den Punkt genau bestimmen kann, wo jedesmal die Peilstange ausgestossen werden muss.

Ist es unmöglich, von einem Ufer zu dem andern das früher erwähnte Seil zu spannen, so verfährt man auf folgende Arten:

Soll z. B. das Profil AB (Taf. 1, Fig. 3) gepeilt werden, so bezeichnen die beiden Flaggenstangen EF den Punkt C in der Richtung AB, ebenso GH den Punkt D u. s. w. Es dürfen daher nur die Signalstangen HG, IL, EF u. s. w. in gleichen Abständen durch Pfählchen bezeichnet werden, damit durch successive vorschreitende Arbeiten Flaggenstangen an den Pfählchen aufgestellt werden können, wodurch man also auf dem Wasser, ohne landen zu müssen, eine Reihe von Profilen abpeilen kann. — Durch Auftragen dieser Visirlinien in die Karte sind auch die Messungspunkte leicht bestimmt, und das ganze Verfahren gewährt ein systematisches Vorschreiten.

Durch Winkelmessung mit einem Spiegelsextanten lässt sich von einem Boote aus bei ruhigem Wasser nach einem hohen Gegenstande z. B. einem Thurme u. dgl., oder nach zwei solchen von einander entfernt liegenden Punkten die Stelle des Bootes, wo die Peilung stattfindet, ebenfalls bestimmen.

Manchmal bindet man sich an keine geraden Profil-Linien, sondern misst die Tiefe an vielen Stellen und richtet im Kahne, so oft man die Peilstange in's Wasser stösst, eine kleine Fahne a, Taf. 1, Fig. 4, auf, die sogleich wieder niedergelegt wird. Werden nun in diesem Augenblicke am Ufer die beiden Winkel abc und acb durch was immer für Messinstrumente gemessen, so lässt sich jedem Dreiecke abc ein ähnliches zeichnen, und folglich sind die Stellen, wo die Tiefen gemessen wurden, bekannte Punkte.

Eine andere Art der Profilverzeichnung ist folgende: Man verlängere zuerst die gegebene Richtung des zu suchenden Profils de, Taf. 1, Fig. 5, rückwärts bis f, errichte daselbst eine so hohe Stange, dass sie vom Schiffchen g aus immer gesehen werden kann, und trage demjenigen, welchem man die Tiefenmessung anvertraut, auf, beständig in der Richtung ef zu bleiben, was durch einen Anker oder durch einen am Ufer befestigten Strick erleichtert wird. Wählt man sich nun einen Punkt h so, dass man nicht allzuspitze Winkelschnitte erhält, so lässt sich, wenn ef, eh und hf bekannt sind, durch Messung eines einzigen Winkels ehg, die jedesmalige Stelle g angeben, wo eine Tiefe gemessen wurde.

Haarscharfe Genauigkeit ist bei diesen Operationen wohl nicht möglich, aber glücklicher Weise auch nicht nöthig. — Ströme wühlen und nagen an dem Flussbette allzusehr, als dass es sich der Mühe lohnen sollte, auf so veränderliche Dinge, wie Stromprofile sind, übergrossen Fleiss zu verschwenden. Jedes Hochwasser verändert sie.

Kurze Sprachröhren, die das gegenseitige Zurufen möglich machen, sind sehr zu empfehlen; denn Fahnen, Winke, Pfiffe und andere derlei Zeichen helfen nicht immer.

Der Stromstrich.

§. 11.

Der *Stromstrich* oder *Thalweg* ist jener Wasserfaden, welcher die grösste Geschwindigkeit hat, und den alle sich selbst überlassenen schwimmenden Körper suchen. Er folgt, mit wenigen Ausnahmen, der grössten Wassertiefe und heisst auch Flussrinne. Fliesst der Strom geradlinig und sind die Stromprofile ziemlich regelmässig, so fliesst der Stromstrich gewöhnlich in der Mitte. Im Falle des Gegentheils flieht er das convexe und sucht das concave Ufer. Der Thalweg ist wichtig: für die Schifffahrt, für den Strombau und zuweilen auch für die Gränzbestimmung zwischen zwei verschiedenen Staaten. — Bei der Thalfahrt folgen die Schiffer der stärksten Strömung, weil sie hier den Weg am schnellsten

zurücklegen und im tiefsten Fahrwasser ihre schwerbeladenen tiefgehenden Schiffe kein Hinderniss finden.

Oft ist der Stromstrich leicht zu erkennen; manchmal jedoch, besonders wo sich das Bett in verschiedene Arme theilt oder wo dasselbe sehr breit wird, ist seine Lage sehr zweifelhaft. Viele auf einander folgende Querprofile geben die tiefsten Punkte (den Thalweg), deren Lage man auf die Karte überträgt und durch eine Curve verbindet.

Man bestimmt auch den Thalweg durch Hülfe einer bei mittlerem Wasserstande von einem Ufer zum andern gespannten Leine, welche, wie früher, durch Lappen und Lederstreifen in verschiedene Masse abgetheilt ist, indem man den Ort des Durchganges mehrerer, sich selbst überlassener, hinter einander schwimmender Körper beobachtet, und aus allen Beobachtungen jene, die sich am öftesten wiederholen, in die Stromkarte verzeichnet.

Von dem Gefälle.

§. 12.

Der Höhenunterschied des Wasserspiegels auf eine gewisse Länge desselben, z. B. auf 1000 Fuss, nennt man das *Gefälle* des Flusses für diese Länge. Wenn man sagt: der Fluss hat 0.34 Fuss Gefälle, so versteht man darunter auf 1000 Fuss horizontaler Entfernung.

Man drückt jedoch auch das Gefälle durch einen Bruch aus, dessen Zähler der Höhenunterschied des Wasserspiegels, und dessen Nenner die horizontale Entfernung andeutet, für welche dieser Höhenunterschied gilt; z. B. der Fluss hat $1/800$ Fall, will sagen auf 800 Fuss horizontaler Länge hat der Fluss 1 Fuss Fall.

Die Kenntniss des Gefälles im Allgemeinen und die Vertheilung desselben auf einzelne Strecken des Stromes sind zur richtigen Beurtheilung der Stromverhältnisse unentbehrlich.

Man erreicht dieselbe durch ein Nivellement, welches möglichst mit vorhandenen unverrückbaren Punkten in Beziehung zu bringen ist. — Solche Festpunkte sind die Nullpunkte der vorhandenen Pegel, die Schleusendrempel, die Fachbäume der Wehren. Ausserdem setzt man in Entfernungen von beiläufig je 1000 Fuss an bemerkenswerthen Orten, d. i. an jeder bedeutenden Flusskrümmung, an jeder Stelle, wo eine merklich beschleunigte oder verzögerte Strömung anfängt oder aufhört, endlich an allen markirten Punkten, Steine oder schräge Pfähle ein, deren Köpfe noch über dem mittleren Wasserstand hervorragen, wodurch weitere feste Punkte gewonnen werden. Diese Punkte nivellirt man zu was immer für einer Zeit, und zeichnet sich genau die gleiche Höhe auf denselben an. Wählt man nun die Zeit des Beharrungszustandes des Wassers, welche man am besten aus den Pegelbüchern entnehmen kann, und lässt sodann den Wasserstand gleichzeitig an allen Festpunkten beobachten, und den Höhenunterschied zwischen dem Wasserspiegel und den vorher erwähnten Nivellements gehörig abmessen, so erhält man die Niveau-Coten des Wasserspiegels an den betreffenden Stellen, und somit auch den Fall des Flusses. Aus dem gefundenen Höhenunterschiede oder dem Falle, lässt sich nun das Gefälle leicht und genau berechnen.

Soll ein Beobachter mehrere solche Festpunkte beobachten, so geschieht diess, indem er stromab dem etwa eintretenden Wachsen des Wassers voraneilt.

Dieser so möglichst gleichzeitig an allen Festpunkten beobachtete Wasserstand wird dann in das Längenprofil des Flusses eingetragen.

Das Gefälle eines Flusses stellt sich auf die ganze Länge seines Laufes verschieden dar. In Furten und überhaupt auf den seichteren Stellen ist es stärker als in tieferen Strecken; die ersteren aber, welche grösstentheils durch die zufällige Gestaltung der Erdoberfläche, durch vortretende Felsen, durch eine eigenthümliche Lage der Ufer, oder durch Einmündung der Seitenzuflüsse bedingt werden, bilden gewissermassen die Fixpunkte, wodurch das Gefälle des ganzen Stromes normirt wird. Das Gefälle des Flusses ändert sich bei den verschiedenen Wasserständen, weil bei eintretenden Anschwellungen das Abflussprofil nicht mehr durch das eigentliche Bette, sondern vielmehr durch die Entfernung der höheren Ufer (Hochgestade) bedingt wird.

Strecken, wo das Gefälle zwar nur unbedeutend, aber doch allmählig zunimmt, nennt man *Wasserstürze;* Stellen aber, wo es plötzlich bedeutend wird, *Wasserfälle.*

Längenprofil des Flusses.

§. 13.

Bei dem *Längenprofil* wird der Massstab so gross gewählt, als er für die Stromkarte angenommen war; nur wenn der Strom viele Krümmungen macht, muss der Massstab entsprechend kleiner gewählt werden, damit das ganze Profil auf dem Plane Platz finde.

Das Längenprofil wird gewöhnlich in dem Stromstriche gemessen und aufgetragen. In der Regel trifft der Stromstrich mit der grössten Tiefe in den Querprofilen zusammen, daher das Längenprofil durch die grösste Tiefe gemacht wird. Der Wasserspiegel wird aus dem Nivellement in das Längenprofil eingetragen, und eben so die Tiefe im Stromstriche mit Angabe der Bodenart auf je 10 bis 20 Klafter Entfernung eingeschrieben. Ausserdem ist die Höhe der Wiesenflächen und der Aecker, welche sich neben dem Strome vorfinden, anzudeuten. Das rechte Ufer wird durch ausgezogene, das linke durch punktirte Linien dargestellt. Leinpfade, Brücken, Deiche u. s. w. werden auch eingezeichnet.

Flächeninhalt des Querprofiles des Stromes.

§. 14.

Aus den Querprofilen lässt sich leicht der *Flächeninhalt* derselben oder Querschnitt des Stromes berechnen. Die Tiefen seien, wie in Taf. 1, Fig. 6 angenommen, in gleichen Abständen a gemessen, und zwar t, t′, t″ ... u. s. w. Wenn man nun die Verbindungslinien b b′ u. s. w. zwischen zwei gemessenen Tiefen im Flussbette als gerade Linien annimmt, so bilden sich an beiden Enden des Profils Dreiecke und im mittleren Theile Trapeze, die sämmtlich gleiche Grundlinien a haben. Bei jeder einzelnen Flächenberechnung wird daher jede einzelne Tiefe zweimal in ihrer halben Grösse eingeführt, daher ist die ganze Fläche des Querschnittes gleich

$$a\,(t + t' + t'' + t''' + \ldots t^n).$$

Sondiren des Flussbettes.

§. 15.

Das *Sondiren eines Flussbettes* geschieht, indem man an der betreffenden Stelle eine hohle Pilote von Holz oder Eisen einige Schuhe tief einschlägt, das in der Höhlung befindliche Wasser mittelst eines Schwammes entfernt, und sodann mit dem Erdbohrer, wie im Trockenen, die Sondirung vornimmt. Sollte der Grund aus Sand oder aus Felsen bestehen, so müssen diejenigen Werkzeuge hiezu verwendet werden, welche später bei der Bohrung artesischer Brunnen als hiezu geeignet bezeichnet werden. — An Stellen, die nicht vom Wasser überronnen werden, gräbt man brunnenartige Löcher, aus welchen das Seigewasser ausgeschöpft wird.

Messen der erdigen Theile des Wassers.

§. 16.

Die *Quantität der* im Wasser befindlichen *Sinkstoffe* wird entweder durch Filtration oder durch Abdampfung ermittelt.

So führt bei gewöhnlichem Wasserstande die Seine $^1/_{2000}$, der Rhein $^1/_{1000}$ Sinkstoffe oder erdige Theile mit sich, bei Hochwasser letzterer jedoch bis zu $^1/_{500}$ der Wassermenge. — Der Nil führt zur Inundationszeit $^1/_{120}$ erdige Theile mit sich.

Wasserspiegelbreite.

§. 17.

Die *Wasserspiegelbreite* ist nach den verschiedenen Wasserständen verschieden. — Die Gränzen der Ueberschwemmung bestimmen die Wasserspiegelbreite bei Hochwasser, das am Ufer wachsende Gesträuch markirt die Breite der Strombahn bei mittlerem Wasserstande, die Sandbänke endlich begränzen das kleinste Wasser. *Normalbreite* ist der Gegensatz von *Stromenge* und *Stromweite.* Unter letzterem Ausdruck wird jede ungewöhnlich grosse, unter *Stromenge* jede ungewöhnlich kleine, unter *Normalbreite* endlich die dem Strome angewachsene Breite bei mittlerem Wasserstande verstanden, wo der Strom durchaus eine seiner Wassermasse verhältnissmässig entsprechende Tiefe hat, weder eine Sandbank duldet, noch einen Abbruch zeigt und nie der Eisstoss stecken bleibt. *Stromengen* sind immer tief, *Stromweiten* beinahe immer seicht.

Aufnahme der Stromkarten.

§. 18.

Stromkarte im engern Sinne des Wortes ist die Horizontal-Projektion des Stromes und Stromthales, welches, gehörig nivellirt, wenigstens die Ausdehnung seines Ueberschwemmungsgebietes enthalten muss.

Soll die Stromkarte meilenweite Strecken umfassen, oder wird vielleicht die Aufnahme des Stromes einer ganzen Provinz beabsichtigt, so ist es immer sehr zweckmässig, mit einer trigonometrischen Operation den Anfang zu machen, weil man fürchten muss, dass die Fehler bei Anwendung gewöhnlicher Feldmess-Instrumente sich in der weiten Ausdehnung des Flussthales so sehr anhäufen können, dass die Karte ein unrichtiges Bild von dem allgemeinen Laufe gibt.

Die Aufnahme der einzelnen Uferstrecken erfolgt in derselben Art und Weise, wie bei jeder andern Terrainaufnahme, jedoch ist hier besonders die grösste Genauigkeit erforderlich, da sie die Grundlage für meist sehr kostbare Wasserbauten bildet.

Die Stromkarten werden den verschiedenen Zwecken gemäss, welchen sie entsprechen sollen, auch in verschiedenen Massstäben aufgenommen. Wir unterscheiden in dieser Beziehung:

a. Uebersichts- oder *Hauptkarten,* welche im Massstabe von $^1/_{10000}$ bis $^1/_{5000}$ gezeichnet werden.

Der wichtigste Gegenstand, welchen die Stromkarte enthält, ist der Strom selbst. Seine Krümmungen, seine Breite und andere wesentliche Umstände, ergeben sich schon aus der Begränzung gegen die Ufer; diese Gränzen müssen als scharfe Conturen ausgezogen werden, nachdem sie sorgfältig gemessen wurden. — Die Strombahn selbst, welche blau angelegt wird, bezieht sich gewöhnlich auf den niedersten Wasserstand, weil sich eben bei diesem alle Hindernisse am besten zeigen, die man sowohl rücksichtlich der Schifffahrt, als auch aus sonstigen Ursachen beseitigen will. — Hiebei tritt indessen der Uebelstand ein, dass der Strom nur in sehr seltenen Fällen längere Zeit hindurch seine Höhe ganz unverändert beibehält; gewöhnlich ist er einem stärkeren oder schwächeren Wechsel unterworfen. Geringe Differenzen von einzelnen Zollen können ganz unbeachtet bleiben; beträgt dagegen die Differenz gegen den angenommenen Wasserstand bei 2 Fuss oder mehr, so lässt sich die Messung füglich nicht weiter fortsetzen, und man muss, wenn die Ufer nicht steil sind, das Fallen oder Wachsen des Wassers abwarten. Um sich zu überzeugen, ob während der Arbeit der zu Grunde gelegte Wasserstand stattfinde, muss man sich selbst leichte Pegel aufstellen und diese mit dem nächsten Hauptpegel sorgfältig vergleichen.

In alle Stromkarten müssen überhaupt aufgenommen werden: alle Bäche, Nebenflüsse, alten Flussarme, Dämme, Wehren (massiv, halbmassiv oder von Holz), Abschliessungen, Uferdeckungen, Buhnen, Schlickzäune, Uferpflanzungen, Zugänge, Brücken (ob von Holz oder Stein), Schleusen (ob von Holz oder Stein), Leinpfade, Schiffsmühlen, Entwässerungs- und Bewässerungs-Anlagen, Pegel, Untiefen, Inseln, Auen und Sandbänke.

Auch die Beschaffenheit des Bodens und der Ufer soll man aus der Stromkarte entnehmen können, um zu wissen, aus welchem Material die der Schifffahrt hinderlichen Untiefen und die Ufer bestehen. — Da wo die Zeichnung nicht mehr ausreicht, muss auf allen Stromkarten die nöthige Deutlichkeit durch eine dem Plane beiliegende Denkschrift, oder durch eine kurze verständliche Legende, die auf dem Plane selbst Platz findet, erzielt werden.

Dass ferner das noch zum Thale gehörige, aber vom Strome entferntere Terrain und alle Gegenstände, die in der militärischen Aufnahme so vielen Werth haben, als Kirchthürme, Kreuze, Säulen, freistehende Bäume u. s. w. nicht sorglos behandelt werden dürfen, versteht sich wohl von selbst; dagegen braucht man nicht zu grosse Sorgfalt und Aengstlichkeit auf das Innere der Städte, Dörfer, auf die Gränzen weit entlegener oder viel höher liegender Grundstücke zu verwenden.

Der Stromstrich wird durchgehends eingetragen, von den Stromprofilen werden aber nur die allernothwendigsten in diese Karte aufgenommen. — Die Tiefencoten, welche sich auf den niedersten Wasserstand beziehen, werden nur, wo es nothwendig ist, gewöhnlich aber in Entfernungen von 1000 oder 500 Fuss unter dem Stromstriche und zwar in Fussen mit einer Decimalstelle — schwarz oder blau geschrieben — angegeben. Die das Gefälle bezeichnenden, sich auf Null des Hydrometers beziehenden Niveaucoten des Wasserspiegels hingegen werden roth und mit zwei Decimalstellen geschrieben. — Ist die Strombahn nicht bei dem kleinsten, sondern bei dem mittleren, d. i. bei dem Normalwasserstande in die Karte eingezeichnet, so beziehen sich die schwarz oder blau geschriebenen Tiefencoten demnach auf den kleinsten —, die das Gefälle angebenden roth geschriebenen Niveaucoten jedoch auf den mittleren Wasserstand.

Alle Sandbänke und Untiefen, welche selbst unter dem kleinsten Wasserstande liegen, jedoch der Schifffahrt hinderlich sein könnten, und daher bei der Entwerfung des Corrections-Projektes berücksichtigt werden müssen, sind genau zu bezeichnen, und es ist ihre Tiefe, d. h. ihr höchster Rücken, unter dem Wasserstande einzuschreiben. — Ferner werden alle Sandbänke, welche zwischen dem mittleren und kleinsten Wasserstande liegen, weitschichtig mit blasser Tusche, hingegen die über das mittlere Wasser hervorragenden gelb punktirt.

Endlich pflegt man noch die Gränzen der Ueberschwemmungen, wenn sie bedeutend von jenen der Strombahn entfernt sind, mit länglichen Punkten anzumerken, und den Ueberschwemmungsraum sehr lichtblau anzulegen. — Sollte, wie es bei sehr flachen Ufern der Fall ist, ein bedeutender Unterschied der Wasserspiegelbreite der Strombahnen des kleinsten,

mittleren und höchsten Wassers stattfinden, so kann man alle drei Strombahnen im Plane anzeigen, indem man die des kleinsten Wassers am dunkelsten, die des mittleren lichter, und die des grössten Wassers ganz lichtblau anlegt. Sind sie aber, wie dies bei steilen Ufern der Fall ist, nur wenig von einander entfernt, so unterlässt man es lieber, sie anzugeben.

Bei den unaufhörlichen Veränderungen, denen der Stromlauf unterworfen ist, verliert selbst die beste Karte bald ihre Brauchbarkeit, wenn nicht durch einen gehörigen Strombau den ferneren Veränderungen ein Ziel gesetzt wird. Dieses gibt sich bei älteren Karten zu erkennen, die nur ein historisches Interesse behalten; daher soll man nicht früher eine vollständige Stromkarte zusammenstellen lassen, als bis die Absicht vorhanden ist, die betreffende Strecke wirklich zu corrigiren und sie den zufälligen Veränderungen zu entziehen. — In Folge der Correction treten jedoch Veränderungen ein; diese müssen, ohne dass man etwas auf der ursprünglichen Karte auslöscht, so wie die Werke, die man erbaut und welche diese Veränderungen hervorgebracht haben, sorgfältig eingetragen werden, damit man hiedurch ein Bild der Ursache und Wirkung, und eine vollständige Geschichte des Baues und der Gesammtwirkung erhalte.

b. Specialkarten sind blosse Sectionen von jenen Stromstrecken, in denen Wasserbauten beabsichtigt werden. Sie werden gewöhnlich im Massstabe von ½ Linie gleich einer Klafter aufgenommen.

Diese Karten enthalten die Strombahn so weit auf- und abwärts, als die muthmassliche Wirkung des Werkes sich ausdehnen dürfte. — Die Strombahn kann dem Zwecke gemäss entweder bei dem niedrigsten oder mittleren Wasserstande eingezeichnet werden. Die Niveau-Coten, so wie die Wassertiefen, müssen hier verschwenderisch eingetragen werden.

Bei diesen Plänen hat ferner alles, was bei Verfassung der Uebersichtspläne gesagt wurde, seine Gültigkeit und muss ebenfalls ganz genau berücksichtiget werden.

Da hier der Massstab ein grösserer und die aufgenommene Stromstrecke eine viel kleinere ist, muss ferner alles viel deutlicher und klarer ersichtlich sein, als in Uebersichtsplänen. — Dessgleichen darf eine ausführliche Legende nicht fehlen.

Die Profile werden nach einem wenigstens viermal grösseren Massstabe gezeichnet. Ihre Anzahl richtet sich nach Umständen. Bei ziemlich gleichförmiger Wassertiefe genügen wenige, bei häufiger Abwechslung von Untiefen und Kolken müssen sehr viele Profile vorhanden sein, und, wenn es an Platz mangelt, muss ein eigener Profilplan beigelegt werden. Es werden häufig bei Zeichnung der Profile die Wassertiefen nach einem doppelten, ihre horizontalen Entfernungen aber nach einem einfachen Massstabe aufgetragen, wodurch die Profile, besonders bei steilen Ufern, ein unnatürliches Ansehen erhalten, welches leicht zu Irrungen Anlass geben kann, obwohl eine solche Darstellung eine genauere Tiefenangabe möglich macht.

c. Schliesslich wäre noch der *Projekts-Pläne* zu erwähnen, welche bloss die Baustelle in der beschränktesten Ausdehnung, aber im grössten Detail — nach dem Massstabe von wenigstens 4 Linien gleich einer Klafter oder im Verhältniss von 1 : 216 — enthalten müssen. Hierauf werden die Grundrisse der Wasserwerke nach demselben Massstabe, ihre Profile nach dem doppelten, Detailzeichnungen nach dem vierfachen, und wenn es die Deutlichkeit erfordert, auch nach einem mehrfachen Massstabe gezeichnet.

Stromgeschwindigkeit.

§. 19.

Der vom Strom in einer Sekunde durchlaufene Raum wird dessen *Geschwindigkeit* genannt. Sie hängt vom Gefälle ab, ist bei jedem Wasserstande verschieden und muss folglich für das kleinste, mittlere und für das Hochwasser besonders ermittelt werden.

Die Uferangriffe, so wie die meisten Veränderungen, welche das Strombett erfährt, werden durch die Grösse der Geschwindigkeit bedingt, mit welcher sich das Wasser bewegt, und wenn man die Verhältnisse ändern will, so kann dieses nur durch eine Aenderung der Geschwindigkeit erzielt werden.

Nicht allein die Uferbauten, sondern auch alle andern im Strombette selbst anzulegenden Bauwerke sind von der Stärke der Strömung, d. i. von der Geschwindigkeit abhängig. Die Wassermenge der Flüsse kann nur dann sicher bestimmt werden, wenn man ihre Geschwindigkeit kennt. Die Gesetze der Bewegung des Wassers in Flussbetten lassen sich überhaupt nur aus den Geschwindigkeitsbeobachtungen ergründen, und auf den Betrieb der Schifffahrt hat die Geschwindigkeit einen unmittelbaren, wesentlichen Einfluss.

Es ist daher die genaue Ermittlung der Geschwindigkeit des Wassers in einem Flusse oder

Strome in vielfacher Beziehung für den Hydrotekten von besonderer Wichtigkeit.

Um die Geschwindigkeit des Wassers zu messen, gibt es verschiedene Instrumente, welche sich wesentlich von einander unterscheiden; man theilt sie in zwei Klassen, in solche, welche die Geschwindigkeit *unmittelbar*, und in solche, die den *Stoss des Wassers* gegen bestimmte Flächen angeben, aus dessen Stärke, welche offenbar von der Geschwindigkeit des Wassers abhängt, man auf dieselbe schliesst und sie dadurch bestimmt.

Zuerst werden jene Instrumente beschrieben, welche die Geschwindigkeit *unmittelbar* anzeigen und unter diesen zuerst jene, welche *man ganz frei vom Strome treiben lässt.*

Die Geschwindigkeit eines jeden im Strome frei schwimmenden Körpers ist nur von jener des ihn umgebenden Wassers abhängig; er kann sich, wenn er klein ist und eine entsprechende Form hat, weder schneller noch langsamer als dieses, dauernd bewegen, weil er sonst an der vordern oder hinteren Seite vom Wasser getroffen und sonach mehr aufgehalten oder fortgetrieben würde. — Er muss daher ungefähr dieselbe Geschwindigkeit, wie das umgebende Wasser annehmen, was auch in der That bei kleinen Körpern von günstigen Formen in gewissem Grade immer stattfindet.

Anders verhält es sich mit grossen schwimmenden Körpern. Die Erfahrung lehrt, dass grosse schwimmende Körper, wie z. B. Schiffe bei der Thalfahrt, wenn sie auch durch keine andere Kraft getrieben werden, augenscheinlich schneller, als das Wasser, sich fortbewegen und daher eine Wirkung des Steuerruders möglich machen. Letzteres müsste ganz aufhören, wenn die Schiffe genau dieselbe Geschwindigkeit wie das umgebende Wasser annähmen, oder was dasselbe ist, wenn sie relativ gegen dasselbe sich in Ruhe befänden.

Die Erklärung dieser auffallenden aber allerdings richtigen Erscheinung stellt sich ausser allen Zweifel; denn die Wirkung des Steuerruders nimmt mit der Stärke des Stromes jedesmal zu, und wenn das Schiff eine Stromschnelle passirt hat, ist immer noch ein sehr scharfes Steuern möglich. — Die Wirksamkeit des Steuerruders bezeichnet die Differenz zwischen der Geschwindigkeit des Schiffes und der des Wassers. Man könnte sagen, ein Schiff conservirt die einmal innehabende Geschwindigkeit besser, als das Wasser, und wenn es dieselbe auch durch den Druck gegen das langsam fliessende Wasser grösstentheils zerstört, so erneuert sich unaufhörlich ein solcher Ueberschuss, welcher, verbunden mit der Trägheit des Körpers, eben die schnellere Geschwindigkeit des Schiffes bewerkstelliget. — Mit der Grösse der schwimmenden Körper nimmt auch die Differenz zwischen beiden Geschwindigkeiten zu, und kleine Körper von entsprechenden Formen haben genau dieselbe Geschwindigkeit wie das Wasser, und man darf für die gewöhnlichen Apparate in dieser Beziehung keine Unrichtigkeit besorgen. Es war jedoch nöthig, auf das Verhalten der zu Thal fahrenden Schiffe aufmerksam zu machen, damit deren Geschwindigkeit nicht unmittelbar als das Mass der Geschwindigkeit des Stromes angesehen werde.

Um nun durch solche in den Strom hineingeworfenen Körper die Geschwindigkeit messen zu können, steckt man in einer geraden Stromstrecke zwei Querschnitte AB und CD, Taf. 1, Fig. 7, in solcher Entfernung von einander ab, dass der herabschwimmende Körper etwa 2 bis 3 Minuten braucht, um aus einer Linie in die andere zu gelangen. Der gewählte Apparat wird alsdann beiläufig 10 Klafter oberhalb in das Wasser gelegt, und entweder, wenn die Strömung nicht stark ist und man von einer Linie zur zweiten noch zeitlich genug gelangen kann, von derselben Person mittelst einer Secundenuhr die Zeit beobachtet, welche der Körper, um von einer Linie bis zur andern zu gelangen, braucht; oder diese Beobachtung geschieht durch zwei an den betreffenden Linien aufgestellte Personen, welche mit gleichgestellten Secundenuhren versehen sind, deren Zeiger durch einen Riegel festgehalten und wieder gelöst werden können.

Wird der schwimmende Körper in den Stromstrich geworfen, so bleibt er darin, sonst aber nähert er sich demselben immer mehr. Diese Annäherung erfolgt indessen in geraden Stromstrecken nur sehr langsam. Man kann daher die Geschwindigkeit in den verschiedenen Sectionen des Stromes hinreichend genau bestimmen, wenn die beiden angenommenen Querschnitte, welche den Beobachtungsraum begränzen, nicht zu weit von einander entfernt sind.

Der Körper, mit welchem man die Geschwindigkeit misst, darf aber nicht viel über die Oberfläche des Wassers reichen, weil sonst die Winde seine Bewegung beeinflussen können.

Die Instrumente zum Messen der Geschwindigkeit sind folgende:

a. Die *Schwimmkugel* ist eine aus verzinntem Eisen-, Messing- oder Kupferblech 6 bis 12 Zoll im Durchmesser angefertigte hohle Kugel, Taf. 1, Fig. 8 a, die entweder mit einer Schraube dicht verschlossen

werden kann, oder mit einem hervortretenden Rande umgeben ist, in den man — wie in den Hals einer Flasche — einen Kork stecken kann. Diese Oeffnung dient dazu, die Kugel z. B. durch Schrote entsprechend beschweren zu können, damit die Kugel nur mit dem zehnten Theil ihres Durchmessers aus dem Wasser hervorrage. Ihr passendster Anstrich ist roth, weil man sie da am besten sehen kann.

Oft bedient man sich auch hiezu einer Glas- oder Blechflasche, Taf. 1, Fig. 8b.

Mit einer solchen Kugel ist man nun im Stande, die Geschwindigkeit des Wassers an der Oberfläche zu messen, und diese ist immer grösser, als die Geschwindigkeit, welche das Wasser in derselben Section des Stromes in grösserer Tiefe hat.

Mit Schwimmkugeln ist man jedoch auch im Stande, die Geschwindigkeit in einer bestimmten Tiefe zu messen. Man bedient sich hiezu einer vorbeschriebenen grossen und einer zweiten ganz kleinen Kugel, Taf. 1, Fig. 9. — Erstere steht mittelst eines Fadens — dessen Länge der Tiefe des Wassers, dessen Geschwindigkeit man messen will, entspricht — und der in einen Oehr der letzten Kugel eingebunden wird, in Verbindung mit dieser. — Die grössere Kugel wird nun so stark beschwert, dass sie nicht nur selbst ganz heruntersinkt, sondern auch die zweite Kugel so weit herabzieht, dass diese dem Einflusse des Windes entzogen wird. Die grössere Kugel wird nun in der Tiefe mit der Geschwindigkeit, die das Wasser dort hat, fortgetrieben, und da die obere viel kleinere Kugel nur einen äusserst geringen Einfluss auf die Bewegung der untern grösseren ausübt und von derselben gehalten ist, so wird die obere Kugel beinahe ganz genau die Geschwindigkeit der untern anzeigen.

Genauer lässt sich die Beobachtung anstellen, wenn man zwei Kugeln von gleicher Grösse nimmt, eine einmal allein herabtreiben lässt, in welchem Falle sie die Geschwindigkeit an der Oberfläche des Wassers anzeigt, alsdann beide Kugeln verbindet, sie gehörig, wie oben beschrieben, beschwert und herabtreiben lässt, wodurch man das arithmetische Mittel aus den obern und untern Geschwindigkeiten beobachten kann. Nennt man die obere Geschwindigkeit a, dieses arithmetische Mittel b, so ist die gesuchte Geschwindigkeit in der Tiefe der untern Kugel $c = 2b - a$.

b. Der *Cabcosche (hydrometrische) Stab*, Taf. 1, Fig. 10, ist ein Instrument, um die mittlere Geschwindigkeit in einer Section des Stromes zu messen.

Er besteht aus einem hohlen cylindrischen Stabe aus Blech, der in Fusse eingetheilt und mit einem gut schliessenden Deckel versehen ist. Man belastet ihn durch eingelegte Bleiplatten oder Schrote so stark, dass er bis gegen die Sohle hinabreicht, ohne jedoch dieselbe in der Länge, auf welche man den Versuch anstellen will, berühren zu können. Das oben schneller fliessende Wasser stösst ihn stärker fort, als das unten langsamer fliessende, welches ihn in gewissem Grade zurückhält, daher er eine geneigte nach vorne schräge Stellung annehmen wird. Er wird indessen nicht nur an seinem oberen und unteren Ende afficirt, sondern in seiner ganzen Länge verursacht die Differenz seiner Geschwindigkeit gegen die des Wassers, welches er gerade trifft, einen Druck, der ihn entweder vordrängt oder zurückhält, und da diese Pressungen sich gegenseitig aufheben müssen, so kann man aus diesen Ausgleichungen der Pressungen auch auf die der Geschwindigkeiten schliessen, woraus folgt, dass sich der Stab mit der mittleren Geschwindigkeit dieser Section des Stromes fortbewegen muss.

Die Anstellung von Geschwindigkeits-Messungen nach vorbesprochenen Arten in einem Strome zur Zeit seiner Hochwässer, ist ausserordentlich schwierig, oft auch unmöglich. Die Kugeln, so wie der Stab lassen sich nicht gehörig einsetzen, noch weniger aber auffangen; ausserdem wird, wenn die Thalfläche inundirt ist, und man sich dem Hauptstrome nicht gehörig nähern kann, die Beobachtung unsicher. Führt eine Brücke über den Strom, so kann man noch eine ziemlich sichere Messung mit einem Schwimmer anstellen, den man an einem Faden von der Brücke aus im Strome treiben lässt.

Der hiezu benutzte Apparat heisst:

c. Das *Log.* Man bedient sich desselben gewöhnlich auch auf Seeschiffen. Es besteht aus einem leichten hölzernen Brettchen in der Form eines gleichseitigen Dreieckes von etwa 9 bis 12 Zoll die Seite. Die Befestigung an drei Fäden (wie die Taf. 1, Fig. 11 zeigt), die sich in geringer Entfernung vereinigen, sichert demselben eine solche Stellung, dass es dem Stosse des Wassers seine breite Seite normal entgegenkehrt. Es schwimmt gewöhnlich in der in der Figur dargestellten Weise. Der Faden ist theils mit Knoten, theils mit eingebundenen Lederstreifen versehen, welche bestimmte Masse bezeichnen.

Wenn nun eine Messung gemacht werden soll, wird das Brettchen in das Wasser geworfen und, sobald die Leine auszulaufen anfängt, der erste Knoten in der Hand festgehalten, bis die Zeitmessung

gehörig vorbereitet ist. In dem Augenblicke, als der Secundenzeiger der Uhr eine neue Minute anzuzeigen beginnt, lässt man die nun festgehaltene Leine los, lässt das Log eine halbe oder nach Umständen eine ganze Minute schwimmen, hält nach Ablauf dieser Zeit die Leine wieder an, und kann sich nach der Länge des durchlaufenen Raumes und durch die hiezu nothwendig gewesene Zeit die Geschwindigkeit des Wassers ermitteln. Um das Zurückziehen des Logs zu erleichtern, sind nur zwei Enden der Leine in das Brett festgeknüpft, während das dritte bloss in einem Spalt eingeklemmt ist. Sobald die Leine plötzlich scharf angezogen wird, löst sich diese dritte Verbindung, das Log schwimmt flach auf dem Wasser und lässt sich leicht zurückziehen.

Um die Geschwindigkeit *an einer bestimmten Stelle* und nicht, wie früher, nach einer gewissen Ausdehnung des zurückgelegten Raumes zu messen, dienen folgende Instrumente:

a. Das *hydrometrische Rad.* Es besteht aus einer Achse, die eine Reihe von Schaufeln, wie Taf. 1, Fig. 12 zeigt, ähnlich einem unterschlächtigen Mühlrade, trägt; um die Achse windet sich ein Faden, der die Anzahl der Umdrehungen der Schaufel angibt.

Lässt man das Rädchen, welches 6 bis 9″ Durchmesser hat, während einer bestimmten Zeit in das Wasser eintauchen, zieht es nach einer bestimmten Zeit heraus, und zählt die Windungen des Fadens auf der Welle, so ergibt sich die Anzahl der Umdrehungen und bei bekanntem Radius auch die Geschwindigkeit des Mittelpunktes der Schaufeln, welche mit der des Wassers ungefähr übereinstimmt.

Es ist klar, dass man mit diesem Apparate nur die Geschwindigkeit in der Oberfläche des Stromes messen kann, und dass die schräge Stellung der Schaufeln manche Unregelmässigkeiten bedingt, daher das gefundene Resultat immer etwas unsicher ist.

b. Der *Woltman'sche* oder *hydrometrische Flügel.*

Die Schärfe, so wie auch in gewisser Beziehung der sehr bequeme Gebrauch dieses Instrumentes, haben demselben allgemeinen Eingang verschafft, und es wird beinahe ausschliesslich angewendet, wenn man genaue Resultate erhalten will.

Der Woltman'sche Flügel wird auf dieselbe Art, wie eine Windmühle, in Bewegung gesetzt. Die Tafel II, Fig. 13 a, b, c, d und e gibt ein genaues Bild desselben, und erklärt auch seine Aufstellungsweise; die horizontale Achse, in welcher sich zwei Flügelruthen befinden, deren Flügel unter einem gleichen Winkel gegen die Drehungsebene geneigt sind, wird in die Richtung der Strömung gestellt. — An dieser Achse befinden sich einige Schraubengänge, und diese entsprechen den Zähnen eines darunter befindlichen Rädchens. Letzteres kann man beliebig in jene eingreifen lassen und wieder gegen einen besonderen Zahn feststellen. Dieser Zahn dient zugleich als Zeiger, um die Bewegung zu messen, welche das Rädchen in der Zeit, da es in die Schraube der horizontalen Achse eingreift, gemacht hat. — Jeder einzelne Zahn des Rades entspricht einer Umdrehung der Schraube oder der Flügelwelle. — Eine Feder unter dem Rade drückt den Rahmen, worin das gezahnte Rad befestiget ist, herab, so dass es sich ohne äussere Veranlassung nicht lösen kann.

Stellt man nun den Flügel an der gewählten Stelle in der beabsichtigten Tiefe — die jedoch beliebig sein kann — auf, so werden sich von dem Augenblicke an, als der Flügel in den Strom eintaucht, die Flügelruthen und die horizontale Achse drehen; da aber die Welle mit dem Rade keine Verbindung hat, so werden die Drehungen derselben auf das letztere ohne Einfluss sein. Sobald nun Alles vorbereitet ist, und der Zeiger einer Secundenuhr den Anfang einer Minute markirt, so zieht man an einem Faden den Rahmen mit dem Rade etwas herauf, welches den festen Zahn verlässt und in das Schraubengewinde der horizontalen Flügelwelle eingreift. Ist nun die bestimmte Beobachtungszeit — etwa eine Minute — verflossen, so lässt man den Faden nach, der Rahmen mit dem Rade fällt herab, letzteres greift sogleich in den festen Zahn wieder ein, und wird in dieser Stellung unverändert festgehalten, obgleich die Flügelwelle ihre Drehung fortsetzt.

Nach Herausnahme des Instruments ergibt die Stellung des Rades gegen den festen Zeiger unmittelbar die Anzahl der Drehungen des Flügels während der Beobachtungszeit, und man findet sehr leicht die Länge der Wassersäule, die während der Zeit vorübergegangen ist, wenn man den Werth der einmaligen Umdrehung kennt.

Es entsteht nun die Frage, auf welche Weise man den Werth der einmaligen Umdrehung der Flügelwelle findet, d. h. wie die Länge des Wassercylinders zu ermitteln sei, der bei seinem Vorbeifliessen gerade einmal die Flügelwelle dreht?

Hiezu wird der Flügel an einer Stange — wie zum beschriebenen Gebrauche — befestiget, und im stehenden Wasser eine gewisse Strecke hindurch bewegt. Die auf dem Ufer gemessene Länge dieses Weges, dividirt durch die Anzahl der Umdrehungen,

die man wieder am Rade abliesst, gibt den gesuchten Werth jeder Umdrehung. — Wie durch Erfahrung constatirt, hängt hiebei die Anzahl der Umdrehungen ganz allein von der Länge des begegnenden Wassercylinders ab, und ist von der Geschwindigkeit, mit welcher man den Flügel durch das Wasser führt, ganz unabhängig, d. h. ob man den Flügel mit einer Geschwindigkeit von 1 . 2 . 3 oder mehr Fuss durch das Wasser durchführt: die Umdrehungen der Flügelwelle, in ein und derselben durchfahrenen Distanz, werden sich immer gleich bleiben.

Die Reibung der Flügelwelle, so wie auch die des Rades, dann die der Schraube gegen das letztere ist im Vergleiche zu dem Stosse des Wassers immer so unbedeutend, dass sie nicht wahrzunehmen ist, selbst wenn der Flügel auch sehr langsam durch stehendes Wasser bewegt wurde. Hiedurch erscheinen die Vorsichtsmassregeln, die man zuweilen zur Verminderung der Reibung bei diesem Instrumente antrifft, wie z. B. die Anwendung von recht feinen stählernen Achsen, von ausgebohrten Edelsteinen, worin dieselben laufen u. s. w., ganz überflüssig.

Zu erwähnen wäre noch, dass man zuweilen, um die Dauer der Beobachtung auf längere Zeit auszudehnen, die Achse des gezahnten Rades noch mit einem zweiten Rade in Verbindung setzt, welches die Umgänge des ersteren zählt.

Der Mechaniker Treviranus hat die Platten des hydrometrischen Flügels so construirt, dass jeder der Radien des Flügels ein gleiches Vermögen hat, sich gleichzeitig um das Centrum drehen zu können. Ausserdem wird bei dieser Construktion, wo die Platten sich bis zur Flügelwelle erstrecken und daran unmittelbar (d. h. ohne den sonst gewöhnlichen dünnen Arm) befestigt sind, der Flügel nicht nur fähig, dem stärksten Strome ohne Nachtheil zu widerstehen, sondern es wird auch, theils wegen der vergrösserten Flügelfläche, theils wegen der erhaltenen Form, die Geschwindigkeit schwacher Strömungen mit mehr Genauigkeit als sonst zu messen möglich. Zu diesen Verbesserungen der Flügelplatten hat sich von demselben Mechaniker obgleich erst in neuerer Zeit eine andere wichtige Erfindung gesellt, welche gestattet, während der Flügel seine Rotation im Wasser macht, ihn gleichzeitig quer über den Strom (sei es mit Hülfe einer Nothbrücke oder eines Schiffes und einer Fährleine) zu führen. Demnach wird die mittlere Zahl der Flügelumläufe, welche zu einer Horizontalen des Querprofils unter der Oberfläche des Wassers (oder auch bei einer Vertikalbewegung zu einer Perpendikulären) korrespondirt, in der beobachteten Zeit auf einmal angegeben, und weil alle Standpunkte in dieser Linie eingeschlossen sind, wohl ohne Zweifel richtiger als durch die einzelnen Messungen auf der Perpendikulären erhalten, indem man sich bei diesen doch nur durch ihre Vervielfältigung der Wahrheit mehr nähern kann.

Bei diesem neuen Messverfahren ist ausser der schon erwähnten grösseren Genauigkeit, ein enormer Zeitgewinn und die Gewissheit, dass man hiedurch vor einer Veränderung des Wasserstandes zu Ende kommt, von grossem Vortheile.

Die Instrumente, welche nicht unmittelbar die Geschwindigkeit, sondern nur den *Stoss des Wassers messen*, sind folgende:

a. Die *hydraulische Schnellwage.* Die Tafel II, Fig. 14 erklärt ihre Einrichtung und ihren Gebrauch hinreichend, so dass nur zu erwähnen ist, dass das kleine verschiebbare Gewicht auf dem längeren horizontalen Hebelarme durch seinen Abstand von der Drehungsachse den Stoss des Wassers misst.

b. Die *Wasserfahne.* Diese erklärt die Tafel II, Fig. 15 hinreichend. Die im Wasser befindliche Fahne würde im stehenden Wasser — vermöge des angehängten Gewichtes — sich zugleich mit dem Zeiger links drehen, wird aber, sobald sie von dieser Seite vom Strom getroffen wird, zurückgedrängt und bleibt an derjenigen Stelle stehen, wo der Druck des Wassers gegen die schräge Fläche dem Zuge des Gewichtes gleichkommt.

Beide Instrumente geben bei verschiedenen Strömungen die stärkere zu erkennen, und es lässt sich, wenn man mit ihnen Probeversuche bei bekannten Geschwindigkeiten anstellt, und dadurch die Bedeutung verschiedener Ablesungen auf empirischem Wege ermittelt ist, mit gehöriger Sicherheit auch umgekehrt aus diesen Ablesungen auf die zugehörige Geschwindigkeit des Stromes schliessen.

c. Der *Stromquadrant* hat häufigere Anwendung als die eben erwähnten Apparate gefunden. Der Gebrauch desselben ist namentlich zur Messung der Geschwindigkeiten in der Nähe der Oberfläche recht bequem.

Die vorerwähnte Bemerkung über die Reduction des Wassers auf die Geschwindigkeit des Wassers gilt auch für dieses Instrument.

In dem Mittelpunkte eines Quadranten wird, wie die Taf. II, Fig. 16 zeigt, an einem dünnen Faden eine Kugel angehängt, welche dem Stosse des Wassers ausgesetzt ist. Ausserdem ist zur Controlirung der Aufstellung der Quadrant mit einem Lothe ver-

sehen, welches nicht in das Wasser herabreicht. Die Richtung des Fadens ist die der Mittelkraft, welche die Kräfte S (den Stoss des Wassers) und g (das Gewicht der Kugel) im Gleichgewichte hält. Der Winkel, welcher die Neigung des Fadens und das vertikal herabhängende Loth bildet, sei α.

Es verhält sich daher $S : g = \sin \alpha : \cos \alpha$,

$$\text{folglich } \operatorname{tang} \alpha = \frac{S}{g}.$$

Der Stoss ist proportional dem Quadrate der Geschwindigkeit v und dem Inhalt der gestossenen Fläche f (hier grösster Kreis der Kugel), also

$S = a \,.\, f v^2$, worin a ein Erfahrungs-Coefficient ist; daher

$$\operatorname{tang} \alpha = \frac{a \,.\, f v^2}{g} \text{ hieraus}$$

$$v^2 = \frac{g \,.\, \operatorname{tang} \alpha}{a f}, \text{ und } v = \sqrt{\frac{g \,.\, \operatorname{tang} \alpha}{a \,.\, f}}$$

oder da $\frac{g}{a f}$ für dasselbe Instrument constant sein muss, so kann man für $\sqrt{\frac{g}{a f}} = b$ setzen; dann ist

$$v = b \sqrt{\operatorname{tang} \alpha}.$$

Der Werth für b muss nun für jedes Instrument durch Versuche ermittelt werden.

Für den Gebrauch ist zu bemerken, dass die Kugel nicht zu tief eintauchen darf, weil sich sonst der Faden krümmt, und dadurch der Neigungswinkel α wie der zweite längere in der Fig. 16 eingezeichnete Faden zeigt, zu gross abgelesen wird. Der frühere häufige Gebrauch des Stromquadranten hat desshalb zur irrigen Ansicht verleitet, dass die Geschwindigkeit des Wassers mit der Tiefe zunehme. Der Stromquadrant ist desshalb nur für Messungen an der Oberfläche zu gebrauchen.

d. Die *Pitot'sche Röhre*, Taf. II, Fig. 17. Sie dient, um die Geschwindigkeit an einem bestimmten Punkte zu messen. Die ursprüngliche Gestalt dieses Instruments war sehr einfach. Eine Glasröhre, an beiden Enden offen und unten im rechten Winkel gebogen, bildete den ganzen Apparat. Dieses umgebogene Ende wird dem Strome entgegengekehrt, während der längere Schenkel aufrecht stehen muss.

Der Druck des strömenden Wassers erhebt das Wasser in der Röhre, und die Differenz des Wasserspiegels in derselben, gegen den äussern, bezeichnet die Stärke der Strömung.

Die Theorie dieses Instruments ist höchst einfach. — Die Erhebung des Wasserspiegels in der Röhre über das äussere Wasser würde, wenn die Strömung nicht stattfände, sogleich ein Ausfliessen des Wassers veranlassen, und zwar würde dieses mit derselben Geschwindigkeit erfolgen, welche ein Körper beim freien Herabfallen von derjenigen Höhe erlangt, welche der erwähnten Niveaudifferenz gleichkommt. Diese Geschwindigkeit wird aber im vorliegenden Falle vollständig aufgehoben, und dieses kann nur geschehen, wenn das horizontal dagegen strömende Wasser eine gleiche Geschwindigkeit hat; denn nur in diesem Falle ist der Stoss des Wassers von beiden Seiten gleichgross. Das Wasser steigt also in der Pitot'schen Röhre zu derjenigen Höhe über das äussere Wasser, welche als Fallhöhe der Geschwindigkeit des Stromes entspricht. — Hiernach würden z. B. die Geschwindigkeiten der Strömung von 1, 2, 3 und 4 Fuss, sich durch eine Erhebung des Wasserstandes in der Röhre von $2\frac{1}{3}$, $9\frac{1}{4}$, $20\frac{3}{4}$ und $36\frac{5}{6}$ Linien zu erkennen geben.

Auf die Sicherheit der Beobachtung haben jedoch auch andere Einwirkungen Einfluss, z. B. der Einfluss der Capillar-Attraction der Röhre, welcher sich jedoch im stehenden Wasser leicht ermitteln, und sonach für jede Beobachtung in Abzug stellen lässt. Ausserdem ist die Ablesung, insoferne sie unmittelbar über dem Stromspiegel stattfinden muss, namentlich bei geringen Geschwindigkeiten, höchst unbequem.

Die Taf. II, Fig. 18 zeigt endlich das Instrument in derjenigen Einrichtung, wie es heut zu Tage gewöhnlich benützt wird. Eine blecherne Röhre von 5 — 6 Fuss Länge und 2 Zoll Weite ist am unteren Ende unter einem rechten Winkel gebogen und läuft hier konisch aus, so dass die Oeffnung in der Spitze 1 Millimeter oder $\frac{1}{2}$ Linie im Durchmesser hat. In der Röhre befindet sich ein Schwimmer, dessen Stiel mit einer Eintheilung versehen ist, welche eine bequeme Ablesung in einer angemessenen Höhe gestattet. Man taucht die Röhre bis zu derjenigen Tiefe, in welcher man die Geschwindigkeit messen will, senkrecht, jedoch so ein, dass der untere Schenkel genau gegen den Strom gekehrt ist. In dieser Stellung wird das Wasser am höchsten in der Röhre steigen, sodann dreht man sie langsam, ohne dass die Röhre gehoben oder gesenkt wird, um ihre vertikale Achse, so dass der horizontale Schenkel stromabwärts sieht, worauf der Schwimmer und somit auch das Wasser in der Röhre um eben so viel sinken wird, als es bei der Stellung stromaufwärts stieg. Die Differenz zwischen diesem gefundenen Maximum und Minimum wird also doppelt so gross sein, als

die Erhebung des Niveaus in der Röhre sonst zu sein pflegt.

Dass bei dieser Beobachtungsart der Einfluss der Capillar-Attraction ganz beseitiget wird, versteht sich von selbst.

Mittlere Geschwindigkeit.

§. 20.

Die Geschwindigkeit des Wassers in einem und demselben Querprofile ist an den verschiedenen Stellen sehr verschieden. Die Adhäsion des Wassers an dem Bette und der Zusammenhang der Wassertheile unter einander bewirken, dass die den Bettwänden näher liegenden Wassertheile in ihrer Bewegung mehr aufgehalten werden und daher langsamer fliessen, als die entfernteren. — Aus diesem Grunde nimmt auch die Geschwindigkeit von der Oberfläche nach dem Bette zu ab, und es ist dieselbe am Boden am kleinsten. — Die grösste Geschwindigkeit befindet sich bei geraden Flussstrecken meist in der Mitte, oder an derjenigen Stelle in der freien Oberfläche des Wassers, wo es die grösste Tiefe hat, d. i. im Stromstriche oder der Stromrinne. — Dabei sind die Bahnen der Wassertheilchen nicht immer mit den Wänden der Bette parallel oder äquadistant, sondern von den Ufern aus gegen die Mitte hin etwas gekrümmt, wodurch — vermöge der damit anstrebenden Centrifugalkraft — ein stärkerer hydraulischer Druck gegen den Stromstrich, und eine gewisse wenn auch geringe Hebung des Wasserspiegels daselbst erfolgt.

Um zur Beurtheilung der verschiedenen Geschwindigkeiten in ein und demselben Stromprofile Gelegenheit zu geben, wird hier nachfolgende Tafel aus dem Resultate der Geschwindigkeitsmessungen des holländischen Hydraulikers Brunings, im Nieder-Rheine (oberhalb der Scheidung des Ysselstromes) mitgetheilt, wobei zu erwähnen ist, dass die Breite von 576 Fuss des betreffenden Querprofils in acht gleich grosse Theile getheilt, und in jedem Theilpunkte eine Perpendikulare genommen wurde, so dass die Zahl derselben sieben betrug, in denen er die Geschwindigkeiten in verschiedener Tiefe bestimmte. — Alle Masse sind rheinländische.

Tiefe unter der Oberfläche.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
	Perpendikulare.						
6 Zoll	32.02 Zoll	35.28 Zoll	39.21 Zoll	42.78 Zoll	43.63 Zoll	39.21 Zoll	41.92 Zoll
1 Fuss	30.85 „	35.28 „	38.27 „	43.63 „	42.78 „	43.63 „	42.78 „
2 „	30.85 „	35.28 „	37.30 „	41.04 „	41.04 „	41.92 „	41.92 „
3 „	32.02 „	34.25 „	37.30 „	40.13 „	41.92 „	41.92 „	41.04 „
4 „	29.64 „	33.14 „	37.30 „	40.13 „	41.44 „	42.79 „	41.04 „
5 „	28.88 „	32.02 „	36.30 „	38.27 „	39.21 „	42.78 „	39.21 „
6 „	28.88 „	29.64 „	35.28 „	37.30 „	38.27 „	41.04 „	37.30 „
7 „	27.06 „	27.06 „	34.23 „	36.30 „	37.30 „	37.30 „	36.30 „
8 „	25.67 „	27.06 „	32.02 „	33.14 „	35.28 „	36.30 „	36.40 „
9 „	24.21 „		27.06 „	30.85 „	34.23 „	33.14 „	29.64 „
10 „					32.02 „		
Mittelwerthe.	28.224 „	32.166 „	35.389 „	37.749 „	39.497 „	39.602 „	38.389 „
Ganze Tiefe der Perpendikulare	11 Fuss	$8^1/_2$ Fuss	$9^1/_2$ Fuss	10 Fuss	$10^1/_2$ Fuss	11 Fuss	11 Fuss

Die Abnahme der Geschwindigkeiten von der Oberfläche nach dem Boden hin, ist dabei unverkennbar. — Die Nichtstetigkeit dieser Abnahme dürfte vorzugsweise ihren Grund darin haben, dass die bei grösseren Flüssen vorkommenden Wirbel und Gegenströme hier von Einfluss waren. — Die Geschwindigkeiten unmittelbar an der Oberfläche und am Boden (zu deren Messung der von Bruning angewandte hydrometrische Flügel nicht eingerichtet war) fehlen; jedoch ist anzunehmen, dass beide beziehungsweise kleiner sind, als die Werthe der Horizontalreihen für 6 Zoll und 9 Fuss Tiefe. — Hiernach dürfte ferner zu schliessen sein, dass die grösste Geschwindigkeit etwa 6 Zoll bis 1 Fuss unter der Oberfläche stattfand.

Bei regelmässigen Gerinnen, bei welchen jedoch nicht Wirbel und Gegenströme — wie hier in obigem Beispiele und bei grösseren Strömen überhaupt — Einfluss haben, ist die grösste Geschwindigkeit an der Oberfläche des Wassers, oder dicht unter der-

selben. Wenn man die Wassertiefe a q, Taf. III. Fig. 19, an irgend einer Stelle eines fliessenden Wassers in gleiche Theile theilt, und die entsprechenden Geschwindigkeiten v als Ordinaten aufträgt, so erhält man eine Fläche, welche man die Geschwindigkeits-Skala nennt, und welche durch eine Curve, nach Gerstner durch eine Ellypse, nach Andern durch andere Curven begrenzt ist. Es lassen sich jedoch, ohne merkliche Fehler befürchten zu müssen, die Theile dieser Curve zwischen diesen Ordinaten durch gerade Linien substituiren, und es ist sonach, ohne Berücksichtigung der Curve, der Inhalt dieser Fläche zu bestimmen. Aus dieser erhält man die *mittlere Geschwindigkeit der Perpendikulare*, wenn man den Inhalt der Fläche durch die Länge der Perpendikulare dividirt. Die mittlere Geschwindigkeit

$$V = \frac{\frac{1}{2}\, a\, c\, [(a\, b + c\, d) + (c\, d + e\, f) \ldots . (n\, p + q\, r)]}{a\, q}$$

oder

$$V = \frac{a\, c}{a\, q}\, (\tfrac{1}{2}\, v_1 + v_2 + v_3 + \ldots . v_7 + \tfrac{1}{2}\, v_8)$$

Aus den Versuchen von Ximenes, Brünnings und Funk ergibt sich, dass die mittlere Geschwindigkeit in einer Perpendikulare $v = 0.915\ v'$ ist, wenn v' die Geschwindigkeit an der Oberfläche oder die Maximalgeschwindigkeit in derselben ist. — Es nimmt hiernach die Geschwindigkeit von oben bis zur Mitte um $v' - v = (1 - 0.915)\ v' = 0.085\ v'$ ab, und es lässt sich folglich die Geschwindigkeit unten oder am Fusspunkt der Perpendikulare $v'' = v' - 2 \cdot 0.085\ v' = (1 - 0.170)\ v' = 0.83\ v'$ setzen.

Eytelwein findet durch Vergleichung verschiedener Messungen, dass die Geschwindigkeit durchschnittlich bei 1 Fuss Tiefe um $0.008\ v'$ abnimmt, wo v' wieder die Geschwindigkeit an der Oberfläche oder die Maximalgeschwindigkeit der Perpendikulare bedeutet. Wenn h die ganze Tiefe im preussischen Fussmasse bezeichnet, so ist die mittlere Geschwindigkeit $v = 0.004 \cdot h\ v'$.

Eine allgemeine Gültigkeit darf man von diesem Ausdrucke schon insoferne nicht erwarten, als er bei sehr grossen Tiefen offenbar zu unpassenden Resultaten führt; denn für eine Tiefe von 125 Fuss würde die Geschwindigkeit jedesmal gleich Null, und für noch grössere Tiefen sogar negativ werden. Dieser Umstand ist jedoch für gewöhnliche Fälle ziemlich gleichgiltig, da solche Tiefen in den Strömen gar nicht vorkommen.

Prony sagt hingegen, dass die mittlere Geschwindigkeit in einer Perpendikulare gleich ist 0.816 der beobachteten grössten Geschwindigkeit der Oberfläche; und wenn v' die Geschwindigkeit an der Oberfläche, v die gefundene mittlere Geschwindigkeit, v'' die zu suchende Geschwindigkeit an der Sohle, so ist $v'' = 2\,v - v'$.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich, dass das Gesetz, wornach die Geschwindigkeit bei grösserer Tiefe sich vermindert, keineswegs bereits aufgefunden ist; die angestellten Beobachtungen zeigen im Gegentheil unter sich wesentliche Differenzen.

Bis jetzt wurde nur die mittlere Geschwindigkeit einer Perpendikulare bestimmt; diese ist jedoch wohl von der *mittleren Geschwindigkeit eines ganzen Querprofils* zu unterscheiden, denn diese gilt für eine Fläche, während jene nur für eine Linie gilt.

Um nun die mittlere Geschwindigkeit eines ganzen Querprofils eines Flusses zu bestimmen, kann man auf verschiedene Weise vorgehen, und zwar:

1) Man theilt die aufgenommene Profilfläche durch Perpendikulare in entsprechende möglichst regelmässige Abschnitte, bestimmt, wie so eben besprochen wurde, die mittlere Geschwindigkeit jedes dieser Abschnitte, und wählt den Beobachtungspunkt hiezu möglichst in der Mitte der zugehörigen Theile; berechnet dann den Flächeninhalt eines jeden solchen Theiles und (durch Multiplication dieser Flächeninhalte mit den betreffenden mittleren Geschwindigkeiten) die durch die einzelnen Sektionen durchfliessenden Wassermengen. Dividirt man ferner die Summe derselben durch den Flächeninhalt des ganzen Profils, so wird der Quotient dann als mittlere Geschwindigkeit des letzteren betrachtet.

Sind demnach

$v, v', v'' \ldots . v^n$ die mittleren Geschwindigkeiten,

$a, a', a'' \ldots . a^n$ die zugehörigen Inhalte,

so ist die Gesammtwassermenge

$$M = a\,v + a'\,v' + a''\,v'' + \ldots\ a^n\ v^n$$

und die mittlere Geschwindigkeit für das ganze Profil

$$G = \frac{M}{a + a' + a'' + \ldots\ a^n}.$$

Hat man die mittleren Geschwindigkeiten an beliebigen Stellen des Profils gefunden, so kann man die Beobachtungspunkte in das Profil des Planes einzeichnen und dasselbe in so viele Theile zerlegen, als man Geschwindigkeiten hat. — Die Summe der Produkte aus den Geschwindigkeiten in die Inhalte der betreffenden Theile gibt die ganze Wassermasse, welche in einer Sekunde durchfliesst.

Aus geeigneten Messungen stellte Wiebeking bei einem Rheinprofile von 920 rheinld. Fuss Breite nachstehende Tabellen zusammen:

Perpendikularen.	Flächeninhalt des einer jeden Perpendikularen zugehörigen Theiles.	Mittlere Geschwindigkeit der Perpendikularen.	Wassermenge, welche durch den Profiltheil fliesst.
1	1691 □Fuss	3.527 Fuss	5866 Cub.-Fuss
2	1936 „	4.454 „	8623 „
3	1843 „	4.211 „	7760 „
4	2006 „	3.944 „	7912 „
5	2111 „	3.823 „	8068 „
6	2146 „	3.712 „	7966 „
7	1971 „	3.693 „	7279 „
8	1732 „	3.441 „	5960 „
9	1668 „	3.398 „	5668 „
10	1557 „	2.981 „	4641 „
11	1026 „	2.949 „	3026 „
12	1330 „	2.632 „	3500 „
Summen.	21017	42.765	76269

Hienach ist

$M = av + a'v' + a''v'' + \ldots a^n v^n = 76269$ Cub.-Fuss,

der ganze Flächeninhalt des Profils

$F = a + a' + a'' + \ldots a^n = 21017$ Quadratfuss,

die mittlere Geschwindigkeit

$$G = \frac{76269}{21017} = 3.520 \text{ Fuss.}$$

2) Ein anderes Verfahren besteht, wenn das Querprofil nicht sehr veränderliche Tiefen hat, darin, dass man die Summe der mittleren Geschwindigkeiten der einzelnen durch die ganze Fläche des Profils gleichmässig vertheilten Perpendikularen durch die Anzahl der Perpendikularen dividirt, und den Quotienten als die mittlere Geschwindigkeit der ganzen Profilfläche betrachtet.

3) Eine dritte, jedoch nicht verlässliche Methode, welche man öfter anzuwenden pflegt, ist folgende: Man bestimmt, wie früher, an verschiedenen Stellen des Querprofils die mittleren Geschwindigkeiten, multiplicirt alsdann jede dieser Geschwindigkeiten mit der dem Punkte, wo sie ermittelt, entsprechenden Tiefe und dividirt sodann die Summe dieser Produkte durch die Summe aller Tiefen (der Punkte, wo die Geschwindigkeit ermittelt worden), der Quotient hievon kann als die mittlere Geschwindigkeit angesehen werden. Es sind hiebei die verschiedenen Tiefen berücksichtiget und man gelangt unmittelbar, wenn auch die Beobachtungspunkte ungleichmässig vertheilt sind, zum Resultate.

Dass man durch Multiplication der mittleren Geschwindigkeit mit dem Flächeninhalte des Profils, die während einer Secunde durch dasselbe abfliessende Wassermasse erhält, ist bereits bekannt.

Bewegung des Wassers in Flüssen und Canälen.

§. 21.

Alles auf der Erde fliessende Wasser, dessen Oberfläche sich in unmittelbarer Berührung mit der atmosphärischen Luft befindet, bewegt sich entweder in selbst geschaffenen Vertiefungen, Rinnen, Betten u. s. w., oder die Bewegung erfolgt in von Menschen geschaffenen Leitungen, welche man, je nach ihrem Zwecke, mit dem Namen Canäle, Gräben oder Gerinne belegt. Bei dem gegenwärtigen Zustande der wissenschaftlichen Hydraulik ist man allein im Stande, Theorien für die Bewegung des Wassers in Behältern mit regelmässigen Längen und Querprofilen aufzustellen, und dieses nur gestützt auf Beobachtungen, Versuche und Erfahrungen.

In Ermangelung aller sonstigen Anhaltspunkte pflegt man auch von solchen Theorien Anwendungen auf die Bewegung des Wassers in Flüssen überhaupt zu machen, die selbstverständlich nicht mehr Ansprüche auf Richtigkeit und Uebereinstimmung mit der Wirklichkeit machen können, als so weit ihr Charakter den erwähnten Voraussetzungen entspricht.

Es wird daher bei solchen Theorien immer vorausgesetzt, dass die Wände (Ufer) und Böden (Sohle) von Gerinnen, in welchen das Wasser fliesst, frei von Erhöhungen und Vertiefungen sind, wodurch plötzliche Geschwindigkeitsänderungen, Wirbel, Gegenströme u. dgl. erzeugt werden.

Die alleinig wirkende Kraft, welche das Wasser bewegt, ist die der Schwere.

Stellt man sich vor, dass das Wasser sich längs einer geneigten Ebene bewegt und den Einwirkungen der Schwere frei folgen könnte, so würde sich die Geschwindigkeit seiner Bewegung fortwährend vergrössern und an der tiefsten Stelle zu einem Maximum werden. — Dass dieses nicht der Fall ist, lehrt die Erfahrung; denn Flüsse und Ströme fliessen um so langsamer, je mehr sie sich den Enden der schiefen Ebenen nähern, auf welchen sie herabfliessen, d. h. je näher sie ihren Mündungen kommen. Die Ursachen dieser Erscheinung liegen in den verschiedenen Widerständen, welche die Wassertheilchen bei ihrer Fortbewegung erfahren.

Diese Widerstände werden hervorgebracht durch das Anhängen (die Adhäsion) der Wassertheilchen sowohl an das Ufer, als an die Sohle des Bettes, durch die Cohäsion, welche zwischen den Flüssigheits-Elementen selbst besteht, ferner durch das Abprellen

der Wassertheile von den Wänden und der Sohle, durch welche eine innere Bewegung des Wassers entsteht. Endlich gibt es noch zufällige Ursachen, welche einen Widerstand hervorbringen, als: Krümmungen, Fröste, Eisgänge, Untiefen, Pflanzen im Strome, ja selbst Winde, welche auf die Oberfläche des Wassers wirken.

Mathematische Ausdrücke, welche die Gesetze dieser Erscheinungen für alle Fälle darstellen, existiren zur Zeit noch nicht, weil man ausser Stande war, die wahre Beschaffenheit dieser Widerstände kennen zu lernen; indess ist es gelungen, für den Fall der gleichförmigen Bewegung des Wassers in regelmässigen und geradlinigen Gerinnen, einige Aushilfe zu schaffen, die in vielen praktischen Fällen auszureichen vermag.

Die *gleichförmige Bewegung* des Wassers ist jene, bei welcher das Wasser an jeder Stelle des Gerinnes, d. h. in allen Querschnitten, ein und dieselbe mittlere Geschwindigkeit hat; wenn dieses nicht der Fall ist, so ist die Bewegung des Wassers eine *ungleichförmige.*

Gleichförmige Bewegung des Wassers in Gerinnen setzt aber Gleichheit der Querprofile, constante Breite und Tiefe voraus, so dass in diesem Falle die Oberfläche des Wassers stets mit der Sohle parallel sein wird. Für diese Bewegung sollen nun hier die Gesetze, d. h. die Beziehungen zwischen Gefälle, Geschwindigkeit, Inhalt des Profils und der Menge des Wassers, entwickelt werden, um in einem vorkommenden Falle aus den gegebenen Daten die zu suchenden Werthe finden zu können.

Ist die Bewegung des Wassers in einem Gerinne eine gleichförmige, so ist der Widerstand, welchen dasselbe erfährt, offenbar der beschleunigenden Kraft des Wassers gleich.

Sind nun für zwei verschiedene Gewässer, welche nach einer unveränderten Richtung fliessen,

W und w die Widerstände,

G und g die mittleren Geschwindigkeiten des Wassers,

F und f die Inhalte der Querprofile,

U und u die Umfänge des nassen Profils,

H und h die Gefälle,

L und l die zugehörigen Längen in der Stromrichtung gemessen, so wissen wir aus der Mechanik, dass die Widerstände, welche die Bewegung der Wassertheile verzögern, im geraden Verhältnisse stehen zu den Umfängen der nassen Profile, zu den Quadraten der Geschwindigkeiten, und im verkehrten Verhältnisse zu den Inhalten der Querprofile.

Demnach verhält sich

$$W : w = U : u$$
$$= G^2 : g^2$$
$$= f : F$$

$$W : w = U G^2 f : w g^2 F$$

$$W : w = \frac{U G^2}{F} : \frac{w g^2}{f}.$$

Es ist ferner aus der Mechanik bekannt, dass sich die von der Schwere bewirkten Beschleunigungen zweier Massen auf einer schiefen Ebene, oder die beschleunigenden Kräfte K und k gerade wie die Höhen der schiefen Ebenen, und verkehrt wie ihre Längen verhalten. Demnach verhält sich

$$K : k = \frac{H}{L} : \frac{h}{l}.$$

Der Widerstand hebt die beschleunigende Kraft auf, mithin ist:

$$W : w = K : k = \frac{H}{L} : \frac{h}{l}, \text{ folglich}$$

$$\frac{H}{L} : \frac{h}{l} = \frac{U G^2}{F} : \frac{u g^2}{f}, \text{ hieraus}$$

$$g = \sqrt{\frac{U G^2}{F} \cdot \frac{L}{H}} \sqrt{\frac{f}{u} \cdot \frac{h}{l}}$$

und wenn wir $\sqrt{\frac{U G^2}{F} \cdot \frac{L}{H}} = m$ setzen,

so ist

$$g = m \sqrt{\frac{f}{u} \cdot \frac{h}{l}}.$$

Hat man aus genauen Versuchen den Werth des Coefficienten $m = G \sqrt{\frac{U}{F} \cdot \frac{L}{H}}$ bestimmt, so lässt sich leicht bei einem Gerinne, dessen Gefälle und Querprofil bekannt ist, die mittlere Geschwindigkeit g finden.

Der französische Ingenieur Oberst Dubuat stellte, um diesen Coefficienten zu ermitteln, eine grosse Anzahl sorgfältiger Versuche, in grösstentheils künstlichen, für den fraglichen Zweck eigens hergestellten Kanälen, so wie auch in regelmässigen Flussstrecken, deren Geschwindigkeit man genau kannte, an. 23 dieser Versuche wurden an einem künstlichen Kanale von 132 Fuss (franz.) Länge angestellt, dessen Querschnitte beliebig rectangulär oder trapezförmig gestaltet werden konnten. Am untern Ende dieses Canals war ein gemauertes regelmässiges Bassin von 12 Fuss Länge, 9 Fuss Breite und 5 Fuss Tiefe angebracht, in welches das Canalwasser strömte und gemessen werden konnte. — Die mittleren Geschwindigkeiten, bei den verschiedenen Neigungen, welche man dem Canale gab, wurden durch Division der

Querschnitte in die per Secunde abgeflossene Wassermasse ermittelt. Zu andern dergleichen Versuchen benützte Dubuat den Canal du Jard und den Hainefluss. Eytelwein bestimmte zuerst aus 36 Versuchsresultaten Dubuats diesen Coefficienten, und zwar

mit $m = 90.9$ für das Rheinländische Mass,
„ $m = 50.9$ „ „ Meter Mass,
„ $m = 96.1$ „ „ Wiener Mass.

Derselbe wurde von ihm als constant angegeben, während er in der Wirklichkeit nach neuesten Versuchen über die Geschwindigkeit, von dieser abhängig ist, und dieser Coefficient eigentlich nur der Grösse der Geschwindigkeit von 8 ½ Fuss entspricht, und für kleinere Geschwindigkeiten kleiner angenommen werden muss.

Um für jene Fälle, wo die Geschwindigkeit bereits bekannt ist, den Werth des Coefficienten entsprechend nehmen zu können, dient eine aus Weissbach's Ingenieur-Mechanik hergeleitete und in der Bauzeitung 1851 vom Oberingenieur Gustav Wex mitgetheilte Tabelle, deren Werthe dem Coefficienten 90.9 zu substituiren sind.

Für Rheinländisches Mass.

Geschwindigkeit g =	0.1′	0.5′	1′	2′	3′	4′	5′	6′	7′	8′	8.5′
Coefficient m =	54.27	78.39	84.32	87.81	89.11	89.78	90.35	90.46	90.65	90.80	90.90

Für Meter.

Geschwindigkeit g =	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	2.0
Coefficient m =	36.42	43.57	46.75	48.77	50.11	52.09	53.17	53.85	54.32	54.92

Wäre die Geschwindigkeit g noch unbekannt, so bestimmt man dieselbe zuerst annähernd aus der Gleichung $g = 90.9 \sqrt{\frac{f}{u} \cdot \frac{h}{l}}$, und dann erst gebraucht man denjenigen Coefficienten aus der Tabelle, welcher der nun gefundenen Geschwindigkeit entspricht, um sich den genauen Werth derselben herzuleiten.

Wir besitzen nun zwei Gleichungen und zwar $g = m \sqrt{\frac{f}{u} \cdot \frac{h}{l}}$ für die Geschwindigkeit, und $M = fg$ für die Wassermenge, aus welchen wir uns die zwischen M, f, g, u, h und l stattfindenden Beziehungen ausdrücken können.

Diese Formel benützt man auch, um die mittlere Geschwindigkeit in Flüssen zu bestimmen. Man sucht hiezu eine möglichst regelmässige Strecke des Flusses auf und bewirkt in dieser seine nothwendigen Messungen. Geringe Abweichungen von der Regelmässigkeit haben keinen wesentlichen Einfluss, da die mittlere Geschwindigkeit überhaupt nur annähernd bestimmt werden kann.

In unregelmässigen Flüssen ist es unmöglich, diese Formel für die gleichförmige Bewegung zu gebrauchen. In diesem Falle bestimmt man mit Hilfe der vorbeschriebenen Messungen die mittlere Geschwindigkeit.

Die Schwierigkeiten, welche man schon bei den Untersuchungen der gleichförmigen Bewegung des Wassers zu überwinden hatte, vereint mit dem geringen Erfolge, welchen man dadurch bisher erreicht, lassen nicht erwarten, dass man in der Auffindung der Gesetze für die ungleichförmige Bewegung oder für den Fall, dass die mittlere Geschwindigkeit sich verändert, glücklicher sein werde.

Die allgemeinen hydrodynamischen Beobachtungen, wie sie von Mehreren angegeben und durch Differenzial-Gleichungen ausgedrückt sind, bieten sehr grosse, oft ganz unüberwindliche Schwierigkeiten in der Rechnung, wenn man sie auf bestimmte Fälle anwenden will, und können nur gebraucht werden, wenn man die Cohäsionskraft der Wassertheilchen gehörig in Rechnung bringt. — Eine solche Untersuchung erscheint so übermässig verwickelt, dass man sich hievon kein Resultat versprechen kann, und auch wohl noch nie ein Versuch gemacht worden ist, sie durchzuführen.

Das zweckmässigste Flussprofil.

§. 22.

Der Widerstand bei der Bewegung des Wassers in regelmässigen Gerinnen ist, wie obige Formel $g = m \sqrt{\frac{f}{u} \cdot \frac{h}{l}}$ zeigt, vom Gefälle, vom benetzten Umfange und vom Querprofile abhängig. Ist nun das Gefälle fixirt, so wird man, um den Widerstand auf ein Minimum, oder die Geschwindigkeit auf ein

Maximum zu bringen, den Quotienten $\frac{f}{u}$ zu einem Maximum oder $\frac{u}{f}$ zu einem Minimum machen.

Das Profil muss demnach bei dem grössten Flächeninhalte den kleinsten Umfang besitzen.

Fänden sich daher nicht praktische Hindernisse in der Ausführung, so müssten das Poligon mit möglichst vielen Seiten und der Halbkreis die vor allem zu empfehlenden Profile abgeben, weil sie der obigen Forderung am nächsten kommen.

Unter den Figuren von gleicher Seitenzahl haben die regelmässigen, und unter allen regelmässigen Figuren wieder diejenigen, deren Seitenzahl die grössere ist, bei gleichem Inhalt den kleinsten Umfang.

Diese Querprofile können jedoch nicht überall angewendet werden, besonders da nicht, wo das Bett im Erdboden unter Voraussetzung einer bestimmten Anlage auszuheben ist.

Bei Anwendung von Canälen, Gräben und Gerinnen kommen in der Regel nur rectanguläre und trapezoidale Querprofile vor, obgleich man bei Gerinnen, welche aus Holz, Stein oder Eisen gebildet werden, Herr der Construction ist und auch den Halbkreis anwenden könnte.

Bei Profilen, die in die Erde ausgegraben werden, muss man immer die Trapezform wählen und, dem obigen Sinne entsprechend, müsste man sich für das halbe Sechseck entscheiden.

Da nun in den meisten Fällen, wenn ein Gerinne in der Erde ausgehoben werden muss, der Böschungswinkel von 60^0 (bei dem halben Sechseck) wegen der Lockerheit des Bodens zu gross ist, in seltenen Fällen 45^0 betragen darf, in den meisten Fällen jedoch viel kleiner werden muss, so wird es sich darum handeln, bei gegebenem Böschungswinkel, der nach der Natur des Erdreichs als bekannt vorausgesetzt wird, ferner bei gegebenem Flächeninhalt des Querschnittes des Gerinnes, und bei einer bestimmten Wassermasse, diejenige Form des Trapezes (Querprofils) zu finden, bei welcher u ein Minimum wird.

Der Umfang in Taf. III. Fig. 20 ist:

$$u = \overline{AB} + y + \overline{CD}$$

$$u = y + \frac{2x}{\sin \alpha}.$$

Nun ist der gegebene Inhalt des Querschnittes

$$f = \frac{x}{2}(\overline{BC} + \overline{AD}) = \frac{x}{2}(y + y + 2x \operatorname{cotg} \alpha)$$

$$f = x(y + x \operatorname{cotg} \alpha),$$

folglich ist $y = \frac{f}{x} - x \operatorname{cotg} \alpha$,

$$\text{mithin } u = \frac{f}{x} - x \operatorname{cotg} \alpha + \frac{2x}{\sin \alpha}.$$

Damit u ein Minimum durch die veränderliche x werde, muss der erste Differential-Quotient $\frac{du}{dx} = o$, und der zweite Differential-Quotient $\frac{d^2 u}{(dx)^2}$ muss bejahend sein. Nun ist

$$\frac{du}{dx} = -\frac{f}{x^2} - \operatorname{cotg} \alpha + \frac{2}{\sin \alpha}.$$

Wird dieses gleich Null, so ist

$$\frac{f}{x^2} = \frac{2}{\sin \alpha} - \operatorname{cotg} \alpha = \frac{2 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$x = \sqrt{\frac{f \sin \alpha}{2 - \cos \alpha}},$$

ferner ist $\frac{d^2 u}{(dx)^2} = \frac{2f}{x^3}$.

Für jedes positive x wird also $\frac{d^2 u}{dx^2}$ bejahend, der früher bestimmte Werth des x nämlich $\sqrt{\frac{f \sin \alpha}{2 - \cos \alpha}}$ ist aber bejahend, folglich ist u ein Minimum.

Eytelwein empfiehlt das Profil eines Trapezes, welches mit dem halben Quadrate gleichen Umfang und Flächeninhalt besitzt.

Es sei Taf. III. Fig. 21 ABCD das halbe Quadrat, und defg das Trapez, welches mit diesem gleichen Umfang und Flächeninhalt haben soll.

Die Inhalte sind, für das halbe Quadrat $= \frac{a^2}{2}$,

für das Trapez $= (x + y)\frac{a}{2}$;

diese beiden müssen einander gleich sein, demnach

$$\frac{a^2}{2} = (x + y)\frac{a}{2} \text{ und daraus}$$

$$y = a - x.$$

Die Umfänge müssen nun auch gleich sein, daher

$$2a = x + 2\overline{fg};$$

es ist jedoch $\overline{fg} = \sqrt{y^2 + \frac{a^2}{4}}$, folglich

$$2a = x + 2\sqrt{y^2 + \frac{a^2}{4}};$$

um hieraus x zu suchen

$$2a - x = 2\sqrt{y^2 + \frac{a^2}{4}}$$

$$4a^2 + x^2 - 4ax = 4y^2 + a^2;$$

wenn wir statt y den obigen Werth $a - x$ setzen, ist:

$4a^2 + x^2 - 4ax = 4(a - x)^2 + a^2$ oder

$3x^2 = 4ax - a^2$, also

$$x^2 - \frac{4xa}{3} = -\frac{a^2}{3}.$$

Demnach $x = \frac{2a}{3} \pm \sqrt{\frac{4a^2}{9} - \frac{a^2}{3}}$

$$x = \frac{2a}{3} \pm \sqrt{\frac{a^2}{9}} = \frac{2a}{3} \pm \frac{a}{3}.$$

Daher $x = a$ oder $x = \frac{a}{3}$.

Diese Werthe von x in die obige Gleichung von y gesetzt, so ist

$y = a - a = o$ für das halbe Quadrat oder

$$y = a - \frac{a}{3} = \frac{2a}{3}.$$

Wir haben nun x und y durch a, d. h. durch die Seite des Quadrates ausgedrückt, und können mit Leichtigkeit das Trapez verzeichnen, wie es die Figur zeigt. Man theilt die Höhe n d in drei gleiche Theile, die Basis erhält deren zwei, die Parallele d g zehn und jede der Seiten d e und f g fünf solche Theile.

Nennen wir einen solchen Theil $\frac{a}{6} = e$.

Der Umfang A B C D $= 12e$ und der Umfang d e f g, weil $de = \sqrt{\overline{dn^2} + \overline{ne^2}} = \sqrt{(3e)^2 + (4e)^2} = \sqrt{25e^2} = 5e$, auch gleich $12e$; hiemit sind die Umfänge gleich.

Der Inhalt des halben Quadrates $= BC \cdot CD = 6e \cdot 3e = 18e^2$, und der Inhalt des Trapezes $= \frac{(dg + ef)}{2} dn = \frac{(10e + 2e)}{2} 3e$, hiemit auch $= 18e^2$ wie das halbe Quadrat.

Der Böschungswinkel des Erdreichs entspricht bei dieser Construction $36^0\,52'$, und die Böschungsanlage $\frac{4}{3}$ der Höhe.

In vielen Fällen macht man jedoch die Anlage gleich der doppelten Höhe, in welchem Falle der Böschungswinkel $= 26^0\,34'$.

Wirkung der Strömung.

§. 23.

Bei dem Strombau wird die Kraft des fliessenden Wassers zum Ausbau seines Bettes benützt; es ist demnach eine genaue Kenntniss der Wirkung und Kraft der Strömung unbedingt nothwendig.

Die Wirksamkeit des Stromes erstreckt sich offenbar nur so weit, als derselbe sich überhaupt in seinem Ueberschwemmungsgebiete ausbreitet; hauptsächlich ist sie jedoch durch die Strömung bedingt, und die Stärke derselben hat den wesentlichsten Einfluss auf die Wirksamkeit des Wassers. — Sie äussert sich hauptsächlich in zwei Hauptwirkungsarten: *a* in der *Anlandung* oder *Anhögerung*, und *b* in der *Zerstörung* oder in dem Abbruch d. i. in dem *Wegreissen der Ufer, überhaupt des Bodens.*

a. Die *Anlandung* wird immer dort stattfinden, wo die Geschwindigkeit des eintretenden Wassers eine geringere ist, als im Strome, wo der Fluss sein Geschiebe fortführt. Wird demnach in einzelnen Theilen des Stromes durch später zu besprechende Einbauten die Geschwindigkeit künstlich vermindert, so findet offenbar dort eine Anlandung oder Anhögerung, d. i. eine Ansammlung des Flussgeschiebes statt, welche entweder die Erhöhung der Sohle des Flusses oder sonst eine Bildung zur Folge hat.

Tritt aber der Strom aus seinem Bette und gelangt er in die Niederungen seines Ueberschwemmungsgebietes, so wird in diesem die Geschwindigkeit des Stromes eine viel geringere sein, als im Strombette; in manchen Theilen wird sie jedoch fast ganz aufhören und zwar über jenen Flächen, welche nur inundirt, aber nicht durchströmt werden. Das Wasser des Stromes tritt nun bei jedesmaligem Hochwasser nur einmal in diese Theile ein, breitet sich aus, lässt in Folge seiner sehr verminderten Geschwindigkeit seine Stoffe liegen, und fliesst bei dem Fallen des Hochwassers wieder ab. — Da nun hier keine Erneuerung des Wassers, welches die Anlandung bewirkt, geschieht, so geht diese auch nur sehr langsam vor sich, und das Aufwachsen des Bodens ist in diesen Fällen nur ein sehr geringes.

Anders verhält es sich aber, wenn die inundirte Fläche besondere Ein- und Ausmündungen hat, d. h. wenn sie in ihrer ganzen Längenausdehnung mit dem Flusse in freier Verbindung steht. Es erneuert sich hiebei fortwährend das Wasser, welches sie anfüllt, und wird auf diese Weise eine viel grössere Quantität von erdigen Stoffen darüber geführt und (bei der hier stattfindenden geringeren Geschwindigkeit als im Bette) in grösserer Menge aufgefangen werden. — Man gewinnt viel mehr Material, als im ersten Falle, und es ist bekannt, dass dieses die vegetative Kraft vorzugsweise befördert und eine sonstige Düngung der Aecker entbehrlich macht.

Die schweren Massen entfernen sich nicht weit vom Boden des Stromes und lagern sich nur da ab, wo die starke Strömung sich nur um etwas vermindert. — Will man eine Ablagerung derselben an einer bestimmten Stelle veranlassen, so muss der

Raum vom Strome durchströmt, und in diesem Falle die Geschwindigkeit in demselben jedoch nur unbedeutend vermindert werden, damit dieses Material wohl hinein, jedoch nicht mehr herausgetrieben werde. In einiger Höhe über dem eigentlichen Strombett, oder in einiger Entfernung von demselben, kann nicht mehr das grobe Material, wohl aber das feinere Geschiebe und jene erdigen und thonigen Theile, welche nur das Wasser trüben, eine Verlandung veranlassen.

Zuweilen findet man Vertiefungen des Strombettes und Einbiegungen in den Ufern, in welchen nie eine Verlandung stattfindet, obwohl die Geschwindigkeit des Wassers an jenen Stellen eine geringere als in der Strömung ist. — Die innere Bewegung des Wassers, dessen Fäden durch das Anstossen und Abprellen an verschiedenen Flächen, Wirbel und eine Art Gegenströmung erzeugen, ist die alleinige Ursache hievon und man ist nicht im Stande, sich viele Erscheinungen bei dem Angriffe des Bodens und der Ufer zu erklären, so lange man nur die Geschwindigkeit in der Richtung des Stromes allein, und nicht auch die innere Bewegung des Wassers hiebei betrachtet.

Es ist für den Wasserbau von Wichtigkeit, zu wissen, welche Strömungsgeschwindigkeiten das eine oder das andere Material zu bewegen im Stande sind, respective bei welchen es sich ablagert. Es werden nach Erfahrungsresultaten Dubuats durch die Strömung des Wassers nicht fortgeführt, d. h. es widerstehen nach der Geschwindigkeit an der Sohle: der braune Thon einer Geschwindigkeit von 3 Zoll, der feine Sand — von 6 Zoll, der grobe scharfe Sand — von 8 Zoll, der Kies aus der Seine in der Grösse der Sumpfbohnen — von 1 Fuss; abgerundete Geschiebe von 1 Zoll widerstehen der Geschwindigkeit von 2 Fuss, und eckige Steine von der Grösse eines Hühnereies einer Geschwindigkeit von 3 Fuss. Hingegen sind Ströme von 7 Fuss Geschwindigkeit im Stande, centnerschwere Steine und Wildbäche, welche oft die fürchterliche Geschwindigkeit von 12 bis 16 Fuss haben, Felsblöcke von 100 bis 500 Centnern in ihren Betten fortzuwälzen.

Die Ablagerungen an einzelnen Stellen der Sohle des Bettes nennt man *Untiefen;* sie sind für die Schifffahrt von grossem Nachtheile, indem hiedurch die Ladung der Schiffe bedingt wird, und verursachen auch zuweilen Ueberschwemmungen. Sie bilden sich da, wo örtliche Verhältnisse eine Abnahme der Geschwindigkeit des strömenden Wassers verursachen, namentlich bei Mündungen von Nebenflüssen und ganz besonders, wenn die Einmündung eine fehlerhafte ist, d. h. wenn sie nicht unter einem spitzen, sondern unter einem dem rechten sich annähernden, oder gar unter einem stumpfen Winkel vor sich geht. — So bildet durch die fehlerhafte, stumpfwinklige Einmündung der Isar, die Donau bis zur Brücke von Deggendorf, d. i. über eine Stunde oberhalb dieser Mündung, beinahe fortlaufende Untiefen und Sandbänke, welche häufige Ueberschwemmungen zur Folge haben.

Aber auch bei Mündungen der Flüsse in Seen oder in das Meer, bilden sich solche Untiefen; daher die Erscheinung, dass Ströme bei ihrem Eintritte in das Meer nicht selten neues Land bilden und dadurch ihren Lauf verlängern, oder das Einlaufen der Schiffe hindernde Barren (Bänke) ablagern.

Geht eine nach der Richtung des Stromes kurze Untiefe quer durch den Fluss von einem Ufer bis zum andern, so nennt man sie eine *Furt.*

Untiefen bilden sich oft nach einem Hochwasser. Um sie zu entfernen und den Fluss für die Schifffahrt wieder geeignet herzustellen, müssen sie entweder ausgebaggert werden, oder es muss, wenn dies nicht helfen sollte, durch entsprechende Einbauten die Bildung derselben verhindert werden.

b. Den *Abbruch* bedingt nicht allein die Geschwindigkeit des Stromes, wie es bei der Ablagerung der Fall war, sondern auch und namentlich hauptsächlich die Richtung, unter welcher der anprallende Strom das Terrain trifft.

Der Abbruch erfolgt am schnellsten und stärksten, je mehr die Richtung der Strömung normal zu dem Ufer sich stellt. Bei einer Krümmung wird das concave Ufer immer sehr, das convexe jedoch nie von der Strömung getroffen; am concaven Ufer werden daher immer grosse Abbrüche stattfinden, am convexen hingegen Anlandungen.

Uferbruch, Schartufer, auch *Bruchufer* nennt man die von den Fluthen unterwaschene eingestürzte, oder dem Einsturz nahe Uferstrecke. Der Uferbruch ist um so grösser, je höher und steiler die Ufer sind, je lockerer das Erdreich, je senkrechter die Strömung das Ufer trifft, je tiefer das Wasser und je grösser die Geschwindigkeit sind.

Sind die Uferbrüche nur vom Wasserspiegel aufwärts (durch ein Hochwasser) verursacht, und ist der untere Theil des Ufers noch im wohlerhaltenen Zustande, so nennt man sie *Uferabschälungen.*

Kolke nennt man in der Sohle des Stromes ausgewaschene Löcher.

Durch die innere Bewegung des Wassers ent-

stehen auch gewisse vermehrte, sogenannte partielle Strömungen, welche nicht selten Ursache eines verstärkten Abbruchs sind. — Sobald aber ein äusseres Hinderniss den regelmässigen Lauf des Wassers stört, so erzeugen sich an den betreffenden Stellen constante Strömungen, welche auch meistens durch die veränderte Bewegung des Wassers zu erkennen sind, indem das Wasser rechts oder links oder sonst auszuweichen sucht. Findet sich z. B. am Boden ein nicht unbedeutendes Hinderniss im Bette, so wird im Allgemeinen das Wasser nach oben auszuweichen suchen, es tritt ein Aufwallen an der Oberfläche ein und die Erhebung ist um so stärker, je höher das Hinderniss an die Oberfläche herantritt. — Ebenso bewirkt auch ein seitliches Hinderniss im Strome, z. B. ein Einbau, ein Ausweichen, eine vermehrte Geschwindigkeit und eine Erhöhung des Wasserspiegels, von welchen Erscheinungen später bei der »Wirkung der Einbaue« und bei den Wehren ausführlich die Rede sein wird.

Die Wirkung der Adhäsion der einzelnen Wasserfäden unter einander ist auch auf die Bildung der Strömungen von Einfluss. — Ein Wasserstrahl, welcher sich schneller bewegt, als das ihn umgebende Wasser, reisst dasselbe mit fort, weil es sich nicht schnell genug ablösen kann. Die Folge hievon ist, dass hinter grossen im Flussbett befindlichen Gegenständen sich keine ruhende Wassermenge bildet, sondern die zunächst liegenden Wassertheilchen durch die Bewegung des Hauptstromes mit fortgerissen werden, wodurch eine Senkung des Wasserspiegels hinter dem Körper eintritt und, da dieses wieder ersetzt werden muss, eine Gegenströmung (Widerströme) oder eine gefährliche Wirbelbildung entsteht, wie z. B. im Strudel der Donau unterhalb Grein durch einen hervorspringenden Felsen.

Die Erfahrung lehrt, dass, abgesehen von der Geschwindigkeit, die Ufer von schmalen und tiefen Flüssen stärker angegriffen werden, als von flachen und breiten. Das gewöhnliche Mittel zur Vergrösserung der Geschwindigkeit ist daher die Verengung des Profils.

Das *Hochwasser* wirkt sehr verwüstend auf die Ufer und auf die im Ueberschwemmungsgebiete liegenden Gründe; es entwurzelt die grössten Bäume, reisst hölzerne Gebäude und Brücken ein, durchbricht Dämme, verlegt ganze Stromarme mit Geschieben, versetzt Sandbänke auf andere oft sehr entfernte Stellen, überschwemmt meilenweit die Gegend, und bahnt sich sogar neue Rinnsäle.

Noch gefährlicher als das Hochwasser ist der *Eisstoss*.

Bei dem *Eisgange* ist das *Treibeis* von dem *Grundeise* zu unterscheiden. *Treibeis* bildet sich nur an der Oberfläche des Wassers, an den Ufern, wo sich die geringste Tiefe und Geschwindigkeit vorfinden; mit der steigenden Kälte vermehrt sich die Eisdecke nach der Breite und Dicke. Die Bewegung des Wassers und der Winde verursachen, dass sich einzelne Stücke ablösen, und so entsteht das Treibeis. Das *Grundeis* entsteht in folgender Weise: Ueberrinnt das Wasser die bei seinem niedersten Stande im Winter äusserst zahlreichen, seichten Uferstellen, Sandbänke u. s. w., so frieren theils an die untere Fläche der Eisdecke Erde, Sand oder Steine an, theils greift auch die Erstarrung des Wassers in dem mit Wasser geschwängerten Boden um sich, und die zusammenhängende Eisschichte bildet mit einem Theile des in sie eingefrorenen Bodens einen Körper, so dass die Schollen nicht nur nicht schwimmen können, sondern in der Tiefe bleiben, vom Strome aber gleichwohl fortgerissen werden, und weil sie nur unbedeutend schwerer als das Wasser sind, beinahe mit derselben Geschwindigkeit wie dieses fortrinnen.

Die specifische Schwere des Eises beträgt nur 0.91, folglich braucht die unten angefrorene Erde oder Sandkruste nur unbedeutend dick zu sein, um eine Eisscholle dem Wasser gleich schwer zu machen.

Das Grundeis erscheint nie auf dem Wasserspiegel, streicht immer am Boden vorwärts, und ist durch seine scharfen Kanten allen, besonders aber den hölzernen Wasserwerken nachtheilig; es benagt sie und zerstört sie endlich. Manchmal ist es in unglaublicher Menge vorhanden, verursacht an Brückenpfeilern und andern Wasserwerken fortwährende polternde Stösse, selbst vor und auch nach dem Eisstosse bei vollkommen eisfreiem Wasserspiegel.

Friert ein Strom ganz zu, so fliesst das Wasser unter der Eisdecke um so schneller, je stärker diese ist. Wird bei Thauwetter die Wassermenge vermehrt, so hebt das Wasser die Eisdecke, bricht sie, und es entsteht der Eisgang, indem sich Eisschollen und Eistafeln ablösen.

Eisstopfungen können nur an solchen Stellen stattfinden, wo das Flussprofil durch Verflachungen oder durch starke Krümmungen verengt wird, wenn entgegengesetzte starke Winde den Eisgang aufhalten, und endlich in allen denjenigen Strömen, die von Süden nach Norden fliessen, wo der untere Stromtheil noch zugefroren ist, während der obere bereits aufbricht und sich in Bewegung setzt. — Am nachtheiligsten werden Eisstopfungen vor den Brücken, wenn das gehemmte Wasser keinen Abfluss findet. —

Die gefährlichsten Ueberschwemmungen sind diejenigen, welche von Eisstopfungen herrühren.

Eine andere, langsam aber zuverlässig zerstörend wirkende, stets nagende Kraft an den Wasserwerken ist der *Frost.* — Er zersprengt Holz und Steine, besonders wenn sie feucht sind. — Seinen Zerstörungen lässt sich in vielen Fällen durchaus nicht vorbeugen. — Sollen besondere Theile vor dem Froste zuverlässig geschützt werden, so kann es nur dadurch geschehen, dass man dieselben über 2 Fuss unter dem Wasser, oder über 3 Fuss unter dem Horizont des Erdreichs, d. h. überhaupt unter der Frosttiefe, anordnet.

Es ist demnach begreiflich, dass in den nördlichen Provinzen aus Holz erbaute Wasserwerke dem Froste und nagenden Grundeise früher oder später, jedoch sicher, unterliegen müssen, und dass in südlichen Ländern, wo die Ströme kein Eis führen und Fröste seltener sind, die Wasserwerke ganz unverhältnissmässig länger dauern, als in unserem kälteren Klima.

Die Dicke der Eisschollen hat auf die Kraftäusserung der Ströme sehr vielen Einfluss; denn der Stoss einer Eisscholle hängt nicht allein von ihrer Geschwindigkeit, sondern auch von ihrer Masse ab. Es ist demnach von Wichtigkeit, die Dicke der Eisbildung in den verschiedenen Ländern kennen zu lernen. — In Ländern wo die Südfrüchte gedeihen, ist, wenigstens in Strömen, die Eisdicke gar nicht zu beachten; in Provinzen, wo der Weinstock gut fortkömmt, darf man sie in der Regel auf 12 Zoll, in Weitzenländern auf 18, in Roggenländern auf 24 Zoll annehmen. Die Höhe und Lage des Landes machen hievon zuweilen auch Ausnahmen.

III. Abschnitt.

Von den Stromregulirungsbauten, den Schutz- und Uferbauten.

Einleitung.

§. 24.

In keinem Zweige der Baukunst wird Vorsicht, Geduld, vor allem aber Beharrlichkeit so oft und so sehr in Anspruch genommen, als in der Hydrotechnik. Es ist nicht genug, nur zu bauen; das Werk verlangt eine beständige nachträgliche Aufmerksamkeit, denn es ist den fortwährenden Angriffen des Wassers blossgestellt. — Die ausübende Wasserbaukunst ist ein mit dem Elemente nie endender Krieg. Das Wasser lässt sich besänftigen, leiten, aber nie unterjochen, ohne die kräftigsten Versuche zu machen, des ihm auferlegten Zwanges wieder frei zu werden.

Fast immer sind die Ursachen der Verwüstungen nicht an der Stelle der Wirkungen, sondern von diesen entfernt zu suchen; trachtet man demnach die Wirkungen nur an Ort und Stelle zu beheben, so kann man dieselben zwar momentan unschädlich machen, aber da die Ursache nicht behoben ist, so wird doch mit voller Gewissheit früher oder später dieselbe Wirkung d. i. dieselbe Verwüstung wieder eintreten. Durch ein solches Vorgehen wäre man seinem Zwecke, der Verwüstung Grenzen zu setzen, nicht um einen Schritt näher gerückt.

Die Stromregulirung ist demnach eine grossartige, ausgedehnte Aufgabe, deren Lösung dem Staate obliegt. Der interessirte Private würde nur seinen nächstliegenden eigenen Vortheil im Auge behalten, sich nur auf örtliche Flickereien einlassen können, aber auch hiebei bald ermüden, und es kann wahrlich von ihm nicht gefordert werden, Bauten in vorbesprochenem Sinne auszuführen. Zudem ist jeder, besonders aber ein schiffbarer Fluss ein viel zu kostbares Landeigenthum, als dass man gestatten dürfte, dass in demselben einseitige, vielleicht für Interessen einzelner Privaten oder Gemeinden recht günstige Bauten, die jedoch das Gesammtinteresse beeinträchtigen, hergestellt werden. — Das Privatinteresse muss hier dem allgemeinen untergeordnet sein.

Man unterscheidet bei dem Stromregulirungsbau dem Wesen nach zwei Hauptarten von Werken, und zwar:

a. solche, welche unmittelbar nur zur Deckung oder zum Schutze des Ufers dienen, auf den Strom oder auf die Strömung jedoch gar keinen Einfluss haben, und *defensive Werke* genannt werden können, wozu alle Arten von Uferdeckungen, Uferverkleidungen, Uferdossirungen und Strandmauern zu zählen sind;

b. solche, welche unmittelbaren Einfluss auf den Strom haben, den Stromstrich entweder entfernen oder ihn zwingen, eine andere Richtung anzunehmen. Diese sind Zwangsmassregeln, und man könnte sie *offensive Werke* nennen. — Sie vermehren oder vermindern an entsprechenden Stellen die Geschwindigkeit und wirken auf solche Weise entweder wegräumend oder anlandend. Alle Arten von Einbauten gehören hiezu.

Uferdeckungen.

§. 25.

Die Ablagerungen des aufgeschwemmten Bodens befinden sich nur im Gleichgewichte, wenn ihre Seitenflächen mit einer hinreichend sanften Neigung sich gegen die angrenzenden Vertiefungen senken. Wollte man eine Erdmasse ohne künstliche Einfassung ganz senkrecht oder ganz steil aufschütten oder abstechen, so würde bei den meisten Erdarten, namentlich wenn die Höhe schon mehrere Fuss beträgt, die Masse in

gewissen Bruchflächen sich trennen und herabstürzen, bis diejenige Neigung sich darstellt, welche der Natur der Erdart entspricht. Wenn es daher Absicht ist, eine natürliche Anhöhe oder eine künstliche Anschüttung senkrecht oder doch steil zu begrenzen, so kann dieses nur geschehen, indem man eine Einfassung davor aufführt, gegen welche das Erdreich sich sicher stützen kann und dadurch am Herabfallen verhindert wird.

Bestehen solche Einfassungen aus Mauerwerk, so heissen sie im Allgemeinen *„Futtermauern“*; befinden sie sich im Wasser, d. h. bilden sie die Abschliessung eines Ufers und stellen sie einen Kai oder Ankerplatz für Schiffe dar, *„Strand-* oder *Kai-Mauern“*. Derlei Einfassungen von Holz erbaut heissen *„Bohlwerke“*. Sind bei Flüssen und Strömen die Ufer flächer, so genügen zu deren Versicherung Pflanzungen, Zäune, Rasenbekleidungen und Pflasterungen und diese heissen dann *„Uferdossirungen“*; sind aber die Uferdeckungen bis zum kleinsten Wasserspiegel bohlwerkartig aus Holz erbaut, und von da aufwärts flach geböscht, wie die Uferdossirungen, so heissen sie *„Uferbeschläge“*.

Strand- oder Kai-Mauern.

§. 26.

Eine Abhandlung der Theorie des Seitendruckes der Erde und die hierauf gegründete Berechnung der Stärke der Futtermauern, welche zum Theil in den Hochbau, besonders aber in die Baumechanik gehört, würde hier, bei einer Abhandlung des Wasserbaues, von dem eigentlichen Gegenstande zu weit abführen, und es wird genügen, nur die in Tabellen enthaltenen Schlussresultate der auf ganz verschiedene Principien sich gründenden Theorien von Hagen und Poncelet, ohne in eine Kritik derselben einzugehen, mitzutheilen.

Ausführliche Theorien hierüber wolle man in Scheffler's Theorie der Gewölbe und Futtermauern, und in Hagen's Handbuch der Wasserbaukunst nachsuchen.

Tabelle nach Poncelet.

Werthe von $\frac{h}{H}$	Werthe von $\frac{e}{H}$ für										
	$\frac{p'}{p} = 1$; f = 0.6 Berme		$\frac{p'}{p} = 1$; f = 1.4 Berme		$\frac{p'}{p} = 1.5$; f = 1. Berme			$\frac{p'}{p} = \frac{5}{3}$; f = 0.6 Berme		$\frac{p'}{p} = \frac{5}{3}$; f = 1.4 Berme	
	= 0	= 0.2 H	= 0	= 0.2 H	= 0	= 0.2 H	= e	= 0	= 0.2 H	= 0	= 0.2 H
0.0	0.452	0.452	0.258	0.258	0.270	0.270	0.270	0.350	0.350	0.198	0.198
0.1	0.498	0.507	0.282	0.290	0.303	0.306	0.303	0.393	0.398	0.222	0.229
0.2	0.518	0.563	0.309	0.326	0.336	0.342	0.326	0.439	0.445	0.249	0.262
0.3	0.604	0.618	0.338	0.361	0 368	0.375	0.343	0.485	0.489	0.274	0.283
0.4	0.665	0.670	0.369	0.391	0.399	0.405	0.357	0.532	0.522	0.303	0.299
0.5	0.726	0.717	0.402	0.423	0.436	0.431	0.368	0.579	0.549	0.332	0.314
0.6	0.778	0.754	0.436	0.450	0.477	0.457	0.377	0.617	0 572	0.360	0.328
0.7	0.824	0.790	0.427	0.467	0.512	0.481	0.385	0.645	0.593	0.387	0.343
0.8	0.847	0.820	0.510	0.501	0.544	0.504	0.391	0.668	0.610	0.413	0.357
0.9	0.903	0.848	0.541	0.524	0.575	0.523	0.398	0.690	0.624	0.437	0.371
1.0	0.930	0 873	0.571	0.546	0.605	0.540	0.405	0.707	0.636	0.457	0.384

Hiebei bedeutet, wie Taf. III, Fig. 22 zeigt, H die Höhe der Mauer, h die Erdüberhöhung, p′ das Gewicht der Kubikeinheit Mauerwerk, p das Gewicht der Kubikeinheit Erde, f = tang α, wenn α der natürliche Böschungswinkel der Erde ist, e die obere Dicke der Mauer.

Tabelle nach Hagen.

Untere Mauerstärken für durchnässte Dammerde.

Für die Höhe	Vordere Mauerböschung				
	$m = 0$	$m = \frac{1}{5}$	$m = \frac{1}{10}$	$m = \frac{1}{15}$	$m = \frac{1}{20}$
m	m	m	m	m	m
1.0	0.3277	0.3474	0.3322	0.3300	0.3289
1.2	0.3932	0.4769	0.3987	0.3960	0.3947
1.5	0.4915	0.5211	0.4983	0.4950	0.4934
1.8	0.5898	0.6254	0.5980	0.5940	0.5921
2.0	0.6554	0.6949	0.6625	0.6600	0.6579
3.0	0.9831	1.0123	0.9967	0.9900	0.9867
4.0	1.3108	1.3898	1.3290	1.3200	1.3156
5.0	1.6385	1.7373	1.6612	1.6500	1.6445
6.0	1.9662	2.0847	1.9935	1.9800	1.9734
7.0	2.2939	2.4322	2.3259	2.3100	2.3028
8.0	2.6216	2.7796	2.6580	2.6400	2.6318
9.0	2.9493	3.1271	2.9902	2.9700	2.9608
10.0	3.2770	3.4746	3.3225	3.3000	3.2897
11.0	3.6047	3.8214	3.6542	3.6300	3.6179
12.0	3.9324	4.1689	3.9845	3.9600	3.9469
13.0	4.2601	4.5163	4.3187	4.2900	4.2759
14.0	4.5878	4.8638	4.6510	4.6200	4.6049
15.0	4.9155	5.2113	4.9832	4.9500	4.9338
16.0	5.2432	5.5587	5.3155	5.2800	5.2628
17.0	5.5709	5.9062	5.6479	5.6100	5.5918
18.0	5.8986	6.2536	5.9800	5.9400	5.9208
19.0	6.2263	6.6011	6.3122	6.2700	6.2498
20.0	6.5540	6.5540	6.6250	6.6000	6.5790

Es gibt mehre praktische Regeln für die Bestimmung der Mauerstärken, welche zum Theile von vielen Ingenieuren angenommen wurden; es sind folgende:

Bullet sagt: man gebe der Mauer 0.35 ihrer Höhe zur Stärke.

Für Mauern, die im Wasser stehen, als Kai- und Schleussenmauern, gibt Minard eine Regel, welche von 400 ausgeführten Schleussen entnommen ist und dahin führt, dass man der Mauer 0.4 ihrer Höhe zur Stärke geben soll. Die äussersten Grenzen dieses Verhältnisses gibt Minard zu 0.28 und 0.5 an.

Nach Français wäre dieses Verhältniss für beiderseitige senkrechte Ufermauern 0.392.

Nach Hagen ist die Stärke einer beiderseits senkrechten Ufermauer 0.327.

Für an der vordern Seite geböschte Mauern gilt dasselbe Verhältniss, nur muss die Stärke in $\frac{1}{9}$ der Höhe von dem letzten Theile der Mauer gerechnet, aufgetragen werden, von welchem Punkte aus man dann die angenommene Böschungslinie zieht.

Für Ziegelmauern geben englische Ingenieure die Regel: Man nehme die untere Stärke $\frac{1}{5}$ die obere $\frac{1}{10}$ der Höhe und gebe ausserdem noch der Mauer an der Vorderseite $\frac{1}{6}$ Anzug.

Den gebogenen oder schräge liegenden Futtermauern geben die englischen Ingenieure gewöhnlich nur $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{6}$ ihrer Höhe zur Stärke. — Die Lagerfugen sind jedesmal normal gegen die äussere Fläche gerichtet. In Abständen von 3.6 bis 5.4 Met. von Mitte zu Mitte sind hinter den Mauern Strebepfeiler angebracht, deren Stärke selten über 1.2 M. beträgt. Die Länge der Pfeiler ist so bestimmt, dass sie oben wieder nahe mit der Stärke der Mauer übereinstimmt und unten um so viel grösser ist, als die Mauer sich zurücklehnt. — Diese Mauern erfordern gutes Material und sorgfältige Ausführung.

Trockenmauern haben die Hälfte der Höhe zur Stärke zu bekommen. — Sganzin will ihnen sogar $\frac{2}{3}$ der Höhe zur Stärke geben, was offenbar zu viel ist. Die badischen Ingenieure haben für diese Mauern folgende Regel: Man gebe der Mauer oben eine Stärke von 0.9 Meter, an der Vorderseite eine Böschung von $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{6}$; auf der Rückseite der Mauern mache man Abstufungen von je 0.9 Meter Höhe und 0.24 M. Stärke.

Morin gibt die Regel: Man gebe der Trockenmauer eine Stärke $= \frac{5}{4}$ derjenigen, welche die Mörtelmauer erhalten müsste.

Bei der Ausführung solcher, insbesonders aber von Strand- oder Kaimauern, sind ausser den allgemein bekannten Regeln in Bezug auf Verband, Bindemittel u. s. w. noch gewisse Rücksichten zu beobachten, welche für die Stabilität derselben von Wichtigkeit sind, und daher strenge beobachtet werden müssen.

Die Vorderseite einer solchen Mauer muss, wenn dieselbe auch aus Bruchsteinen hergestellt wird, ob sie geböscht oder vertikal sei, mit ordentlichen Hausteinen verkleidet werden, damit man eine regelmässige Fugenabwechslung und so kleine Fugen als möglich an der Aussenseite erhält. Die Fugen selbst müssen sodann sorgfältig verbandelt werden.

Ist die Vorderseite der Mauer sehr geböscht, so dass dieselbe mehr als ein liegendes Mauerwerk zu betrachten ist, oder sind es geböschte Stirnen der

Mauern, so erhält die Mauer die auf Taf. III, Fig. 23 angedeutete Construction, weil es hier durchaus unnöthig ist, dass die Ebene der Lagerfugen nach der Stärke der Mauer horizontal liege, und man hiebei die spitzwinkligen Kanten der Quader vermeidet.

Dessgleichen kann aber auch das Prinzip dieser Construction bei anderen minder geböschten Mauern angewendet werden, wie Taf. III, Fig. 24. Diese Anordnung hat aber ausserdem, dass sie mehr Material kostet, den Nachtheil, dass in die abwärts geneigten Fugen das Wasser leicht eindringt, wesshalb man, wenn die Böschung nicht bedeutend ist, die Lagerfugen besser horizontal laufen lässt, weil in diesem Falle der Winkel an der untern vorderen Kante des Steines nur um weniges kleiner als 90 Grad sein wird.

Sehr oft legt man bei dergleichen Mauern die Steine an der Aussenseite so, dass die Lagerfuge normal auf der Böschung steht, und der rückwärtige Theil der Mauer wird mit horizontalen Fugen an diese Bekleidungssteine anstossend hergestellt; oder man gibt den vorderen Verkleidungssteinen solche Formen, dass die Lagerfugen theils normal auf der vorderen Böschung stehen, theils im Innern der Mauer horizontal sind, wie es Taf. III, Fig. 25 angibt. Diese Constructionen haben aber denselben Nachtheil, wie die vorbeschriebene, nämlich dass das Wasser in die Fugen dringt und, besonders wenn es hier gefriert, das Verderben der Mauer einleitet.

Kommt es nicht darauf an, dass die Stirn der Mauer eine Ebene bilde, was häufig der Fall ist, so kann man die mit der geneigten Richtung der Lagerfugen verbundenen Uebelstände, und auch die scharfen Kanten an den Steinen vermeiden, wenn man, nach Taf. III, Fig. 26, die Lagerfugen horizontal anordnet und die vordere scharfe Kante der Steine durch eine 2, 3, oder auch mehr Zoll breite vertikale Fläche abstumpft.

Sollen dergleichen Mauern aus gewöhnlichen Ziegeln aufgeführt werden, so ist man genöthigt, die Lagerfugen normal auf die Böschung zu richten; denn bei horizontaler Lage der Fugen müsste man die Ziegel nach der Richtung der Böschungslinie zuhauen, und wenn man auch den grossen Aufwand von Zeit, Mühe und Material nicht in Anschlag bringen wollte, so würden doch die Festigkeit und Dauer der Mauer beeinträchtigt werden, weil man die äussere feste Kruste der Ziegel vernichten, und eine wund und rauh behauene Fläche der Witterung aussetzen würde. Die Holländer pflegen bei ihren aus Backsteinen bestehenden, stark geböschten Kaimauern die Lagerfugen so einzurichten, dass, Taf. III, Fig. 27, in dem eigentlichen Kern der Mauer dieselben horizontal gerichtet sind, während sie in einer Art von Verkleidung, in einem äusseren Hemde aus demselben Material, normal auf die Böschung stehen. Der Kern erhält sodann eine Abtreppung und hat an und für sich selbst die nothwendige Stärke. — Diese Einrichtung gewährt den Vortheil, dass die äussere Bekleidung, wenn sie beschädiget wird, leicht und ohne grossen Materialaufwand reparirt werden kann, der Kern der Mauer aber dabei unberührt bleibt.

Mauern aus gewöhnlichen Ziegeln gibt man wegen der beschwerlichen Herstellung der Böschung in der Regel entweder gar keinen Anzug oder nur geringen, in welch letzterem Falle, wenn, wie gesagt, die Böschung nur sehr geringe ist, man die Ziegel alle horizontal legen kann, und die äussere geböschte Fläche treppenartig aufführt, indem man die oberen Schichten gegen die untern um etwas zurückzieht. Man könnte nicht sehr geböschte Mauern mit horizontalen Lagerfugen auch aus eigens hiezu gebrannten Ziegeln herstellen; es müssten an den an der Aussenseite zu liegen kommenden Ziegeln theils die Stirn-, theils die Längenseite nach der verlangten Böschung modellirt sein, um einen regelmässigen Verband herstellen zu können.

Die Hinterfüllungserde darf erst dann eingeworfen werden, wenn der Mörtel angezogen und die Mauer einige Festigkeit erlangt hat. Die Anschüttung geschieht in Lagen von 6 Zoll Höhe, die festgestampft werden müssen, wodurch der Druck der Erde bedeutend vermindert wird, indem ihre Cohäsion sich vermehrt.

Kommt eine Mauer auf einen abhängigen Felsen zu stehen, so muss derselbe parallel zu den Lagerflächen des Mauerwerks abgetreppt werden.

Wird die Mauer längs dem Fusse eines steilen Bergabhanges geführt, so muss dieser, ehe man die Hinterfüllung vornimmt, gehörig abgetreppt werden, indem sonst durch das Hinzutreten von Quellen ein Abrutschen des ganzen Erdtheils zu befürchten steht, und sodann der Erddruck weit grösser wird, als er in der Berechnung, worauf sich die angegebenen Tabellen fussen, gefunden wurde. Insbesondere ist eine solche Abtreppung nothwendig, wenn die Hinterfüllung auf einen geschichteten Boden zu liegen kommt, dessen Schichten sich gegen die Mauer hin senken; denn hier wird durch hinzukommende Quellen die Reibung zwischen der aufgefüllten Erdmasse und dem natürlichen Boden beinahe gänzlich aufgehoben.

Dem durch die Hinterfüllungserde herab durchsickernden Wasser muss man durch offene, 6 Zoll hohe und 6 Zoll breite, durch die ganze Dicke der Mauer an ihrem Fusse anzulegende Kanäle den Durchfluss gestatten. Damit sie sich mit der Zeit nicht verstopfen, sind sie an ihrer Rückseite mit Steinen zu verlegen. — Solche Oeffnungen befördern auch das Austrocknen der Mauern sehr.

Ueber die Gründung solcher Mauern im Wasser wird seiner Zeit bei den *„Fundirungen“* das Nöthige gesagt werden; hier sei nur bemerkt, dass ein Fundamentsabsatz an der vorderen Seite allein angebracht wird, während an der Rückseite die Mauer sich in ein und derselben Flucht befindet.

Die obere Stärke einer Futtermauer darf nicht zu gering sein und muss immer so angenommen werden, dass durch das zwischen der Mauer und der Hinterfüllungserde sich einziehende Wasser, welches ein Aufquillen (besonders bei thonigem Boden) veranlasst, oder hier selbst gefriert und sein Volumen vergrössert, ein Herausdrängen des oberen Mauerkörpers nicht möglich werde. — Die geringste obere Stärke wäre 2 Fuss 6 Zoll.

Durch Anbringung von Strebepfeilern wird im Vergleiche zu den gewöhnlichen Mauern bei gleicher Stabilität weniger Material erfordert, indem durch die Reibung, welche die Erde an den Seitenflächen erfährt, der Druck auf den dazwischen liegenden Mauertheil wesentlich vermindert wird. Dieser Vortheil tritt aber nur dann ein, wenn die Strebepfeiler mit dem eigentlichen Mauerkörper gut vereinigt sind; es haben demnach trapezförmige Strebepfeiler den Vorzug vor den rechtwinkligen, indem bei ihnen die Wurzel eine grössere Breite erhält, und somit auch eine bessere Verbindung mit der Mauer stattfindet.

Gewöhnlich werden diese Strebepfeiler an der innern, gegen die Erde gewendeten Seite der Mauer angeordnet, und sind von Mitte zu Mitte drei Klafter von einander entfernt.

Nachstehende Tabellen enthalten die Ausmasse solcher Futtermauern nach Belidor's und Rondolet's Angaben, erstere mit trapezartigen, letztere mit rechtwinkligen Contreforts.

Belidor's Tabelle

für Futtermauern mit trapezartigen Strebepfeilern, Taf. III, Fig. 28 a und b.

h	Obere Mauerdicke b, wenn				Ausmasse der Strebepfeiler, wenn e = 18′ ist		
	$c = \frac{h}{5}$	$c = \frac{h}{6}$	$c = \frac{h}{8}$	$c = \frac{h}{10}$	d	f	g
10′	b = 1′ — 3″	b = 1′ — 6″	b = 1′ —11″	b = 2′ — 1″	4′ — 0″	3′ — 0″	2′ — 0″
15	„ = 1 —10	„ = 2 — 3	„ = 2 —10	„ = 3 — 2	5 — 0	3 — 6	2 — 4
20	„ = 2 — 4	„ = 2 —11	„ = 3 — 8	„ = 4 — 2	6 — 0	4 — 0	2 — 8
25	„ = 2 —11	„ = 3 — 6	„ = 4 — 5	„ = 5 — 0	7 — 0	4 — 6	3 — 0
30	„ = 3 — 4	„ = 4 — 3	„ = 5 — 4	„ = 5 —11	8 — 0	5 — 0	3 — 4
40	„ = 4 — 0	„ = 5 — 1	„ = 6 — 7	„ = 7 — 5	10 — 0	6 — 0	4 — 0
50	„ = 4 — 6	„ = 5 —11	„ = 7 — 8	„ = 8 —10	12 — 0	7 — 0	4 — 8
60	„ = 4 —10	„ = 6 — 7	„ = 8 — 8	„ =10 — 0	14 — 0	8 — 0	5 — 4
70	„ = 5 — 2	„ = 7 — 1	„ = 9 — 6	„ =11 — 0	16 — 0	9 — 0	6 — 0
80	„ = 5 — 3	„ = 7 — 5	„ = 9 —11	„ =11 —11	18 — 0	10 — 0	6 — 8
90	„ = 5 — 6	„ = 7 — 7	„ =10 — 4	„ =12 — 8	20 — 0	11 — 0	7 — 4
100	„ = 5 — 7	„ = 7 —10	„ =10 — 7	„ =13 — 1	22 — 0	12 — 0	8 — 0

Rondelet's Tabelle

für Futtermauern mit rechtwinkligen, Mitte von Mitte 18 Fuss von einander entfernten Strebepfeilern, Tafel III, Fig. 28 c. d.

h	wenn $c = \frac{h}{5}$ ist			wenn $c = \frac{h}{6}$ ist			wenn $c = \frac{h}{8}$ ist		
	b	d	g	b	d	g	b	d	g
10′ — 0″	2′ — 0″	—	—	2′ — 6″	—	—	3′ — 0″	—	—
15 — 0	2 — 3	—	—	2 — 9	—	—	3 — 3	—	—
20 — 0	2 — 6	—	—	3 — 0	—	—	3 — 6	0′ — 11″	3 — 6
25 — 0	2 — 9	1′ — 10″	2′ — 9″	3 — 3	2′ — 4″	3′ — 3″	3 — 9	3 — 6	3 — 9
30 — 0	3 — 0	3 — 5	3 — 0	3 — 6	4 — 2	3 — 6	4 — 0	5 — 6	4 — 0
40 — 0	3 — 6	6 — 0	3 — 6	4 — 0	7 — 2	4 — 0	4 — 6	8 — 11	4 — 6
50 — 0	4 — 0	7 — 11	4 — 0	4 — 6	9 — 7	4 — 6	5 — 0	11 — 9	5 — 0
60 — 0	4 — 6	9 — 6	4 — 6	5 — 0	11 — 7	5 — 0	5 — 6	14 — 2	5 — 6
70 — 0	5 — 0	10 — 10	5 — 0	5 — 6	13 — 3	5 — 6	6 — 0	16 — 4	6 — 0
80 — 0	5 — 6	12 — 0	5 — 6	6 — 0	14 — 9	6 — 0	6 — 6	18 — 3	6 — 6

Wäre H die Höhe einer beiderseits senkrechten Futtermauer ohne Strebepfeilern und ihre nach einer der Tabellen oder einer der angegebenen praktischen Regeln bestimmte Dicke = e, so kann man an die Stelle dieser Mauer eine mit Strebepfeilern versetzen, welche die gleiche Sicherheit gegen den Umsturz bieten muss, also: für die vordere Kante dasselbe statische Moment liefert, als die frühere Mauer. Diesem Grundsatz zufolge kann man:

1) bei gegebener Dicke der Mauer zwischen den Strebepfeilern und bei gegebener Breite und Entfernung der letzteren, — die Länge derselben;

2) bei gegebener Dicke der Mauer und gegebenen Dimensionen der Strebepfeiler, — deren Entfernung; und

3) bei gegebenen Dimensionen der Strebepfeiler und bei fixirter Entfernung derselben, — die Dicke der Mauer bestimmen.

Der Vorgang ist hiebei folgender: e, sei die Dicke der mit Strebepfeilern versehenen Futtermauer, Tafel IV, Fig. 29 a und b, H ihre Höhe, B die Breite der Strebepfeiler, E ihre lichte Entfernung, x die zu suchende Länge derselben und p das Gewicht eines Kubikfusses Mauerwerk; so wäre das Moment M dieser Mauer ohne Strebepfeiler für die vordere Kante, nämlich

$$M = (B + E)\, H\, \frac{e^2}{2}\, p.$$

Das Moment M, der Zwischenmauer

$$M_{,} = E H \frac{e_{,}^2}{2}\, p.$$

Das Moment $M_{,,}$ des Strebepfeilers

$$M_{,,} = \frac{B\,(e_{,} + x)^2}{2}\, H p.$$

Soll nun die Mauer mit Strebepfeilern dieselbe Sicherheit gegen den Umsturz bieten wie die erste Mauer ohne Strebepfeilern, so wird dieses nahezu erreicht, wenn:

$$M = M_{,} + M_{,,} \text{ ist,}$$

folglich

$$(B + E)\, H\, \frac{e^2}{2}\, p = E H \frac{e_{,}^2}{2}\, p + \frac{B\,(e_{,} + x)^2}{2}\, H p$$

$$(e_{,} + x)^2 = \frac{B + E}{B}\, e^2 - \frac{E}{B}\, e_{,}^2$$

$$\text{und } x = -e_{,} + \sqrt{\left(\frac{B + E}{B}\right) e^2 - \frac{E}{B}\, e_{,}^2}$$

Man hat auch schon Futtermauern gebaut, bei welchen die Strebepfeiler den ganzen Erddruck auszuhalten haben, indem man die Theile der Mauer, welche zwischen den Strebepfeilern liegen, als flache Gewölbe ausführte, deren Widerlager die Pfeiler darstellen. — Solche Mauern erfordern zwar wenig Material aber viel Arbeit, auch können sie nicht in jeder Localität Anwendung finden, weil die Strebepfeiler auf der vorderen Seite der Mauer stehen müssen.

Eine andere Anordnung wählte Gauthey bei Erbauung seiner Kaimauer zu Chalons an der Saone; sie ist Taf. IV, Fig. 30 a und b in der rückwärtigen Ansicht und im Querprofile dargestellt. — Es sind nämlich zwischen je zwei Pfeilern drei Bögen übereinander eingespannt, welche durch die Hinter-

füllungserde belastet werden. — Gauthey erwähnt, dass er hiebei mehr als ein Drittel der Mauermasse erspart habe.

Taf. IV, Fig. 31 zeigt das Profil der Kaimauer in der Verbindungsdocke und Fig. 32 das der Kaimauer der Humbertsdocke, beide zu Hull.

Bei rückwärts überhängenden Futtermauern, welche von den Strebepfeilern gestützt werden, kann die Besorgniss entstehen, dass der inzwischen liegende Theil der Mauer sich rückwärts senken möchte; bei Einfassung der Georgsdocke zu Liverpool hat man in dieser Beziehung ein horizontales Gewölbe von einem Strebepfeiler zum andern gespannt.

Bohlwerke.

§. 27.

Bohlwerke sind Holzwände, welche den gleichen Zweck wie Ufer- und Kaimauern haben; sie kommen sehr häufig vor, werden dessenungeachtet nur als Nothbehelfe angesehen, zu denen man seine Zuflucht genommen hat, weil die Kosten für massive Ufermauern zu bedeutend waren. Bohlwerke bilden nicht nur das Ufer eines Stromes oder Sees, sondern begrenzen manchmal auch ein höheres Terrain gegen ein niedriger liegendes.

Im Vergleiche zwischen massiven und hölzernen Uferverkleidungen haben Bohlwerke mehrfache Vor- und Nachtheile. Zu den Vortheilen gehören, dass sie (besonders bei niedrigen Holzpreisen) bedeutend weniger Kosten verursachen, zumal wenn vor der Wand eine grössere Wassertiefe und eine starke Strömung stattfindet; ferner, dass ihre Ausführung leichter und viel schneller bewerkstelliget werden kann, indem hiebei die bei einem Massivbau zu bewirkende, so schwierige Fundirung im Wasser, gar nicht zu berücksichtigen ist, und endlich, dass sich Bohlwerke zum Anlegen der Schiffe viel besser als Kaimauern eignen, indem bei einigem Wellenschlag ein Schiff gar nicht an einer Mauer liegen kann, ohne den grössten Beschädigungen durch das Reiben und Stossen ausgesetzt zu werden. Aus diesem Grunde versieht man in den englischen Docks die Kaimauern allgemein mit angebolzten hölzernen Ständern, woran sich die Schiffe lehnen.

Die Nachtheile hingegen sind, dass sie eine kurze Dauer haben, und im günstigsten Falle von 20 Jahren; dass bei jeder Reparatur die hinter der Wand liegende Strasse aufgegeben werden muss, und sich an derselben schon bei neu eintretenden Beschädigungen des Bohlwerkes Einsenkungen zeigen, so dass die Erhaltung eines guten Steinpflasters oder eines Trottoirs sehr schwierig und kostspielig wird; endlich, dass die dahinter liegenden Gebäude, besonders wenn dieselben mehrere Stockwerke hoch und massiv aufgeführt sind, durch die oft wiederkehrenden Reparaturen der Bohlwerke, in Folge der Erschütterungen bei den Rammarbeiten, sehr leiden können und dieses um so mehr, als gerade in dieser Zeit die dazwischen liegende Erdmasse nicht gehörig gestützt ist.

Als Begrenzung für ein höheres gegen ein niedriger liegendes Gelände, haben statt der Futtermauern die Bohlwerke hauptsächlich den Nachtheil, dass sie eine viel geringere Dauer zeigen und häufige Reparaturen erfordern. Die Ausführung der Mauern ist in diesem Falle leichter als die der Bohlwerke, weil die Fundirung der Mauer keine Schwierigkeiten darbietet, wesshalb man zu diesem Zwecke nie Bohlwerke wählen soll.

Bei den Bohlwerken, welche an den Ufern der Flüsse und anderer Wasserflächen aufgeführt werden, unterscheidet man folgende Haupttheile: *die Bohlwerkspfähle, die Holme, die Verschalung* oder *die Bohlenwand, die Spundwand, die Erdanker* und *Ankerpfähle.*

Die *Bohlwerkspfähle* sind am meisten der Fäulniss ausgesetzt, wenn sie nicht etwa unter Wasser abgeschnitten sind. Man muss daher eine Holzart wählen, welche einigermassen der Abwechslung von Nässe und Trockenheit widersteht; am besten eignet sich für kleinere Pfähle Eichenholz, für Pfähle von bedeutender Länge aber das Kieferholz. Die Tiefe, auf welche die Bohlwerkspfähle eingerammt werden, hängt von der Beschaffenheit des Bodens ab.

Da diese Pfähle keineswegs so stark belastet werden, wie bei einem Roste, sondern nur dem Seitendrucke der Erde zu widerstehen haben, so genügt es, wenn sie in weniger festem Grunde auf ihre halbe Länge eingerammt werden; bei festem Grunde oder bei einer starken Verankerung ist indessen auch eine weniger tiefe Einrammung hinlänglich, wogegen sie im lockeren Grunde aber noch tiefer eingerammt werden müssen.

Die *Stärke der Pfähle* wird wenigstens zum Theile durch den Seitendruck der Erde bedingt, dem sie widerstehen sollen. Der Pfahlquerschnitt muss jedoch eine gewisse Vergrösserung erhalten, weil derselbe durch die Fäulniss von Jahr zu Jahr kleiner wird. Man bestimmt gewöhnlich den Durchmesser der Pfähle — einer praktischen Regel gemäss — nach ihrer Länge, indem man ihm $\frac{1}{14}$, $\frac{1}{18}$, $\frac{1}{22}$, $\frac{1}{26}$ oder $\frac{1}{30}$

der Länge gibt, je nachdem dieselbe 12, 18, 24, 30 oder 36 Fuss beträgt.

Manchmal werden, um dem Bohlwerke ein recht regelmässiges Aeussere zu geben, die oberen sichtbar bleibenden Theile vierkantig beschlagen, da diese Arbeit jedoch immer vor dem Einrammen geschehen muss und durch letzteres die Piloten sich leicht drehen, so würde hiedurch der Regelmässigkeit nicht entsprochen werden. Dieses Verfahren ist demnach keineswegs empfehlenswerth, und es dürfte wohl eine aufgesetzte Wand vorzuziehen sein, wenn es sich um eine besondere Regelmässigkeit handelt.

Die *Entfernung* der einzelnen Pfähle von einander richtet sich nach der Stärke der Bohlen, die man zur Verschalung wählt; letztere sind gewöhnlich 3 bis 4 Zoll stark, und alsdann werden die Pfähle ziemlich allgemein in einem Abstande von 4 Fuss von Mitte zu Mitte eingerammt. — Man gibt ihnen auch gewöhnlich eine Neigung, damit sie dem Erddrucke um so besser Widerstand leisten können.

Um die Bohlwerkspfähle *unter einander zu verbinden* und das Ausweichen eines einzelnen zu verhindern, versieht man sie gewöhnlich mit einem *Holme (Kappenschweller)*, worin sie verzapft und mit Holznägeln befestiget werden. Diese Verbindung ist jedoch keineswegs als besonders fest anzusehen und man muss in allen Fällen, wo ein Herabwerfen des Holmes durch Anstossen der Schiffe zu besorgen ist, denselben noch durch eiserne Bänder zu befestigen suchen. Da wo zwei Holme zusammenstossen, geschieht dieses durch den Stoss, und zwar durch das *schräge Hackenblatt* oder durch *den Stoss mit Eisenschienen* und Klammern. Die Figur 33 a und b zeigt ein niederes Bohlwerk mit gestossenem Holme.

Eine noch bessere Verbindung der Pfähle unter einander zeigt Taf. IV, Fig. 34 a und b. Man hat diese Verbindung häufig bei kleineren Bohlwerken in Holland; statt des Holmes werden zwei Zangen angebracht, welche die Bohlwerkspfähle umfassen und deren Verbindung mit Schraubenbolzen eine weit grössere Sicherheit der ganzen Wand gewährt.

Damit der Holm die Pfahlköpfe vor dem Eindringen des Regenwassers sichere, darf der Zapfen nicht ganz durch denselben reichen. Um das Ansammeln des Regenwassers auf dem Holme zu vermeiden, wird seine Oberfläche nach beiden Seiten abgefasst, so dass sich in der Mitte ein schmaler Rücken oder eine Kante bildet.

Gegen die Pfahlwand lehnt sich die *Verschalung;* sie besteht aus drei- oder vierzölligen Bohlen, die horizontal über einander liegen und mittelst eiserner Nägel gegen die Pfähle befestiget sind. Zu diesem Zwecke müssen die Pfähle jedenfalls an der inneren Seite nach der Schnur beschlagen werden, so dass sie in eine Ebene fallen. Die Stösse der Bohlen müssen jedesmal die Mitte eines Pfahles treffen, und es dürfen nicht mehrere Stösse über einander vorkommen.

Die Bohlwand ist derjenige Theil des Bohlwerkes, der am frühesten einer Reparatur bedarf, besonders zeigen diejenigen Gänge, die etwas über den gewöhnlichen Sommerwasserstand treffen, sehr bald Spuren der Fäulniss. An den untersten der Nässe und Trockenheit ausgesetzten Bohlen ist die Reparatur am schwierigsten auszuführen; man verstärkt dieselben desshalb gerne, und macht diese Theile 6zöllig oder auch noch stärker.

Bei geringerer Wassertiefe und unbedeutender Strömung besteht die Bohlenwand aus horizontal über einander liegenden Bohlen, die man horizontal herabschiebt und befestiget; bei einer Tiefe, die mehrere Fuss beträgt, würde dies jedoch in solcher Weise nicht mehr möglich sein. Man verbindet daher die einzelnen Bohlen vorher mittelst aufgenagelter Leisten zu Tafeln, welche die Höhe bis zum kleinsten Wasser haben, und die fachweise eingesetzt werden. Jedenfalls muss aber an der inneren Seite der Pfahlwand ein Graben so tief ausgebaggert werden, als möglicher Weise die Auskolkungen neben dem Bohlwerke tief werden könnten. Sind dann die Tafeln eingesetzt, so füllt man den Graben von beiden Seiten der Bohlwand wieder aus, und führt den ausser Wasser befindlichen Theil derselben in der beschriebenen Weise bis zur vollen Höhe auf. Taf. IV, Fig. 33 a sieht man diese Anordnung.

Bei grösserer Wassertiefe vor dem Bohlwerke, so wie auch bei heftiger Strömung, wird (Taf. V, Fig. 35 a und b) bis in die Höhe des kleinsten Wassers eine ordentliche Spundwand, deren Bürsten mit einer Nuth und Feder versehen sind, eingerammt, und der obere Theil der Bohlenwand wie früher hergestellt.

Zur *Hinterfüllung* der Bohlwerke eignet sich am besten eine feste Thonerde oder ein gut bindender Lehm; auch reiner Kiessand, mit Thon vermengt, ist nicht unzweckmässig. — Dagegen sind Erdarten, welche vegetabilische und animalische Stoffe enthalten, sehr nachtheilig. Wo sie mit der Wand in Berührung kommen, bildet sich leicht der Holzschwamm aus, welcher alsdann die Zerstörung alles Holzes, sofern es über dem Wasser liegt, ausserordentlich beschleuniget.

Ist das Bohlwerk einem heftigen Wellenschlage ausgesetzt, so werden auf eine gewisse Höhe, statt der Hinterfüllungserde, eine Anzahl von Kies, Faschinen eingeworfen; oder es wird auch eine regelmässige Verpackung von Steinen angewendet, welch' letztere jedoch mit einer dichten Bohlwand überdeckt wird, worauf erst die gewöhnliche Hinterfüllungserde zu liegen kommt.

Taf. V, Fig. 36 zeigt ein in Dünkirchen ausgeführtes Bohlwerk, wobei Faschinen in Anwendung kamen. Hinter der Bohlenverkleidung befindet sich eine bis nach oben reichende Lettenwand von 2 Meter Stärke, welche den Vortheil bietet, dass sich keine grösseren Hohlräume im Innern der Wand gestalten, indem die Strömung durch die horizontalen Fugen den Letten weniger angreift, wie jede andere Erdart.

Man sollte in allen Fällen bei der Anlage von Bohlwerken, wo zur Hinterfüllung nicht hinreichend gutes Material vorhanden ist, hinter die Bohlenwand eine Lettenwand bringen, deren Stärke jedoch mindestens 1½ bis 2 Fuss betragen muss.

Wenn die Bohlwerkspfähle auf 8 Fuss und darüber frei stehen, oder wenn der Boden, in welchen sie eingerammt sind, besonders lose ist, so können sie leicht durch den Druck der Hinterfüllungserde herausgedrängt oder vorgebogen werden, und sind alsdann durch *Erdanker* Taf. V, Fig. 35 a und b festzuhalten. Diese Erdanker werden durch eigene Ankerpfähle festgehalten, welche aber in dem gewachsenen Boden unter der natürlichen Böschung feststecken müssen.

Die Höhe, in welcher die Verankerung angebracht werden muss, hängt von verschiedenen Umständen ab. Der Zug an dem Erdanker ist offenbar um so geringer, je höher derselbe den Bohlwerkspfahl fasst, und hiernach wäre es vortheilhaft, ihn möglichst hoch zu legen, doch so, dass er immer noch mit Erde überdeckt bleibt, weil der Erdanker, wenn er sich oben auf der Oberfläche der Anschüttung befinden würde, der Communication hinderlich wäre. — Andererseits ist es aber auch der Erhaltung des Holzes wegen vortheilhaft, den Ankerbalken unter das niedrigste Wasser oder wenigstens in das nasse Erdreich so tief herabzusetzen, dass er immer befeuchtet bleibt, wie dies bei dem auf Taf. V, Fig. 37 a und b dargestellten Bohlwerke des Pillauer Hafens der Fall ist. — Diese letztere Rücksicht ist mit wenig Ausnahmen die massgebende; denn sobald die Ankerbalken selbst zu faulen anfangen, hört die ganze Wirksamkeit der Verankerung auf, die Wand gibt dem Erddrucke nach und nimmt eine nach vorne geneigte Stellung an. Es ist somit die Höhe der Verankerung hauptsächlich von dem Stande des Niederwassers abhängig, und man wird nur in solchen Fällen, wo dieses zu meiden ist, die erstere Rücksicht, wornach der Anker möglichst hoch liegen soll, vorwalten lassen. — Erreicht das Bohlwerk eine Höhe von 15 bis 18 Fuss, so werden zwei Erdanker angebracht, der eine möglichst gleich über dem Niederwasser, der andere möglichst hoch, wie die Figuren 36, 38 a und b, so wie 39 a und b auf Tafel V zeigen.

Zu Erdankern, Ankerpfählen und zu den die Erdanker an den Ankerpfählen festhaltenden Riegeln kann man krumm gewachsenes, jedoch gesundes Holz benützen; es ist aber ganz unzulässig, hievon Stücke über den Span zu schneiden, indem dann nicht alle Fasern durch die ganze Länge des Holzes hindurch gingen.

Die Befestigung der Ankerbalken ist verschieden; die Figuren 35, 36, 38, 39 auf Taf. V und 40 auf Taf. VI geben hievon verschiedene Arten an. Der Anker fasst entweder einen einzelnen Bohlwerkspfahl oder einen Balken, der als Zange vor allen Pfählen vorbeigeht und an jeden einzelnen angebolzt ist, oder er fasst beide Hölzer zugleich, was wohl das Beste sein dürfte.

Auch die Befestigungen der Ankerbalken an die Ankerpfähle sind aus der Zeichnung ersichtlich.

Die Theile der Bohlwerkspfähle, welche über dem niedersten Wasser herausstehen, werden wegen des immerwährenden Wechsels von Nässe und Trockenheit am ersten von der Fäulniss angegriffen, also auch bald ganz unbrauchbar, und müssen, obschon der unter dem kleinsten Wasser befindliche Theil dieser Pfähle noch gesund und wohlerhalten sein wird, durch neue Pfähle ersetzt werden. Es geht hiedurch eine grosse Quantität brauchbaren Holzes verloren; desshalb pflegt man häufig, besonders in Holland, die Bohlwerkspfähle unter dem kleinsten Wasser abzuschneiden, eine Art von *Unterbau* zu *bilden* und die *eigentliche Wand auf diesen aufzusetzen*, welche man, ohne den Unterbau zu stören, leicht wegnehmen kann. Die Fig. 40 a und b, Taf. VI, welche ein solches in Utrecht ausgeführte Bohlwerk darstellt, zeigt eine Construction dieser Art, welche sehr zweckmässig erscheint, indem schadhaft gewordene Theile der Wand leicht durch neue ersetzt werden können, und das immer unter Wasser befindliche, folglich auch immer gut erhaltene Holzwerk nicht, wie früher, eingebüsst wird. — Solche aufgesetzte Bohlwerke müssen selbst bei einer geringen Höhe Erdanker haben.

In Gegenden, wo die Holzpreise nieder sind, pflegt man Bohlwerke, die keine grosse Höhe haben, nur aus über einander gelegten Balken aufzuführen, welche ohne eigentliche Bohlwerkspfähle allein durch zahlreiche Anker gehalten werden. In manchen Gegenden nennt man sie *Uferarchen*. Taf. VI, Fig. 41 a und b zeigt ihre Construction; der unterste Balken der Wand ist auf eine oft sehr unregelmässig eingerammte Pfahlreihe verzapft und mit hölzernen Nägeln befestiget; auf denselben liegen die andern stumpfgestossenen Balken über einander, welche mit Bolzen und Diebeln zu einer Wand verbunden sind. Die Erdanker, welche mit ihren Köpfen schwalbenschwanzförmig zwischen die Balken greifen, sind rückwärts auf einen gemeinschaftlichen, durch eingerammte Pfähle gehaltenen Riegel aufgekämmt. Der Abstand der Anker beträgt 9 bis 12 Fuss.

Bildet ein solcher Bau den Ankerplatz für Schiffe, so pflegt man noch in Abständen von 12 Fuss einzelne schräge Kopfpfähle davor einzuschlagen, um hiedurch die Wand vor den Stössen der Schiffe und Eisblöcke zu schützen. — Dergleichen Kopfpfähle werden auch bei den früher beschriebenen Bohlwerken angewendet.

Was nun die Construction derjenigen Bohlwerke betrifft, welche statt einer Futtermauer ein höheres Terrain gegen ein tiefer liegendes begrenzen, so können zwei Fälle eintreten: entweder ist vor dem Bohlwerk ein freier Raum zur Construction vorhanden, oder es ist dies nicht der Fall. Im ersten Falle werden die Bohlwerkspfähle gegen Streben gestützt, wie Taf. VI, Fig. 42 a und b andeutet; im letzteren werden die einzelnen Bohlwerkspfähle durch Erdanker und durchlaufende Zangen oder durch Zugstreben gehalten, wie dies aus der Fig. 43 a und b, Taf. VI ersichtlich ist.

Ausser den bisher beschriebenen hölzernen Bohlwerken hat man in England, wo die Eisenpreise geringer sind, *eiserne in Ausführung gebracht.* Taf. VI, Fig. 44 a, b und c zeigen das eiserne Bohlwerk, welches von Walter und Burges in dem ostindischen Docke bei Blackwall in der Nähe von London erbaut wurde. Eine Reihe von hölzernen Pfählen mit davor angeschraubten Zangen bildet die Lehre, gegen welche die gusseisernen Bohlwerks- und Spundwandpfähle eingerammt wurden. Die Bohlwerkspfähle stehen im Abstande von 7 ½ Fuss von einander und haben den in Fig. 44 c bezeichneten Querschnitt. Zwischen je zweien befinden sich fünf Spundpfähle mit dem in derselben Figur ersichtlichen Querschnitt. In den Kopf der Bohlwerkspfähle greift mittelst eines Zapfens eine Verlängerung derselben ein, wodurch sie bis zur Uferhöhe fortgesetzt werden. Drei eiserne Zuganker führen von jedem Bohlwerkspfahle nach einem dahinter eingerammten hölzernen Ankerpfahle, und sind hier mit Schraubenmuttern befestiget. Der Zwischenraum zwischen je zwei Bohlwerkspfählen über der Spundwand ist durch gusseiserne Platten geschlossen, welche desshalb, wie Fig. 44 b zeigt, die Spundwand übergreifen und sich zugleich gegenseitig durch vorstehende Ränder überdecken. Die oberen Platten sind hin und wieder mit grossen Ringen zum Befestigen der Schiffe versehen; diese Ringe werden indess durch besondere Zuganker gehalten, und wo sie vorkommen, ist die betreffende Platte in ihrer vorderen Fläche nicht eben, sondern vertieft gegossen, damit die Ringe nicht vor die Fläche des Bohlwerkes vortreten. Der Raum hinter der Wand ist bei diesem beschriebenen Bohlwerke mit Béton ausgegossen, wodurch sich eigentlich eine massive Mauer bildet, für welche die oben besagte Construction nur als Verkleidung dient. Auf dem Béton sind die Deckplatten und die Steine mit den Wasserrinnen versetzt.

Genau dieselbe Construction wurde später bei der Werftmauer zu Deptfort angewendet. Hier sind die Zuganker wegen ihrer grösseren Länge aus zwei Stücken in der Weise zusammengesetzt, wie es auf Taf. VI die Fig. 45 b zeigt. Dieselbe Fig. a gibt den Horizontaldurchschnitt des Bohlwerkes in seinem oberen Theile an, woraus sich die Anbringung der Verstärkungsrippen in den Platten und zugleich die Befestigung der Zuganker in den Bohlwerkspfählen ergibt.

Die Bohlwerke sind im Allgemeinen nur als provisorische Bauten zu betrachten, und werden gewöhnlich nur vor solchen Ufern erbaut, wo entweder das Anlegen der Schiffe oder der hohe Werth des Bodens die Herstellung flacher Böschungen verbietet; sie finden daher vorzugsweise Anwendung innerhalb der Städte oder an solchen Punkten, die für den Handel besonders wichtig sind. Auch in Gebirgsgegenden, wo die Holzpreise sehr nieder sind, kommt es vor, dass auf lange Strecken die Ufer mit Bohlwerken eingefasst werden, um sie dem Angriffe des Stromes zu entziehen.

Ufer-Dossirungen.

§. 28.

Sich selbst überlassene Ströme, deren Ufer schadhaft zu werden anfangen, haben mehr oder weniger

das in Taf. VII, Fig. 46 angedeutete Profil; sie werden bei i immer mehr benagt, und zwar um so mehr, je steiler das Ufer daselbst ist. Um dasselbe gegen fernere Beschädigungen zu sichern, muss man es flacher machen. Es sei a b die Normalbreite des Stromes und c d das kleinste Wasser. Man mache in sehr festem Erdreiche $gf = \frac{4af}{3}$, in festem $= \frac{3af}{2}$, in weniger festem aber $= 2af$, ziehe g a, und verlängere diese Linie abwärts bis zum niedrigsten Wasserspiegel c. Hier lasse man längs des ganzen Ufers eine Steinschüttung m c n von möglichst grossen Steinen machen. Die unvermeidlichen Zwischenräume derselben werden bald von dem Wasser mit Schlick und Sand ausgefüllt. Endlich fülle man den Raum a m c mit Steingerölle oder Erde aus, welche man aus dem Abstich des Ufers nach der Linie a g erhält, und bepflanze nach einer der später angegebenen Arten die ganze Böschung a g mit zarten Weidenstecklingen. Die Wurzeln derselben verzweigen und verfilzen sich mit der Zeit so sehr, dass die Böschung g c fortan unangefochten bleibt.

Hat man genügenden Vorrath an Steinen, so ist es empfehlenswerther, die ganze Böschung mit auf die hohe Kante gestellten und fest eingerammten Steinen zu pflastern.

Statt der Steinschüttung m c n kann man auch Senkfaschinen versenken, welche eine viel massivere Unterlage für die aufzuführende Anschüttung bilden.

An schiffbaren Flüssen ist es allerdings möglich, dass die scharfen Ecken der Steine der Steinschüttung m c n dem Boden und den Wänden der Schiffe gefährlich werden können, wenn der Stromstrich nahe am Ufer hinstreicht, oder wenn die Schiffe daselbst anlegen müssen, um geladen oder entladen zu werden.

Die sogenannten Uferbeschläge helfen diesem Uebelstande ab, indem bei denselben statt der Steinschüttung eine Pfahlwand unter dem niedersten Wasserspiegel die Fortsetzung des Ufers bis zur Sohle bildet. Da hiebei alles Holzwerk beständig unter Wasser ist, so hat es auch eine immerwährende Dauer.

Taf. VII, Fig. 47 a, b, c und d geben die Construction an; es werden 5 Zoll von einander entfernte Pfähle a, a, a, und zwischen ihnen 6 Zoll dicke Pflöcke eingeschlagen, deren Köpfe mindestens 3 Zoll unter dem niedrigsten Wasserspiegel abgesägt werden. — Die Dicke der Pfähle a, a, a hängt von ihrer Länge ab und wird nach der bei den Bohlwerken angegebenen praktischen Regel bestimmt. Alle 12 oder 15 Fuss legt man einen eben so starken Anker b ein, dessen aus der Pfahlwand herausragender Kopf so ausgeschnitten wird, wie es die Fig. 47 d zeigt. Auf diese hervorragenden Köpfe der Anker kämmt man eine möglichst lange und starke, vorne abgerundete Schwelle c 3 Zoll tief auf, die also 6 Zoll tief in die schwalbenschwanzartigen Kämme der Anker b versenkt und daselbst verkeilt wird. Rückwärts jedes Ankers schlägt man zwei kleinere Ankerpfähle ein, kämmt hinter ihnen einen kurzen Ankerriegel e 3 Zoll tief auf, füllt den Raum unmittelbar hinter der Pfahlwand mit Steinen, weiter rückwärts mit Gerölle oder Flussschotter aus und pflastert endlich noch die Böschung.

Haben die unmittelbar hinter die Pfahlwand zu legenden Steine mehr als 5 Zoll Durchmesser, oder schlägt man die Pfähle näher an einander, so können die kürzeren 6 Zoll dicken Pflöcke wegbleiben.

Die gepflasterte Böschung pflegt man bei schiffbaren Flüssen etwas steiler zu halten, damit die Schiffe näher anfahren können; doch darf das Verhältniss der Höhe zur Anlage 3 : 4 nicht überschreiten. Auch muss bei solchen Flüssen zur einstweiligen Hinterlegung der ausgeladenen Waaren die Anlage eines Ruheplatzes g f, der auch als Treppenweg benützt werden kann, und, um zu den Schiffen hinab gehen zu können, von Strecke zu Strecke eine Stiege h angeordnet werden.

Zum Anbinden der Schiffe dienen gewöhnlich 8 bis 12zöllige, 3 Fuss aus der Erde hervorragende eichene oder lärchene Säulen, die man von Strecke zu Strecke entsprechend tief eingraben lässt. — Manchmal bedient man sich hiezu alter Kanonenröhren, die mit der Mündung nach abwärts bis zu den Schildzapfen eingemauert werden, oder eingemauerter Steinblöcke, deren oberer Theil mit wenigstens 2½ Fuss Durchmesser cylindrisch abgearbeitet ist und 3 Fuss aus dem Boden hervorsteht.

Bemerkungen über die Uferdeckungen.

§. 29.

Ihr Zweck ist, wie schon erwähnt, die Ufer vor fernerem Abbruche zu schützen. Insoferne die concaven Strecken der Ufer immer der stärksten Strömung ausgesetzt sind, ist die Deckung derselben am schwierigsten, zugleich aber am nothwendigsten. Leichter ist die Erhaltung der geraden Ufer, weil die Wasserfäden sich hiebei parallel zum Ufer bewegen und nicht dagegen gestossen werden. Ist endlich das Ufer convex, so ist der Angriff des Wassers dort so gering, dass man gar nichts zur Sicherung

desselben zu thun braucht; es bilden sich im Gegentheile daselbst Anlandungen. Man ist oft gezwungen, der Zunahme derselben Einhalt zu thun und die Pflanzungen, welche sie befördern, zu zerstören. Es ergibt sich hieraus schon, dass die grössten Schwierigkeiten in der Erhaltung der Ufer vermieden werden, wenn man regelmässige Uferlinien einführt, welche von besonders scharfen Krümmungen frei sind.

Die Erhaltung eines bedrohten Ufers ist immer nicht leicht, und die Schwierigkeit vermehrt sich ausserordentlich, wenn dasselbe sehr steil ansteigt. Bei einer flachen Uferböschung erfolgen nämlich die Angriffe gegen die verschiedenen Punkte in demselben Profile nicht so unmittelbar, in einer der Vertikalen sich nähernden Linie über einander, und die Bewegungen des Wassers, die an einer solchen Böschung entstehen, können nicht so stark wie bei einem steilen Ufer eintreten, weil sie sich wegen der immer kleiner werdenden Geschwindigkeit gegenseitig schwächen; während dies bei einem mehr der vertikalen Lage sich nähernden Ufer nicht der Fall ist, und die mehr senkrecht über einander erfolgenden Angriffe viel bedeutender sind.

Es ergibt sich hieraus, dass senkrechte Ufereinfassungen, also hölzerne Bohlwerke, zur Deckung der Ufer weniger geeignet sind, als solche Constructionen, die man mit einer flachen Böschung versehen kann. — Der Erfolg bei den Bohlwerken ist fast jedesmal eine starke Vertiefung des Bettes vor der senkrechten Wand, und es stürzt, wenn der Bau nicht mit einer Spundwand versehen ist, das dahinter befindliche Ufer unter der Bohlenverkleidung ein, das Bohlwerk trennt sich vom Ufer, und die eingerammten Pfähle werden sicherlich bei dem nächsten Eisgange, oder bei der nächsten starken Anschwellung des Stromes ausgespühlt werden.

Die Bohlwerke müssen demnach sehr solid und mit aller nöthigen Vorsicht erbaut werden, damit die gleich nach der ersten Anlage eintretende Vertiefung nicht gleich deren Einsturz herbeiführe. Nur an denjenigen Stellen, wo das Anlegen der Schiffe ein steiles Ufer erfordert, oder der Werth des Bodens die Herstellung einer flachen Böschung verhindert, und man die Kosten zu einer massiven Ufermauer nicht erschwingen kann, ist die Erbauung eines Bohlwerkes gerechtfertiget.

IV. Abschnitt.

Einbaue.

Einleitung.

§. 30.

Die vorbeschriebenen Uferdeckungen haben auf eine Stromregulirung nur insoferne Einfluss, als sie die weiteren Beschädigungen der Ufer schützen, während die Einbaue die eigentliche Stromregulirung bewirken, indem sie als Zwangsmassregeln unmittelbaren Einfluss auf den Strom haben, und den Stromstrich zwingen, eine bestimmte Richtung anzunehmen.

Der Zweck der Stromregulirungen besteht, in Kürze gesagt, darin, das Bett und die Ufer so auszubilden und die Strömung so zu leiten und zusammenzuhalten, dass Verflächungen und sonstige Unordnungen aufhören, welche der Abführung des Wassers oder der Schifffahrt hinderlich sind oder Uferbrüche veranlassen. Man könnte ohne Zweifel durch künstliche Anlagen, als: Ufermauern, Bohlwerke u. s. w. unmittelbar solch' günstige Verhältnisse herbeiführen; aber sowohl die Kosten der ersten Anlage, als die der ferneren Unterhaltung würden dadurch übermässig gesteigert werden. — Weit zweckmässiger und sicherer ist es daher, den Strom zu veranlassen, dass er selbst zu diesem Zwecke mitwirke und sein Bett und Ufer in der Art ausbilde, wie man es wünscht. Er muss also abgebrochene und ausgewaschene Ufer und sonstige ähnliche Stellen wieder verlanden, und die Verflächungen und andere im Bette befindlichen Hindernisse selbst wegräumen. Hiezu muss man ihm die Anleitung geben: nämlich an denjenigen Stellen, an welchen er Land bilden soll, muss er entsprechenden Zugang finden und seine Geschwindigkeit muss hier allmählig vermindert werden, während an jenen Stellen, wo er Verflächungen, Inseln u. s. w. wegräumen soll, seine Geschwindigkeit vermehrt werden muss, d. i. der Stromstrich muss zu jenen Stellen hingeleitet werden. Dieses zu bewirken ist der Zweck der Einbaue. Es gehört jedoch dazu eine genaue Kenntniss der Wirkung der verschiedenen Bauten, die man ausführen kann, um Vertiefung, Abbruch oder Verlandung zu erzeugen.

Diese ganze Klasse der vom Ufer in den Strom unter dem Namen Einbaue vortretenden Werke lassen sich in Hauptwerke und in Neben- oder Unterstützungswerke abtheilen.

Die Hauptwerke üben den eigentlichen Einfluss auf den Strom aus und müssen hinreichende Stärke haben, um seinem vollen Angriffe Widerstand zu leisten; es sind Buhnen (Krippen, Schlachten) d. h. Werke, welche vom Ufer aus unter einem gewissen Winkel gegen den Stromstrich, und Parallelwerke (Richtwerke) d. h. Werke, welche vom Ufer aus bei einer beabsichtigten Beschränkung des Bettes parallel mit dem Stromstriche in den Strom eingebaut werden.

Die Neben- oder Unterstützungswerke haben einen secundären Zweck und zwar den, das Wasser an den Stellen, wo sich Anlandungen bilden sollen, noch mehr zur Ruhe kommen zu lassen. Sie üben ihren Einfluss fast immer nur unter dem Schutze der Hauptwerke aus und brauchen demnach viel leichter als diese erbaut zu werden. Man nennt sie nach ihrer Constructionsart Schlickfänge, Traversen, Schlickzäune u. s. w.

Von den Buhnen.

Wirkung der Buhnen.

§. 31.

Bevor man die Buhnen erklärt, ist es nothwendig, die verschiedenen Benennungen der Theile derselben kennen zu lernen: a b c d, Taf. VII, Fig. 48,

ist die *Krone der Buhne*, b a g h ihr *Kopf*, h g der *Fuss des Kopfes*, a d f g die *vordere*, c b h i die *rückwärtige Dossirung*, der Winkel a d m der *obere*, der Winkel b c n der *untere Schulterwinkel*, der Raum vor diesen Winkeln der *obere* und der *untere Schulterraum*, die Fläche h f g i ist die *Sohle* und endlich der Körper p o s r l k c d ist die *Einwurzlung der Buhne*.

Die Buhne sperrt einen Theil des Profils ab, und es müssen daher die sämmtlichen Wasserfäden, welche früher durch diesen abgesperrten Theil abflossen, durch den nun überbleibenden Theil des Profils hindurchgehen. Hieraus ergibt sich augenscheinlich, da dieselbe Wasserquantität abfliessen muss, für den nun kleineren offen bleibenden Theil des Profils eine vermehrte Geschwindigkeit, und sonach ein verstärkter Angriff gegen das Bett.

Jede in einen Strom eingebaute Buhne bewirkt wegen der Verengung des Profils unmittelbar vor derselben eine Aufstauung. Diese Aufstauung ist aber in dem Winkel oberhalb der Buhne am grössten, weil die Wasserfäden, welche früher, Taf. VII, Fig. 49, von a über b ungehindert nach d abflossen, in ihrem Laufe durch die Buhne aufgehalten werden; sie können nicht vorwärts, bleiben einen Moment stehen, häufen sich demnach vor der Buhne an, und werden endlich mit einer verstärkten Strömung von b nach c und dann weiter nach d abfliessen, weil die zwischen c und f durchströmenden Wasserfäden ungehindert weiter fliessen können, und von da an nach abwärts ein Ausgleich der Wasserfläche stattfindet, in Folge dessen die an der Oberfläche des Punktes c befindlichen Wasserfäden nicht unbedeutend tiefer liegen werden, als jene des Punktes b. Oft geschieht es sogar, dass Schiffe bei der Thalfahrt durch die beschriebene Strömung in den Winkel oberhalb der Buhne hineingezogen werden. Es ist demnach ganz klar und gewiss, dass am Kopfe c der Buhne, wegen des Zusammentreffens der Seiten- oder Uferströmung mit der des nicht abgelenkten Stromes, sich eine sehr starke und, wenn die Buhne im Verhältnisse zur Breite des Flusses ziemlich lang ist, und der Stromstrich sich in der Nähe des Kopfes der Buhne befand, die stärkste Strömung (die oft in einen förmlichen Wassersturz übergeht) bildet, d. h. es wird der Stromstrich am Kopfe des Werkes vorüberfliessen. Diese Erscheinung veranlasst Manche zu behaupten, dass die Buhnen den Stromstrich an sich ziehen.

Diese stärkere und oft nur zu heftige Strömung am Kopfe der Buhnen, welche in Folge des Niveau-Unterschiedes zwischen dem aufgestauten Ober- und dem Unterwasser, die Schifffahrt sehr erschwert und selbst gefährlich macht, ist Ursache, dass in unmittelbarer Nähe derselben eine bedeutende Auswaschung des Flussbettes stattfindet, welche selbst für das Werk gefahrbringend sein kann. Je flacher die Buhnen in die Sohle des Bettes auslaufen, desto weniger wird diese sich vor denselben vertiefen.

Abwärts der Buhne werden vermöge der Erweiterung des Profils die Wasserfäden c d, je nach Stellung der Buhne, früher oder später das Ufer treffen und jedenfalls schädlich auf dasselbe einwirken.

Es geht aus dem bisher über die Wirkung einer Buhne Gesagten hervor, dass einzelne Buhnen, besonders wenn sie stark vortreten, weit entfernt davon sind, eine Regulirung des Stromes zu erzielen, vielmehr die Unregelmässigkeiten desselben noch vergrössern. Anders verhält es sich jedoch bei mehreren hinter einander nach einem System angelegten Buhnen; denn wenn dieselben in einem entsprechenden Abstande einander folgen, können alle die vorbeschriebenen Wirkungen zum Vortheile einer beabsichtigten Rectification ausgebeutet werden. Es vertheilt sich das Gefälle, welches bei einer einzelnen Buhne die starke Strömung verursacht hat, auf eine längere Strecke, und man hat hiedurch das sichere Mittel, den Strom vom Ufer fern zu halten und ihn in denjenigen Theil des Bettes zu weisen, den man als eigentliches Strombett offen erhalten will. Jede vordere Buhne eines Buhnensystems gewährt einen merklichen Schutz der nächstfolgenden, jede rückwärtige tritt etwas vor, so dass keine einzige in ihrer ganzen Länge von einem besonderen heftigen Strome getroffen wird.

Die Entfernung der Buhnen muss hiebei aber richtig gewählt werden, und zwar hängt diese nicht allein von der Länge derselben ab, sondern sie muss noch durch bestimmte Beziehungen der örtlichen Wirkungen des Stromes zwischen je zwei Buhnen, und der Breite des Stromes ermittelt werden. Vorzüglich kommt es darauf an, dass die Buhnenköpfe, welche die Festpunkte für das neue Ufer bilden, so nahe an einander zu liegen kommen, dass keine nachtheilige Stromkrümmung dazwischen entstehen kann.

Man kann die Wirksamkeit der Buhnen, in Betreff der Bildung einer zusammenhängenden Rinne ausserordentlich verstärken, wenn man sie mit *Flügeln* versieht, wie es Taf. VII, Fig. 50 zeigt. Man ertheilt dadurch dem vorbeiströmenden Wasser eine bestimmte Richtung, die es in Folge seines Beharrungsvermögens auch fernerhin beibehält, und wodurch es veranlasst wird, auf eine grössere Länge

das Bett anzugreifen. Es bilden diese Flügel einen Uebergang zu den Parallelwerken.

Je höher der Wasserstand ist, desto gewaltiger ist die Wirkung der Buhne in der vorbeschriebenen Weise. — Eine Ausbildung der Ufer durch Buhnen tritt aber immer erst bei einem höheren Wasserstande ein, nämlich wenn das Wasser die Buhne überströmt. Die hohen Wässer führen erst die Anhögerungsstoffe mit sich. — Das schwere Gerölle, welches auf dem Grunde fortrollt, wird vom Wasser in die Zwischenräume der Buhnen getrieben und muss, da es die steile Dossirung derselben nicht heransteigen kann, in einer mit der Stromrinne parallelen Linie in der Nähe der Buhnenköpfe zwischen denselben liegen bleiben, wo man auch in der That die stärkste Ablagerung des schweren Geschiebes bemerkt. Die feineren Stoffe, die im Wasser schweben, werden über die Einbaue fortgetrieben und sinken zwischen ihnen nur insoweit zu Boden, als die eintretende Beruhigung des Wassers dieses gestattet. — Das überstürzende Wasser wirkt jedoch nachtheilig, wenn es das Ufer dicht unter dem Anschlusspunkte des Werkes trifft, wodurch Uferrisse veranlasst werden, und nicht selten der Anschluss der Buhne durchbrochen wird.

Auch die Krone der Buhnen ist vielfachen Angriffen ausgesetzt. Wird sie horizontal angelegt, so verstärkt sich bei einer zufälligerweise etwas vertieften Stelle der Angriff des Wassers, so oft dasselbe das Werk überströmt, und diese stärkere Strömung verstärkt auf's Neue den Angriff, wodurch das Werk Schaden leidet; es geschieht sogar, dass durch solcherweise eintretende Beschädigungen mit horizontaler Krone versehene Buhnen leicht durchbrochen werden, besonders wenn sie sehr lang sind und folglich ein starkes Gefälle erzeugen. Wenn dagegen die Krone ansteigt, so wird allerdings eine auf derselben vorkommende Senkung noch immer nachtheilig bleiben und eine verstärkte Strömung zur Folge haben; aber diese kann nie in gleichem Masse, wie bei horizontalen Kronen, schädlich werden, indem die Hauptströmung immer in die Nähe des Kopfes hingewiesen wird, wo die Tiefe des überstürzenden Wassers am grössten ist und wegen der geringen Niveaudifferenz zwischen Ober- und Unterwasser die wenigst schädliche Wirkung hervorbringt. Die Neigung der Krone ist nicht nur durch die Constructionsart des Werkes, sondern auch durch die Höhe der Ufer bedingt, indem die Buhne immer etwas niedriger bleiben muss, als die Ufer sind.

Bezüglich der Richtung der Buhnen gegen den Strom unterscheidet man: *stromabwärts geneigte* oder *declinante, stromaufwärts geneigte* oder *inclinante,* und *senkrechte Buhnen.*

Die Wirkungen dieser drei Gattungen Buhnen sind verschieden, und Hagen stellte in einem künstlichen Kanale Versuche an, um die Ablagerung und das Abtreiben des Sandes zu beobachten. Taf. VII, Fig. 51 stellt die Resultate dieser Versuche dar. Die punktirten Stellen bedeuten dabei die Ablagerung des Sandes und die schraffirten die Ausspülung desselben.

Bei den senkrechten mit a bezeichneten *Buhnen* verengt sich plötzlich das Profil, und ebenso erweitert sich plötzlich dasselbe. Da nun durch diese plötzliche Verengung die durch das breitere Profil ankommende Wassermasse auch abfliessen muss, so entsteht hier ein heftiges Drängen der Wassertheile nach dieser Verengung, und die Folge hievon ist, dass in dem vorderen Schulterwinkel eine heftige Strömung gegen den Kopf der Buhne verursacht wird, die daselbst keine Ablagerung gestattet. Die nun vor dem Kopfe der Buhne schneller abfliessende Wassermasse findet hinter derselben plötzlich das breitere Profil, und wird sich in demselben auch schnell ausbreiten, wodurch im unteren Schulterwinkel der Buhne starke Wirbel entstehen und hiedurch auch eine Ablagerung unmittelbar hinter dem Werke verhindert wird. Die plötzliche Verengung und Erweiterung des Profils verursacht auch, dass sich zwischen den Werken in der Nähe der Ufer eine gewisse Strömung bildet, welche Ursache ist, dass sich die Verlandung nicht an die Ufer anschliessen kann. Es können sich demnach die Ablagerungen bei den senkrechten Buhnen nicht an die Werke anschliessen, und eben so wenig geschieht dieses auch unmittelbar neben dem Ufer. — Die Auswaschungen des Bettes am Kopfe der senkrechten Buhnen sind mässig.

Bei den declinanten mit b bezeichneten *Buhnen* geschieht die Verengung des Profils allmählig, während die Erweiterung plötzlich eintritt; die Ablagerung schliesst sich demnach mehr der Vorderseite des Werkes und dem Ufer an, während im rückwärtigen Schulterwinkel durch die plötzliche Erweiterung des Profils und das Eindringen des Wassers in denselben, sich starke Wirbel und Gegenströme bilden, die hier durchaus kein Anschliessen der Ablagerungen an das Werk erlauben. Der Angriff des Bettes vor dem Kopfe dieser Buhne ist hier sehr stark, und am stärksten unter den drei Gattungen von Buhnen.

Endlich ist *bei den inclinanten Buhnen* c die

Verengung des Profils eine plötzliche und die Erweiterung eine allmählige; es werden sich daher in dem oberen Schulterraume Wirblungen bilden, die daselbst keine Ablagerungen gestatten, während im unteren Schulterraume durch die allmählige Erweiterung des Profils die Geschwindigkeit sich vermindert, und hier eine Ablagerung hart an dem Werke vor sich geht. Auch wird durch die allmählige Erweiterung des Profils eine lange Strecke hinter dem Werke und am Ufer die Geschwindigkeit gemässiget und demnach auch hier am Ufer eine Ablagerung in der Art erzeugt, wie es die Fig. 51 angibt. Die Auswaschungen des Bettes vor dem Kopfe der inclinanten Buhnen ist hier viel geringer, als bei den beiden vorhergehenden Richtungen der Buhnen.

Dieses über die Wirkungen der verschieden gerichteten Buhnen Gesagte, stimmt ganz genau mit den in der Fig. 51 angedeuteten Resultaten der Versuche Hagens überein.

Die stromabwärts geneigten Buhnen bilden den Uebergang zu den Parallelwerken; sie leiten den Strom nach einer bestimmten Richtung ab und werden, da sie die stärkste Auswaschung des Bettes vor dem Kopfe bewirken, dort angewendet, wo es sich darum handelt, Terrain wegzuräumen; dagegen darf auf Ausbildung der Ufer und Verlandung zwischen ihnen, da dies nur langsam und unregelmässig vor sich geht, ohne Anwendung von Nebenwerken nicht zu viel gerechnet werden. Sie erzeugen in der vorerwähnten Beziehung beinahe einen augenblicklichen Erfolg, d. h. eine vertiefte Rinne, sind für die Schifffahrt nicht gefährlich und aus diesen Ursachen bei den Schiffern sehr beliebt. — Sie haben jedoch einen wesentlichen Nachtheil, nämlich dass das überstürzende Wasser, welches normal gegen die Richtung des Werkes sich bewegt, das Ufer trifft und dieses stark angreift. Dieser Uebelstand ist so gross, dass der Bestand des Werkes hiedurch gefährdet ist, indem sich die Einwurzlung leicht vom Ufer trennen kann. Wiebeking hat, um denselben unschädlich zu machen, bei seinen declinanten Buhnen eigene Anschlusswerke, sogenannte Triangel hergestellt, die von ihrem Kopfe nach dem Ufer geführt wurden. Ein so abgeschlossenes Bassin wird sich jedoch schwer verlanden.

Sind die Buhnen stromaufwärts oder inclinant gerichtet, so ist die Bildung der Ufer sehr wirksam, und zwar wirksamer als bei beiden andern Richtungen, indem das überstürzende Wasser hier mehr zur Ruhe kommt. Diese Art Buhnen ist auch am leichtesten von allen zu erbauen. Für die Schifffahrt hingegen sind sie anfangs, so lange sie ihrem Zwecke nicht entsprochen haben, bedenklich, indem der Schiffer vorsichtig steuern muss, und oft ist es sogar nöthig, das Schiff durch Aussetzen von Scheerbäumen und durch Rudern, oder auf andere Weise von den Buhnenköpfen fernzuhalten. Sie werden vorzüglich dort angewendet, wo es sich um Schutz und Ausbildung der Ufer handelt.

Die Wirkungen senkrechter Buhnen fallen zwischen die der declinanten und inclinanten. Sie gewähren in Bezug auf Kosten der Anlage den Vortheil, dass sie für eine gegebene Entfernung des Kopfes vom Ufer die geringste Länge erfordern. Sie werden oft dann angewendet, wenn man über die der Buhne zu gebende Richtung im Zweifel ist.

Der Winkel, unter dem man überhaupt Buhnen neigt, hält zwischen 50 und 75 Graden, je nachdem der Fluss mehr oder weniger reissend ist. So legt man z. B. in scharfen Krümmungen an den concaven Ufern die Werke steiler, d. i. mehr dem rechten Winkel näher kommend, als in geraden Stromstrecken an. Dies geschieht theils wegen der Sicherheit der Schifffahrt, theils auch, weil das schwere Material schon beim Durchgange durch die Stromkrümmung die Neigung hat, sich dem concaven Ufer zu nähern. Vor den convexen Ufern, wo die Ursache zum Verlanden immer sehr gross ist, kann man ohne Nachtheil die Werke auch ganz senkrecht anlegen, wodurch sie bei gleicher Länge die meiste Wirkung hervorbringen.

Gattungen der Buhnen.

§. 32.

Es gibt nach dem Zwecke, den die Buhnen erfüllen sollen und demgemäss sie auch nach ihrer Richtung, Höhe u. s. w. entsprechend angelegt werden, verschiedene Gattungen derselben. Sie sind folgende: 1) Schutzbuhnen, 2) Treibbuhnen, 3) Fangbuhnen, 4) Schöpfbuhnen, 5) Trennungsbuhnen (Separationswerke), 6) Sperrbuhnen.

Die ersten drei Arten dieser Buhnen grenzen so nahe an einander, dass jede derselben zugleich auch die Stelle einer oder auch beider andern vertreten kann. Eine Schutz- und Treibbuhne ist immer auch eine Fangbuhne, die Treibbuhne oft eine Fang- und Schutzbuhne zugleich.

1) *Schutzbuhnen.* Ihr Zweck ist, ein bedrohtes oder wirklich im Abbruch liegendes Ufer zu bewahren. Sie dürfen nie die Normalbreite des Flusses schmälern, weil sonst das gegenüber liegende Ufer

in Abbruch geräth, und die Schutzbuhnen in Treibbuhnen verwandelt würden. Erfordert ihr Zweck zugleich, dass durch sie die überschrittene Normalbreite wieder hergestellt werde, so müssen ihre Köpfe in die neu zu bildenden Uferlinien, welche die Normalbreite des Flusses bestimmen, zu liegen kommen. Die Fig. 52, Tafel VIII zeigt die Anlage derselben, wenn das Ufer a f im Abbruche ist. Ihre Richtung ist immer inclinant. Die Höhe derselben ist, da sie keinen andern Zweck haben, als die Ufer zu schützen und auszubilden, mit 1 ½ bis 2 Fuss über dem Mittelwasser genügend.

Da in den meisten Fällen zum Schutze eines Ufers mehrere hinter einander liegende Buhnen erfordert werden, so ist es sehr nothwendig, die richtige Entfernung derselben von einander zu bestimmen. Man hat diese dadurch auszumitteln gesucht, dass man durch den Punkt, wo die erste oder vorherstehende Buhne das Ufer durchstosst, eine Tangente a b zur Flusskrümmung gezogen, und durch c d. i. durch den Kopf derselben die Parallele c d mit dieser Tangente geführt und den Punkt, wo diese das Ufer trifft, d. i. in d, als die Stelle für die nächste Buhne bestimmt hat. Diese Regel wäre nur für concave, aber nicht für geradlinige Ufer anwendbar, und es sind bei derselben die Eigenschaften des Stromes gar nicht berücksichtigt. Ein praktisches Mittel, die Entfernungen zu bestimmen, auf welches man grösstentheils vertraut, ist folgendes von Silberschlag angegebene: man wirft an der Spitze der zuerst erbauten Buhne einen schwimmenden Körper in den Fluss, beobachtet die Stelle, wo er unterhalb an das Ufer schwimmt, und dort erbaue man die nächste Buhne. Es ist hiebei der Natur des Stromes, das Ufer hinter dem Werke wieder zu erreichen, Rechnung getragen. Häufig nimmt man an, dass die Entfernung der Buhnen nur durch ihre Länge bedingt wird und man gibt an, dass jene nicht mehr als das Vier- bis Sechsfache von dieser betragen darf.

2) Treibbuhnen. Sandbänke, Inseln und Untiefen in den Flüssen sind von den schädlichsten Folgen. Der Fluss nimmt durch dieselben oft eine unregelmässige Richtung und beginnt dadurch nach einer Seite hin eine Krümmung zu bilden, deren Schädlichkeit allmählig wachsend immer mehr zunimmt, während sich auf der andern Seite eine Sandbank anlegt, die nach und nach erhöht ein neues festes Ufer bildet. — Es ist daher nothwendig, Untiefen, Sandbänke und Inseln zu entfernen, und dadurch den Lauf des Flusses zu verbessern; hiezu dienen die Treibbuhnen. — Es wird mit diesen Buhnen dem Flusse ein Theil seines Bettes, welches er einnimmt, entzogen und derselbe hiedurch gezwungen, sich das Bett auf Kosten der Gegenstände, die er entfernen muss und die als schädlich anerkannt werden, durch seine eigene Kraft zu erweitern.

Ehe man zur Bestimmung der Lage und Länge der Treibbuhnen schreitet, muss man genau die Normalbreite des Flusses kennen; denn nur dadurch, dass eine Buhne den Fluss auf diese, oder wenn der Fluss durch Vertiefung seines Bettes sich den nothwendigen Raum für seine Wassermasse verschafft, wohl auch auf eine noch geringere Breite beschränkt, kann sie wirksam und zu einer Treibbuhne werden.

Will man daher eine Insel oder Sandbank, mag diese im Flusse oder am Ufer liegen, entfernen, so ziehe man die beiden Uferlinien in einem Abstande von einander, welcher der Normalbreite des Flusses gleich ist, so dass die wegzutreibenden Gegenstände innerhalb dieser Linien fallen, und erbaue dann die Buhnen so weit in den Fluss hinein, dass sie diese Linien mit ihren Köpfen berühren. Der dadurch beschränkte Fluss wird die zwischen den neu bestimmten Uferlinien liegenden Gegenstände, um den ihm unentbehrlichen seiner Wassermasse entzogenen Raum wieder zu erlangen, bald aus dem Wege räumen. Die Fig. 53, Taf. VIII erklärt das Gesagte; die beiden Parallelen a c g und h i k bezeichnen die festgesetzten Uferlinien und schliessen die Sandbank und die Inseln, welche in der sie begrenzenden Normalbreite liegen, zwischen sich ein. Durch die Treibbuhnen m, m, m wird der Fluss aus den ausser jenen Linien liegenden Raum vertrieben und muss nun, um den ihm für seine Wassermasse entzogenen Raum wieder zu erwerben, Sandbank und Insel zerstören und wegtreiben. Die Wirkung kann man befördern, wenn man die Insel mit einem Graben durchschneidet oder die Oberfläche derselben auflockert und die darauf befindlichen Gebüsche ausrodet.

Wenn Treibbuhnen so lang werden, dass sie den Arm, der eine wegzutreibende Insel vom Lande trennt, ganz verschliessen würden, so darf man sie nicht auf einmal in ihrer ganzen Länge herstellen, sondern muss sie nur nach und nach in dem Masse, in welchem die Insel abbricht, verlängern; denn sonst würde der Strom auf dieser Seite ganz durchbrochen und hiedurch eine ganz andere Wirkung als die beabsichtigte veranlasst werden.

Die Entfernungen der Treibbuhnen von einander müssen kleiner sein, als die der Schutzbuhnen, weil sonst der Fluss in den zu grossen Zwischenräumen

sich ausdehnt und hiedurch an Kraft verliert. Man hat hiebei auch den Grad von Lockerheit oder Festigkeit der wegzutreibenden Gegenstände zu berücksichtigen. Diese Buhnen müssen, bis sie ihre Wirkung hervorgebracht haben, immer in gutem Zustande erhalten, und wenn sie sich gesenkt haben sollten, wieder erhöht werden. Die Wirkung der Treibbuhnen wird nur dann vollkommen bleibend sein, wenn der Raum zwischen ihnen zu trockenem Uferlande geworden ist; daher müssen sie zugleich auch Fang- oder Schutzbuhnen sein.

Bezüglich der Richtung dieser Buhnen gilt die Regel, dass man sie gewöhnlich inclinant macht, obwohl die declinanten die stärksten Auswaschungen des Bettes vor ihrem Kopfe erzeugen, wesshalb sie zu Vertiefungen des Bettes nicht unzweckmässig anzuwenden wären. Will man sie declinant machen, so ist es namentlich wenn sie sehr lange sind, zum Schutze der Einwurzlung und des unterhalb befindlichen Ufers sehr zweckmässig, ihnen anfänglich die senkrechte, dann erst die declinante Richtung zu geben.

Da Treibbuhnen nur bei Hochwasser am wirksamsten sein können, so müssen sie, wenn der Unterschied zwischen Hoch- und Mittelwasser nicht zu bedeutend ist und hiedurch nicht zu grosse Kosten entstehen, bis in die Höhe des Hochwassers erbaut werden; ist jedoch der Unterschied zwischen Hoch- und Mittelwasser bedeutend, so legt man sie in diesem Falle nur 4 bis 5 Fuss über das Mittelwasser.

3) Fangbuhnen. Sie haben den Zweck, das Ansetzen von Land zwischen sich zu bewirken und auf diese Weise dem Ufer Vorland zu verschaffen, oder auch dieses in der Folge in eigentliches höheres Uferland zu verwandeln. Die Schutz- und Treibbuhnen müssen dieses auch immer zugleich bewirken, sie sind daher auch Fangbuhnen.

Die Fangbuhnen müssen immer inclinant sein, weil sie in diesem Falle die grösste Verlandung bewirken. Bezüglich der Entfernung derselben sei gesagt, dass dergleichen von Pechmann ausgeführte 36 Fuss lange Buhnen in einem Abstande von 400 Fuss von einander an einem geraden Ufer in einem einzigen Sommer eine vollkommene Verlandung hervorgebracht haben, und zwar so regelmässig, dass Pechmann glaubt, sie würden in einem auch noch grösseren Abstande ihrem Zwecke entsprochen haben. Werden sie nicht sehr lang gebaut, so können dieselben, weil sie niedrig gehalten, sich verlanden sollen und nicht der Gewalt des Stromes ausgesetzt sind, auch schwach erbaut werden; es ist demnach besser, wenn man dergleichen sehr lange Buhnen bauen muss, sie anfänglich kurz herzustellen, und nach und nach in dem Masse, als die durch sie bewirkte Verlandung vorschreitet, zu verlängern, bis man sie endlich auf die bestimmte Länge bringt. Auf diese Weise nimmt man dem Flusse nur immer einen Raum ab, den er schnell genug und ganz verlanden kann, ohne darin zerstörende Wirbel hervorzubringen. Fangbuhnen verlanden sich um so schneller, je niedriger sie sind. Funk will ihre Krone sogar unter dem niedrigsten Wasserspiegel haben, während Pechmann und Hagen als das Zweckmässigste erachten, sie einen Fuss über das niedrigste Wasser zu legen, und wenn es nothwendig ist, nach und nach in dem Masse zu erhöhen, als die Höhe der Verlandung zunimmt.

4) Schöpfbuhnen sind Werke an den oberen Spitzen der Inseln, die durch ihre Richtung dem einen oder andern Arme die Hauptströmung zuweisen sollen, jedoch nicht selten, besonders wenn sie sehr schräge in den Strom geführt werden, gerade das Gegentheil von dem herbeiführen, was man durch ihre Anlage beabsichtigt. Dennoch werden sie häufig ausgeführt, und es ist desshalb eben so wichtig, sie in der richtigen Form anzuwenden, damit die Mündungen beider Stromarme regelmässige Begrenzungen erhalten. Tafel VIII, Fig. 54 zeigt die Anordnung. Die Schöpfbuhne hält das Wasser etwas zurück, staut dasselbe vor sich auf, wodurch das Gefälle im andern Arme vergrössert wird. Die Höhe dieser Buhnen ist die des Hochwassers.

Zum Schutze des denselben gegenüber liegenden Ufers wird es oft nothwendig werden, eine Schutzbuhne herzustellen, welche, weil erstere immer inclinant ist, declinant sein muss. Zwischen beiden Buhnen muss sodann, je nach der Grösse des Flusses, ein entsprechender Zwischenraum gelassen werden.

5) Trennungsbuhnen (Separationswerke) werden am Vereinigungspunkte zweier Flüsse angewendet, wenn die Richtung, in welcher diese sich vereinen, keinen hinlänglich spitzen Winkel bildet, dadurch nachtheilig wirkt und die Ortsverhältnisse nicht gestatten, die Mündung des kleineren Flusses weiter abwärts zu verlegen. Es ist dann nicht zu umgehen, die beiden Flüsse (Taf. VIII, Fig. 55) durch ein Bauwerk, das von der sie trennenden Landspitze aus flussabwärts geführt wird, zu trennen und die schädliche wechselseitige Einwirkung zu hindern, indem man die Flüsse in einen spitzen Winkel sich vereinigen lässt. — Diese Bauwerke werden später an

einer passenderen Stelle besprochen und desshalb hier nicht näher berührt werden.

6) Sperrbuhnen. Sie dienen zur Verschliessung von Flussarmen. Gewöhnlich nennt man solche Werke Coupirungen.

Wollte man zwischen Sperrbuhnen und Coupirungen (welche später beschrieben werden sollen), die übrigens gleichen Zweck haben, einen Unterschied machen, so wäre es der, dass Coupirungen einen zusammenhängenden quer durch den Fluss gelegten Damm bilden, während Sperrbuhnen aus zwei einander gegenüber liegenden und an einander vorbeigreifenden Buhnen, wie sie Schemerl angibt, und solche in Taf. VIII, Fig. 56 ersichtlich sind, bestehen. Die zwischen beiden Buhnen übrig bleibende Oeffnung soll gar nicht geschlossen werden, sondern zur Beförderung der Verlandung offen bleiben.

Diese Sperrbuhnen sind den Schöpfbuhnen mit einer gegenüber liegenden Schutzbuhne ganz ähnlich, nur können Schöpfbuhnen, wenn sie ihren Zweck erreicht haben, entfernt werden, während Sperrbuhnen fortwährend und so lange im guten Stande erhalten werden müssen, bis nicht nur eine Verminderung des Wassers in dem abzusperrenden Arme, sondern eine vollständige Verlandung stattgefunden hat. Auch können Sperrbuhnen in der Mitte eines Stromarmes angelegt werden, in welchem Falle sie aus zwei hinter einander gelegten senkrechten Buhnen, die sich natürlicher Weise auch übergreifen müssen, bestehen.

Ihre Höhe, welche bis in die der Hochwässer beinahe reichen muss, wird nach und nach in dem Masse der sich bildenden Verlandung hergestellt; denn wenn man in dem Arme, der geschlossen werden soll, so oft es die Umstände erlauben, die Profile verengt und dadurch das Wasser mehr zurückdrängt, so vergrössert sich sogleich um eben so viel die Wassermenge im andern Arme und verstärkt ihren Angriff auf denselben. Es ist aber dafür zu sorgen, dass durch diese Anlagen kein neuer Angriff auf das Bett des ersten Armes erzeugt wird; man muss den Strom nicht irritiren, sondern durch behutsames Einwirken ihn nach und nach zurückzudrängen suchen. — Sperrbuhnen müssen sehr stark gebaut werden, um den fortwährenden Angriffen des sie überstürzenden Stromes widerstehen zu können.

Es ist vortheilhaft, *allen Buhnen* eine kleine Neigung von ihrer Wurzel gegen den Kopf zu geben, so dass dieser bei Hochwasser früher überströmt wird als jene; der Fluss wird dadurch wirksamer vom Ufer abgelenkt, und es kann diese Neigung nach der Länge und Höhe der Buhnen einen bis zwei Fuss betragen. Man soll nie eine Buhne an einem vorwärts tretenden Ufer erbauen, weil schon dieses die Stelle einer Buhne vertreten kann. Sie kann an dieser Stelle nur eine schädliche Wirkung hervorbringen, indem sie das jenseitige Ufer zum Abbruche bringt.

Die Buhnen können *von Faschinen, von Steinen* oder *von Holz*, oder von diesen Baustoffen zugleich erbaut werden, was später näher erörtert wird; hier sei nur gesagt, dass die Breite der Faschinen-Buhnen in grösseren und reissenderen Strömen 18 bis 24 Fuss, in kleineren Flüssen 8 bis 12 Fuss beträgt, was auch vollkommen genügt. — Für Buhnen von Steinen genügt meistens die Hälfte dieser Breite, an reissenden oder heftige Eisgänge bildenden Flüssen nimmt man höchstens drei Viertheile derselben.

Parallelwerke.

§. 33.

Man versteht unter *Parallelwerken*, oder auch *Streich-* oder *Richtwerken* solche Strombauten, welche bei einer beabsichtigten Beschränkung des Bettes, parallel mit dem Stromstriche in den Strom eingebaut werden, und die Begrenzung desselben oder das neue Ufer bilden. Damit sie den Strom zur Zeit des kleinsten Wassers vollständig auffangen, müssen sie sich an ihrem stromaufwärts gekehrten Ende an das Ufer anschliessen.

Ihre Wirkung auf das Fahrwasser pflegt anfangs bei niedrigem Wasserstande sehr günstig zu sein, und da hiebei keine vortretenden Einbaue vorkommen, welche Unbequemlichkeiten für die Schifffahrt veranlassen, so sind sie von den Schiffern sehr bevorzugt, indem diese zur Seite des sanft gekrümmten Dammes, selbst bei einem starken Gefälle, sicher herabfahren. Diese Umstände sind Veranlassung, dass die Parallelwerke überall, wo man sie aufgeführt hat, sich in der ersten Zeit grossen Beifall erworben haben, und mit Recht wird man ihre Anwendung in vielen Fällen, wenn eine schleunige Correction erforderlich ist, oder man ein starkes Gefälle an einer Stelle erhalten will, allen andern Methoden vorziehen. Aber keine andere Bauart zeigt sich in ihrer Erhaltung so kostbar, und bei keiner wird das Fahrwasser und das ganze Strombett bei einer eintretenden Beschädigung gleich so vollständig verderbt, wie gerade bei dieser.

Die gewöhnliche Anlage dieser Werke ist Taf. VIII, Fig. 57 ersichtlich; es wird bei a in das Ufer ein-

gewurzelt und zum Schutze des im Bruche befindlichen concaven Ufers a c, auf dessen Kosten die Verbreiterung des Stromes stattgefunden, parallel mit dem Stromstriche und mit dem entgegengesetzten Ufer bis zu dem Ende der Stromweite bei b geführt, wo es sich jedoch nicht an das Ufer anschliessen darf. Zuweilen erfordert es die Nothwendigkeit, zu beiden Seiten des Fahrwassers solche Werke anzulegen. So lange das Wasser das Werk nicht überfluthet, ist für dasselbe keine Gefahr vorhanden; wenn aber das Wasser das Werk überstürzt, so trifft dasselbe das Ufer bei a, und kann durch die Tendenz des Stromes, das concave Ufer zu zerstören, hier sehr leicht eine Trennung vom Ufer oder einen Durchbruch bewirken. In vielen Fällen macht aber schon ein einziger solcher kräftige Durchbruch eine Wiederherstellung des Werkes ganz unmöglich. Mehrfach ist es sogar schon geschehen, dass bei einem solchen Durchbruche der Hauptstrom sich nicht nur entschieden in den abgeschlossenen Theil geworfen, sondern dabei auch zugleich den künstlich dargestellten Schifffahrtsarm so vollständig mit Sand und Steinen angefüllt hat, dass derselbe beim Verschwinden des Hochwassers gar nicht mehr Flussbett, sondern Ufer war, und das Parallelwerk sich hiedurch in eine Uferdeckung verwandelte. Um diesem Uebelstande auszuweichen, zeigt Taf. VIII, Fig. 58 eine andere Art der Anlage des Werkes, wie sie in dem französischen Theile der Mosel häufig vorkommt. Das Parallelwerk ist hiebei nicht am concaven Ufer wie früher, sondern am convexen angebracht, und dem Strome wird die Krümmung, die er sich gebildet, gelassen; das concave Ufer muss aber entweder so fest sein, dass an ein ferneres Auswaschen hiebei nicht mehr zu denken ist, oder es muss durch eine starke Pflasterung oder sonst durch ein Deckwerk dergestalt gesichert sein, dass ein weiteres Auswaschen desselben nicht mehr stattfinden kann. Diese Anordnung ist unfehlbar die zweckmässigste, die bei Anwendung dieser Werke getroffen werden kann; denn durch die Krümmung des Bettes wird auch dem Strome des Hochwassers seine Tendenz, am concaven Ufer zu fliessen, nicht benommen, wodurch er das am entgegengesetzten Ufer befindliche Werk unangefochten lassen wird.

Anfänglich werden diese Werke, sie mögen aus Faschinen oder aus Steinen erbaut werden, nicht wasserdicht sein; erst mit der Zeit wird der Schlamm des Flusses die Zwischenräume ausfüllen und so das Werk wasserdicht machen. — Ist das Werk einmal wasserdicht, so wird, wenn dasselbe nicht überfluthet wird, in dem abgeschlossenen Theile ein fast horizontaler Wasserspiegel sich einstellen. Dieser ist der des Unterwassers. Der Bau scheidet also in seinem oberen Anschlusse zwei Wassermassen, deren Niveau-Differenz dem ganzen Gefälle der vom Parallelwerke begrenzten Stromstrecke gleichkommt. Da diese Werke oft die Länge von 300 bis 600 und auch mehr Klaftern haben, so ist dieser Gefällsunterschied an manchen Flüssen ein nicht unbedeutender und beträgt 2, 3 oft auch 5 Fuss. Steigt nun das Wasser so hoch, dass es das Werk überfluthet, so bedingt dieses Gefälle, welches sich dann noch vergrössert, die Fallhöhe, mit welcher das Wasser über das Werk stürzt, und zwar so lange, bis die herabgestürzte Wassermenge auch im abgeschlossenen Theile ein stärkeres Gefälle erzeugt, und dadurch den Wasserspiegel am oberen Theile des Werkes erhebt. Dass dadurch, besonders in der ersten Zeit des Uebersturzes ein starker Angriff des Bodens, vorzugsweise hinter dem oberen Anschlusse, stattfinden muss, und die Sicherheit des Werkes durch diese Ausspühlung sehr bedroht ist, steht ausser allem Zweifel. Der obere Anschluss des Werkes an das Ufer verhindert das Eintreiben derjenigen schweren Stoffe, welche auf der Sohle des Strombettes fortgetrieben werden; und dieses ist die Ursache, dass sich dieser abgeschlossene Theil gar nicht verlanden kann, indem die feineren Stoffe, die durch die Ueberfluthung des Werkes hineingetrieben, durch die daselbst stattfindende Strömung wieder fortgeführt werden. — Demnach können Parallelwerke nicht auf die Ausbildung der Ufer hinwirken, und es behält der durch sie abgeschlossene Theil des Strombettes seine ursprüngliche Tiefe dauernd bei, ja sie vergrössert sich sogar in vielen Fällen. Der Bau erhält keinen Schutz durch Alluvionen, und muss demnach verhältnissmässig stark hergestellt werden.

Noch muss ein weiterer Nachtheil erwähnt werden. Unterhalb des durch das Parallelwerk verengten Theiles des Stromes findet plötzlich eine Erweiterung des Profiles statt, weil der untere Theil des Werkes nicht an das Ufer anschliessen darf, um eine Verbindung des abgeschnittenen Theiles mit dem Strome zu erhalten. Durch diese Erweiterung tritt unterhalb der verengten Stelle, im ganzen Flussprofile besonders aber zwischen b und c, Taf. VIII, Fig. 57, eine Verminderung der Geschwindigkeit des Wassers und in Folge deren eine Ablagerung von Material ein. Durch Baggerungen solche Untiefen, die oft der Schifffahrt hinderlich sind, zu entfernen, hat in der Angel keinen dauernden Erfolg,

Regel

indem dieselben sich nach jedem Hochwasser aufs Neue bilden.

Es ist gesagt worden, dass die Parallelwerke den abgeschlossenen Theil nicht verlanden, und dass durch einen Durchbruch des Werkes an seinem Anschlusse sich derselbe leicht zum alleinigen Hauptarme ausbilden kann. Um nun diesen beiden wesentlichen Uebelständen zu begegnen, besteht eine Vervollkommnung der Anlagen darin, dass man das Parallelwerk nicht nur an seinem oberen Ende mit dem Ufer verbindet, sondern vielfache Anschlüsse desselben herstellt, die in einiger Entfernung hinter einander liegen. Es werden hierdurch verschiedene von einander getrennte Bassins gebildet, und die Niveau-Differenz zwischen Ober- und Unterwasser vertheilt sich zwischen denselben so, dass sie an jedem einzelnen Anschlussdamme unbedeutend bleibt, und daher jedesmal der Uebersturz des Wassers viel weniger verheerend wird. Sollte ein Strom zufälliger Weise das Werk durchbrechen, so wird er durch die folgenden Querdämme noch kräftig aufgehalten, und jedenfalls tragen dieselben zur Beruhigung des Wassers und Beförderung des Niederschlages bei. Die schweren Geschiebe, welche sich längs der Sohle des Strombettes bewegen und nicht über das Parallelwerk in die Bassins getrieben werden können, bleiben freilich hievon ausgeschlossen, und desshalb erfolgt, wenn auch etwas schneller als bei der Construction ohne Anschlüsse, auch hier die Verlandung sehr langsam. In einzelnen Fällen hat man bei dieser Anlage diese Bassins gleich ausgefüllt, und dadurch verwandeln sich die Parallelwerke in Uferdeckungen, wobei die erwähnten Uebelstände nicht eintreten können. Die Kosten der Anlagen werden aber dadurch so sehr erhöht, dass man nicht leicht dieses Mittel in Anwendung bringen kann.

Construction der Einbaue*).

§. 34.

Aus dem Vorhergehendeu ist zu ersehen, dass die Einbaue einem starken Angriffe des Wassers ausgesetzt sind, und dass sie in den meisten Fällen durch eine Vertiefung bedroht werden, welche sich neben ihnen und besonders vor ihren Köpfen leicht bildet. — Eine vollständig gesicherte Fundirung, wie bei andern Bauten erklärt werden wird, kann man wegen der hohen Kosten derselben nicht wählen. Es bleibt daher nichts übrig, als die Construction so zu wählen, dass bei eintretender Unterspülung das Werk sich theilweise versenken kann, ohne in seinem Zusammenhange gelöst oder gebrochen zu werden. Fest verbundene Holz-Constructionen und Mauerwerke sind daher hiebei nicht anwendbar, dagegen empfiehlt sich ein solches Material, welches auch in grossen Massen verbunden dennoch biegsam bleibt, und auf jede unregelmässige Oberfläche sich genau schliessend, auflegt. In dieser Beziehung unterscheiden wir zwei Constructionsarten, nämlich die *Stein-Constructionen* und die Construction mittelsı Strauchwerk, d. i. der sogenannte *Packwerksbau.* — Es sollen nun hier beide Arten näher erörtert werden.

*) Hagen's Wasserbau.

a. Stein-Constructionen der Einbaue.

§. 35.

Stein-Constructionen entsprechen nur dann den oben festgestellten Grundsätzen, wenn die Steine ganz lose neben einander liegen und gar keine Verbindung zwischen ihnen besteht. Sie werden dadurch allerdings der Gefahr ausgesetzt, vom Strome fortgetrieben zu werden, und müssen demnach so gross gewählt werden, dass sie der stärksten Strömung Widerstand zu leisten und durch ihre Schwere den Mangel an fehlender Verbindung der einzelnen Theile zu ersetzen vermögen. Hat man jedoch nur kleinere Steine, so lassen auch diese sich durch eine später zu erklärende, gemeinsame Umschliessung zu grösseren Massen verbinden, wodurch sie dem Strome hinlänglich Widerstand leisten können. Der Widerstand wird noch dadurch vermehrt, wenn man Steine von besonders grossem specifischem Gewichte wählt. Diese losen aufeinander liegenden Steine werden, sobald eine Vertiefung unter ihnen eintritt, oder wenn sie wegen einer starken Vertiefung neben der Basis des Werkes nicht gehörig unterstützt sein sollten, nachsinken und von selbst wieder eine gesicherte Lage annehmen; eine Unterspülung bei ihnen ist daher unmöglich. — In den Zwischenräumen der Steine wird sich das vom Strome herbeigeführte Material anlagern, weil in denselben die Bewegung des Wassers eine viel geringere als im Strome sein wird und nach kurzer Zeit eine vollkommene Ausfüllung derselben bewirken.

Man kann die Steinschüttungen auch als Deckungen der Ufer benützen; man schüttet sie 1 ½ bis 2 ½ Fuss hoch und gibt ihnen gewöhnlich die 1 ½fache Anlage. Ihre Versenkung, besonders in grosser Tiefe, lässt sich natürlich nicht mehr regelmässig ausführen, aber eben aus diesem Grunde ist es nothwendig, die mittlere Stärke der Schüttung nicht zu schwach anzunehmen, weil sonst einzelne Theile der Uferböschung

unbedeckt bleiben könnten. Durch sorgfältiges Peilen muss man sich überzeugen, dass die Steinschüttung gleichmässig über die ganze Fläche vertheilt wird.

Die Steinschüttungen werden nur bis zum niedersten Wasserstande ausgeführt, von dieser Höhe an lässt man sie in eine regelmässige Steinpackung oder in ein Pflaster übergehen. Letzteres widersteht wegen der ebenen Oberfläche, so wie auch wegen der geschlossenen Lage der Steine, sehr kräftig dem Stosse des Eises, und da der Wasserstand zur Zeit des Eisganges gewöhnlich ein sehr hoher ist, so bleibt die tiefer liegende lose Steinschüttung verschont. Für das Pflaster tritt jedoch der Uebelstand ein, dass der Fuss desselben keine hinreichende Unterstützung hat; besonders zeigt sich, wenn die Steinschüttung durch das Forttreiben oder Herabfallen einzelner Steine in Bewegung kommt, bald ein Nachsinken des darauf sich stützenden Pflasters. Man vermeidet dieses häufig dadurch, dass man das Pflaster etwas zurücktreten lässt und so durch die Steinschüttung ein Banket vor demselben bildet, wie auf Taf. VIII, Fig. 59 zeigt; doch ist es nöthig, dass man dieses Banket immer sogleich ergänzt, sobald Steine daraus stürzen. Nichtsdestoweniger wird noch immer das Herabsinken der Steinschüttung eine mehr oder minder starke Beschädigung des Pflasters, sogar stellenweise den vollständigen Einsturz desselben zur Folge haben. Man vermeidet dies, wenn man das Pflaster oder die oberhalb befindliche Steinschüttung gegen eine Pfahlwand, welche bis zum kleinsten Wasser reicht, lehnt. Die Fig. 60 a und b, Taf. VIII, zeigen diese Anordnung und es ist nur zu bemerken, dass die Bohlen schon durch die Steine gehalten werden und daher keiner besonderen Befestigung bedürfen.

Solche Steinschüttungen, selbst das Steinpflaster, gestatten oft auch eine Weidenpflanzung; indem man, wenn das Pflaster nicht zu stark ist und es auf einem passenden Untergrunde ruht, zwischen den Steinen mit einem Setzeisen Löcher einstösst und Weidenstöcklinge pflanzt. Steinbuhnen wird man im Allgemeinen nur da anbringen, wo das Steinmaterial mit geringen Kosten beizuschaffen ist, wie in Gebirgsgegenden. Hier haben jedoch die Ströme ein starkes Gefälle und schwellen hoch an, mithin sind auch die Steinbuhnen gewöhnlich einer heftigen Strömung ausgesetzt, und müssen demnach fest construirt sein.

Bei Steinbuhnen zeigen sich die vorerwähnten Senkungen der Steine und ein Nachsinken des Pflasters viel bedeutender, als bei den aus Steinschüttungen bestehenden Uferdeckungen. Um das Pflaster gehörig aufführen zu können, pflegt man die Krone der Buhnen mit Schüttungen von schweren Steinen zu umgeben, welche in der Höhe des niedrigsten Wassers ein Banket rings herum bilden, bei eintretenden Vertiefungen in der Nähe nachstürzen können uud dadurch den Fuss sichern, ohne dass die Pflasterung dabei sogleich leidet. Diese Schüttungen umgeben bei grösseren Buhnen, Taf. VIII, Fig. 61 a und b, nur das Werk, werden unmittelbar auf dem Strombette angebracht, der mittlere Raum wird gleichzeitig mit grobem Kies ausgeschüttet und zuletzt der obere Theil mit grossen Bruchsteinen gepflastert, wie die Fig. 61 zeigt. Die Krone von solchen an der unteren Mosel ausgeführten Werken hat eine Breite von 6 bis 7 Fuss, die Böschungen erhalten zur Seite gewöhnlich eine einfache Anlage, doch ist dieselbe zuweilen, wenn ein starker Uebersturz besorgt wird, auf der stromabwärts gekehrten Seite auch anderthalbfach. Am grössten ist bei allen Buhnen die Gefahr der Vertiefung vor dem Kopfe der Buhne und zwar um so grösser, je steiler derselbe gehalten wird; aus diesem Grunde pflegt man den Kopf sehr flach zu halten und gibt solchen Buhnen eine 2½ auch 3fache Anlage. Die Bankete sind hiebei 2 Fuss breit. Das Pflaster wird reihenweise in gehörigem Verbande so ausgeführt, dass die Reihen mit der Achse des Werkes parallel liegen.

Steinbuhnen haben an ihrer Wurzel eine höchst gefährliche Stelle, weil die Erde im Ufer sich nicht mit den Steinen verbindet; die Erde wird leicht durch das neben den Steinen durchdringende Wasser fortgespült, worauf diese sich senken; hiedurch wird eine Rinne gebildet, welche bald an Breite und Tiefe zunimmt und das Werk sehr leicht vom Ufer trennt, was nicht so selten der Fall ist. Um nun diesen Uebelstand so wenig als möglich schädlich zu machen, lässt man Fig. 61 b die Buhne gegen das höhere Ufer ziemlich ansteigen.

Ein anderes, in mancher Beziehung sorgfältigeres Profil der Einbaue zeigt die Figur 62 a, Taf. IX; es ist dem vorhergehenden ähnlich, nur ist die Krone hier gewölbartig aus keilförmig gearbeiteten Steinen ganz regelmässig gepflastert. Dieses Pflaster lehnt sich gegen schwere Widerlagssteine, die in den äusseren Flächen gleichfalls bearbeitet sind und auf Steinschüttungen ruhen. Die Parallelwerke im französischen Theile der Mosel sind auf diese Weise ausgeführt. — Die Art der Ausführung ist folgende: man schlägt in der Richtung des Werkes in Entfernungen von 8 zu 8 Fuss von einander je zwei Pfähle ein, verbindet sie wie Fig. 62 b zeigt, durch ein dagegen

genageltes Bohlenstück und legt hierüber zwei Bohlen, welche eine leichte Brücke bilden. Von dieser Brücke wird mittels Handbagger der Kies zu beiden Seiten ausgebaggert und unter die Brücke aufgeschüttet, wodurch sich der innere Kieskörper des Werkes bildet, während die beiden Rinnen zur Versenkung der Steinschüttung dienen.

An reissenden Flüssen hat man in Oesterreich und Baiern eine Art hölzerner Buhnen, welche durch Steine festgehalten werden, *sogenannte Senkkasten* angewendet. Der Kopf dieser Buhnen besteht in einem aus unbehauenen Balken gezimmerten Kasten in Gestalt einer abgestumpften Pyramide, Taf. IX, Fig. 63 a und b, von 12 bis 15 Fuss Breite. Ihre Länge richtet sich nach der der Stämme und erhält alle 12 Fuss eine Mittelwand. Die Neigung der Seitenflächen ist 1/6 der Höhe. Die runden Holzstämme werden, nachdem sie in passenden Längen geschnitten sind, eingekerbt, so dass die quer übergelegten Stücke ein sicheres Lager erhalten. Die eingeworfenen grossen Steine geben durch ihr Gewicht dem ganzen Werke Zusammenhang und Stabilität. — Die sehr steilen Wände werden ohne Zweifel eine grosse Vertiefung vor sich erzeugen, aber der Vortheil dieser Construction beruht eben darauf, dass der Kasten sich senken kann, ohne dass er dabei leidet. Selbst ein ganz ungleichmässiges Versinken schadet wenig und man sieht häufig, dass die Wände nicht nur ihre Dossirungen ganz verloren haben, sondern dass sie sogar überhängen. In diesem Falle pflegt man nur die Wände durch keilförmig zugehauene Hölzer so zu erhöhen und immer mit Steinen auszufüllen, dass die Oberfläche des Kastens immer möglichst horizontal ist. Pechmann führt an, dass er gesehen habe, wie nach und nach solche Kasten sich bis 30 Fuss gesenkt haben, ohne dass ihre Festigkeit dadurch beeinträchtiget wurde. Gewöhnlich benützt man die Senkkasten nur als Buhnenköpfe und verbindet sie mit dem Ufer durch die sogenannten Bänke, deren Querschnitt in Fig. 63 c und deren Ansicht in Fig. 63 b, Taf. IX dargestellt ist. In Abständen von 8 bis 9 Fuss werden Pfähle vertikal eingerammt, gegen welche man andere schwächere nach stromaufwärts schräg eingetriebene Pfähle befestigt. Diese, sowie auch die vertikalen Pfähle werden auf der dem Strome zugekehrten Seite mit Latten benagelt, und der auf diese Weise abgeschlossene Raum wird abwechselnd mit Faschinen und Steinen ausgefüllt. Die Höhe der Senkkasten, sowie auch die der Bänke ist gewöhnlich grösser als die Höhe des höchsten Wassers; sie haben daher wenig Dauer, benöthigen häufige Reparaturen und haben gewöhnlich ein baufälliges Aussehen.

Durch dieselben kann eine gehörige Regulirung des Stromes nicht herbeigeführt werden und sie dienen nur dazu, das Wasser an einzelnen Stellen zusammenzuhalten, und einzelne Ufer zu decken; sie würden gewiss sehr grosse Unordnungen im Strome erzeugen, wenn nicht die felsigen Ufer oder das schwere Geschiebe des Stromes, in welchem sie allein erbaut werden, dieses verhinderten.

§. 36.

Es ist schon erwähnt worden, dass man einzelne Steine und selbst groben Kies vor dem Stosse des Wassers sicherstellen kann, wenn man *grössere Massen derselben durch eine gemeinsame Umschliessung* mit einander verbindet. Es werden gewöhnlich entweder Faschinen mit dem für sie erforderlichen Beschwermaterial versehen, oder förmliche Kasten oder Körbe aus Flechtwerk erzeugt, welche das Beschwermaterial umschliessen; die ersteren nennt man *Senkfaschinen,* die letztern *Senkkörbe.*

Jede einzelne *Senkfaschine,* Taf. IX, Fig. 64 a und b, wird für sich mit dem erforderlichen Beschwermaterial versehen und gebunden. Diese Faschinen erhalten sehr verschiedene Dimensionen je nach dem Zwecke, den sie zu erfüllen haben, und je nach der Art des Beschwermaterials, welches entweder aus Bruchsteinen oder grobem Kies besteht. Die Länge der Senkfaschinen beträgt 15 bis 18 Fuss, ihre Stärke in der Mitte 2, 2 1/2 bis 3 Fuss. Die kleinsten erfordern zu ihrer Herstellung 7 Stück gewöhnlicher zum Packwerksbau verwendbarer Faschinen, wie sie in der Fig. 69 dargestellt sind und später beim Packwerksbau näher beschrieben werden; sie enthalten bei 15 Kubikfuss groben Kies und sind von Fuss zu Fuss mit einem Bund versehen.

Sie werden auf einer Faschinenbank erzeugt, welche unmittelbar am Rande des Ufers, dessen Fuss sie bedeken sollen, und zwar parallel zu demselben aufgestellt wird. Die Construction dieser Faschinenbank ist aus der Fig. 65 a, b und c, Taf. IX, ersichtlich. — Zwei schwache Balken oder runde Bäume ab von 6 bis 7 Zoll Durchmesser, und von der Länge, welche die Senkfaschinen haben sollen, werden parallel neben einander in einem Abstande von 1 1/2 Fuss auf den Boden gelegt und durch acht kleine Pfählchen, welche an den Enden der Bäume in den Boden geschlagen sind, auf ihrer Stelle gehalten. Auf diese Bäume legt man nun Riegel c c von beiläufig 2 Fuss 10 Zoll Länge und 4 Zoll Stärke; die

äussersten Riegel sind von den Enden der Bäume 1 Fuss 3 Zoll entfernt, die inneren liegen in gleichen Abständen von 2 Fuss von einander. Neben jedem Riegel sind zwei 3 bis 4 Fuss lange, 2 bis 2½ Zoll starke Pflöcke schräg in den Boden eingetrieben, indem sie sich gegen die Bäume anlehnen und somit an diesen eine sichere Stütze finden. Da diese an der dem Strome zugekehrten Seite jedesmal beim Herablassen der Faschine herausgezogen werden müssen, so ist es nicht zweckmässig, sie fester einzuschlagen, als gerade erforderlich ist. — Zwei andere Pflöckchen x,x stehen in der Achse der Bank, um die Länge der Faschine darnach richten zu können.

Um nun die Senkfaschinen zu erzeugen, legt man vier von den gewöhnlichen Faschinen auf die Bank, so dass die Sturzenden von je zweien an jedem Ende der Bank nach aussen gekehrt sind: hierauf werden sie aufgehauen und gehörig vertheilt, so dass sich ein gleichmässiges Bett bildet. Die Oeffnungen an beiden Enden werden durch stärkere Stücke vom kurzen Strauche geschlossen, und sofort bringt man den groben Kies oder die Steine hinein. Ist das Beschwerungsmaterial gleichmässig vertheilt, so legt man drei weitere Faschinen auf, die ebenso wie die ersten aufgehauen und mit den Sturzenden nach aussen gleichförmig über dem Kiese vertheilt werden. Bei feinem Kiese muss man noch Streu anwenden, damit derselbe nicht durch die Zwischenräume der Faschinenreiser falle. Hat man so die Umhüllung hergestellt, so werden in Abständen von 1 Fuss starke Bänder aus Weide, Haselnuss oder Esche angelegt. Bevor ein Band angelegt wird, würgt man die Faschine dicht neben der Bundstelle mittels der in Fig. 65 c, Taf. IX, dargestellten Vorrichtung stark zusammen. Hiebei schlingt man ein starkes Tau oder eine Kette um die Faschine und steckt durch die Ringe an den Enden zwei starke Hebel von 6 Fuss Länge. Während jeder Hebel von einem Arbeiter herabgedrückt wird, schlägt ein Dritter mit einem schweren hölzernen Hammer dicht neben der Kette auf die Faschine, um das Reisig gut an die Steine anschliessend zu machen. Dicht neben der Kette wird nun das Band, welches man oft auch durch kräftigen Eisendraht ersetzt, angelegt und festgebunden. Zuerst wird das mittlere Band angelegt, dann legt man die äussersten, und von diesen geht man wieder nach der Mitte zurück. Sind alle Bänder angelegt, so werden die schief eingetriebenen an der Seite des Flusses befindlichen Pfähle weggenommen, die Faschine wird bis an den Uferrand gerollt, von wo aus sie von selbst auf der Uferböschung herabgleitet und in die Tiefe stürzt. Eine solche 12 Fuss lange 2 Fuss dicke Faschine wiegt gegen 20 Centner, während eine 18 Fuss lange und 3 Fuss dicke Faschine 40 Centner schwer ist.

Um die Deckung des Abbruches eines Ufers mittelst Senkfaschinen zu bewirken, wird die ganze Dossirung mit einer möglichst geschlossenen Lage von Senkfaschinen bis über das kleinste Wasser ohne alle Verbindung unter einander so bedeckt, dass sie sämmtlich mit der Richtung des Stromes parallel liegen und Reihen bilden, deren Stösse normal gegen den Strom gekehrt sind und von der Sohle des Bettes bis zur bestimmten Höhe am Ufer heraufgehen. Es entsteht hiedurch der Vortheil, dass bei neu eintretenden Vertiefungen am Fusse der Böschung, die Faschinen in diese herabrollen und sie ausfüllen können.

Hat man eine Vertiefung nicht am Fuss eines Ufers, sondern an irgend einer andern Stelle des Flussbettes mit Faschinen auszufüllen, so wird über zwei kleinere Schiffe ein Rüstboden angebracht, auf welchem die Faschinen verfertigt werden. Diese Schiffe, welche an der betreffenden Stelle verankert werden, lassen zwischen sich einen freien Raum von etwas mehr als die Länge der Faschine beträgt. Eine der Länge und Dicke der Faschine entsprechende rechteckige Oeffnung befindet sich über dem Raume, der die beiden Schiffe trennt, in dem Rüstboden, und wird durch eine Klappe geschlossen, welche sich um eine horizontale Achse, die von einem Schiffe zum andern reicht, drehen kann. Die Klappe ist während der Anfertigung der Faschine geschlossen und durch vorgeschobene Riegel in ihrer Lage gehalten. Ist eine Senkfaschine fertig, so rollt man sie auf die Klappe, zieht die Riegel zurück und lässt sie in den Strom stürzen. Manchmal werden mehrere Senkfaschinen, z. B. drei, durch drei übergelegte Balken vereinigt und so von der Klappe in den Strom gestürzt, wodurch ein Fortrollen derselben vermieden wird.

Bei den Rheinbauten werden zur Deckung der Ufer und der Stromregulirungswerke beinahe ausschliesslich Senkfaschinen in Anwendung gebracht.

Senkkörbe sind Kasten oder Körbe von verschiedenen Formen aus Flechtwerk, die man mit Kies oder sonstigem geeigneten Beschwerungsmaterial anfüllt, entsprechend schliesst und versenkt. Sie haben verschiedene Formen: entweder die parallelepipedische, die dreiseitig-prismatische oder die konische Form.

Die auf Taf. IX, Fig. 66 a, b und c dargestellten *parallelepipedischen Körbe* sind 6 Fuss lang, 3 Fuss breit, 2 Fuss hoch und fassen 30 bis 32 Cubikfuss Steine. Ihre Anfertigung geschieht in der Art, dass man die vier Seitenwände in einem Stücke, den Boden und Deckel aber besonders bildet. Man steckt hiezu die Stäbe, welche umflochten werden sollen, mit ihren zugespitzten Enden in einem Abstande von 6 Zoll Mitte zu Mitte in den Erdboden, und flicht sodann die Weidenruthen in den erforderlichen Dimensionen herum, worauf die zugespitzten Stäbe der Seitenwände durch den Boden und durch den Deckel des Korbes durchgestossen, und die Enden derselben über und unter den langen Seiten zu je zwei mittelst Weidenbändern mit einander verbunden werden. — Der so angefertigte Senkkorb wird auf die Klappe des vorerwähnten Rüstbodens gebracht, wo man ihn durch eine im Deckel offen zu lassende und erst nach der Füllung zu schliessende Oeffnung füllt, und hiernach durch Umkippen der Klappe zur Versenkung bringt. Das Gewicht eines solchen gefüllten Senkkorbes beträgt 38 bis 40 Centner.

Der *dreiseitig-prismatische Senkkorb* ist durch Fig. 67, Taf. IX, dargestellt; er hat 6 Fuss Länge, die Grundfläche bildet ein gleichseitiges Dreieck von 4 Fuss Seitenlänge, und er ist etwas fester als der parallelepipedische.

Fig. 68 a und b, Taf. IX, zeigt einen *konischen Korb;* seine Construction ist die einfachste. Es werden mehrere, z. B. zehn starke Zweige von 9 Fuss Länge an ihren Enden fest zusammengebunden, man schiebt einen hölzernen Reif von 2 Fuss Durchmesser in die Mitte zwischen die Zweige ein, und zertheilt diese gleichmässig auf seinem Umfange. Sodann umflicht man die Zweige mit Weidenreisern von beiden Enden aus nach der Mitte hin, lässt aber zwei rechteckige Oeffnungen zum Einfüllen. Um die Enden desselben noch recht zu schliessen, werden Strohbündel in dieselben eingeschoben. Vor seiner Füllung werden zwei Stücke durchgestossen, um das Fortrollen auf dem Grunde zu verhindern. Die Füllung mit Kies erfolgt entweder am Ufer oder auf dem Rüstboden, je nachdem die Körbe da oder dort eingeworfen werden sollen. — Ein solcher Senkkorb wiegt bei 15 Centner.

b. Der Packwerksbau.

§. 37.

Die Stromregulirungswerke werden vorzugsweise aus Faschinen (Reisig oder Strauchbündeln) erbaut und diese Art des Baues nennt man im allgemeinen Faschinenbau.

Das Strauch- oder Faschinenholz hat jedoch ein sehr geringes specifisches Gewicht und muss demnach mit einem Beschwerungsmaterial eigens belastet werden. Dieses kann auf verschiedene Weise geschehen; entweder wird das Beschwerungsmaterial in jedes einzelne Strauchbündel eingebunden, wodurch die schon besprochenen Senkfaschinen entstehen, oder man verbindet grosse Massen von Strauch auf besonderen Rüstungen, die auf dem Wasser schwimmend nach der Baustelle geführt, und durch aufgeworfene Steine oder anderes Material versenkt werden. Es sind dies die sogenannten Senkstücke oder Sinkstücke, welche vorzugsweise an der Meeresküste beim Seebau Anwendung finden. Endlich noch geschieht die Belastung, indem man Faschinen auf der Baustelle selbst zu dünnen Lagen verbindet, und dieselben durch Aufpackung von Beschwermaterial entsprechend versenkt. Die letzte Methode findet besonders bei Stromregulirungen Anwendung und man nennt sie *Packwerksbau.* — Die auf solche Weise erbauten Werke, mögen es Buhnen oder Parallel- oder Uferdeckwerke sein, heissen *Packwerke.*

Die Benützung der Faschinen hört aber an denjenigen Stellen auf, wo die regelmässige Fluth sich zu zeigen anfängt, weil der häufige Wechsel des Wasserstandes ein schnelles Verdorren des Strauchwerks zur Folge haben würde. Diese Stelle bildet zugleich die Grenze zwischen den Strombauten und zwischen denjenigen, welche man schon als Seebauten betrachten muss.

Der Faschinenbau hat vor dem Steinbau den Vorzug, dass er, der Feinheit des Materials ungeachtet, eine festverbundene Masse bildet, die der Strömung gehörigen Widerstand entgegensetzt, vom Eise nicht abgestossen, wie auch nicht so leicht vom Wasser durchbrochen wird, und hauptsächlich, dass er vermöge seiner Zusammensetzung aus Faschinen und Kies eine gewisse Biegsamkeit und Elasticität hat, in Folge deren er bei einer eintretenden Vertiefung der Fusssohle nachsinkt und so eine weitere Unterwaschung anfänglich bedeutend erschwert, später sogar ganz verhindert.

Diese Vorzüge des Faschinenbaues sind nicht zu verkennen und sind auch Ursache, dass er fast überall für die zur Rectification der Flüsse nöthigen Bauten Eingang gefunden hat. Noch mehr treten die Vortheile des Faschinenbaues gegenüber dem Steinbau hervor, wenn grosse Steinmassen nur sehr schwer und mit grossen Kosten beizuschaffen sind, wie z. B.

in den norddeutschen Ebenen und in Holland, wohingegen das Strauchwerk, welches das Reisig für die Faschinen liefert, häufig vorzukommen pflegt und sehr wohlfeil ist. — Jedoch hat der Faschinenbau auch Nachtheile gegen den Steinbau, und diese sind: seine geringere Dauer, indem besonders jene Theile leiden, welche nicht immer unter Wasser liegen. Diese Theile können ohne besonderen Schutz durch Bepflanzung mit Weidenstrauch, wovon später die Rede sein wird, oder durch Bedeckung mit Steinen, gar nicht gehalten werden. Ein weiterer Nachtheil ist, dass man bei Ausführung eines Faschinenbaues einen bestimmten niederen Wasserstand abwarten muss, indem die Krone der Packwerke während der Ausführung nicht vom Wasser überfluthet werden darf, was bei dem Steinbaue nicht der Fall ist.

§. 38.

Der *Packwerksbau erfordert* im allgemeinen *folgende Materialien:* 1) Gewöhnliche Faschinen, 2) Rippen oder Würste, 3) Flechtwerke, 4) Heftpfähle und 5) Beschwermaterial.

Das Hauptmaterial, wovon obige Bauelemente gebildet werden, ist der Strauch oder das Reisig.

Keine Holzart ist ganz unbrauchbar, doch sind hauptsächlich diejenigen Hölzer vorzuziehen, welche die grösste Festigkeit und Dauer versprechen und zugleich ein Reisig liefern, welches möglichst gerade und nachgiebig ist. — Diesen Eigenschaften entspricht der Weidenstrauch ganz besonders, daher dieser auch allgemein zum Faschinenbau verwendet wird. Auch geben die Erlen, Pappeln, Espen u. dgl. ein brauchbares Material. — Immer ist die Hauptbedingung, dass das Reisig frisch verbraucht werde, weil die Sprödigkeit, die es beim Trocknen annimmt, sehr nachtheilig wirkt und beim Biegen sogleich ein Brechen veranlasst; auch dürfen die Reiser nicht zu kurz sein, weil ihre Verbindung sonst zu unsicher ausfallen würde. Für Faschinen, welche zu Bauten verwendet werden müssen und längere Zeit vom Wasser nicht bedeckt werden, zeigen die weichen Holzarten den Nachtheil, dass das Reisig verdorrt und besonders spröde wird; für diesen Fall sind daher die Reiser von Eichen, Buchen, Birken, Haselnuss vorzuziehen, weil diese viel länger den erforderlichen Grad von Festigkeit beibehalten, als die übrigen zum Faschinenbau tauglichen Holzarten.

Da bei dem Packwerksbau die Faschinen zur Bildung einzelner Lagen verwendet werden, anfänglich auf das Wasser schwimmend zu liegen kommen und bei dem Auftreten der Arbeiter nicht vollständig eintauchen dürfen, so hat man bei der Wahl des Holzes noch darauf zu sehen, dass dasselbe sich dicht zusammenlegen lasse. Der Weidenstrauch ist in dieser Beziehung wieder der beste, da die Hohlräume in ihm am kleinsten ausfallen, indem die Nebenzweige bei demselben nur wenig von den Hauptzweigen divergiren, dagegen bei anderen Holzarten nahe einen rechten Winkel bilden. Die Faschinen von Weidenstrauch erfordern demnach auch die geringste Menge von Beschwerungsmaterial und gestatten dem Baue nur ein geringes Setzen. In gewissen Fällen kann auch das Nadelholz zum Faschinenbau verwendet werden, nur muss dasselbe gesund und nicht verdorret sein, d. i. es muss noch seine Nadeln haben. — Bei den Faschinen aus Laubholz ist es jedoch nicht vortheilhaft, wenn das Reisig belaubt ist, indem sie dadurch weniger Holz enthalten und die vorhandenen Hohlräume in den Faschinen sich weniger gut mit dem Beschwermaterial, das gewöhnlich aus Kies besteht, ausfüllen lassen. Belaubte Faschinen haben für den Bau mit schwimmenden Lagen allerdings den Vortheil, dass das feinere Beschwerungsmaterial nicht durchfällt und dass sie besser schwimmen, als unbelaubte; sie bieten jedoch dem Strome eine grössere Fläche dar und können von ihm leicht fortgerissen werden.

1) *Gewöhnliche Faschinen.* Die Faschine erhält solche Dimensionen, dass man sie bequem tragen und auswerfen kann; sie ist gewöhnlich so lang, dass ihr Schwerpunkt, wenn sie aufgestellt ist, etwas unter der Höhe der Schulter des Arbeiters liegt, damit er, wenn er eine der auf der Baustelle in Haufen zusammengestellten und sämmtlich auf ihrem Stammende stehenden Faschinen wegtragen will, sie nur gegen die Schulter zu lehnen und etwas zu heben braucht, wodurch sie auf seine Schulter fällt und diejenige Lage annimmt, in welcher sie am bequemsten getragen werden kann. Die Fig. 69, Taf. X, stellt eine solche Faschine dar; ihre Länge beträgt ungefähr 10 Fuss, ihre Masse ist auf die ganze Länge so vertheilt, dass der Schwerpunkt dem Stammende näher liegt, als dem Wipfelende. Der Durchmesser in der Mitte ist 9 Zoll und am Stammende 10 bis 12 Zoll, der kubische Inhalt ungefähr 3 Kubikfuss.

Von dem eingebundenen Strauche muss wenigstens die Hälfte, besser zwei Dritttheile, die ganze Länge der Faschine durchreichen, und einzelne stärkste Stäbe dürfen höchstens 1½ Zoll im Durchmesser haben. Zum Binden derselben werden ebenso, wie bei Anfertigung der Würste, eigene Weidenbänder, sogenannte Bindweiden, benützt, welche später näher

beschrieben werden sollen. Die Faschinen werden zweimal gebunden, und zwar 1 bis 1½ Fuss vom Stammende entfernt, und das zweite Mal in ihrer Mitte. — Gewöhnlich werden die Faschinen von eigenen Lieferanten schon gebunden am Orte der Verwendung eingeliefert und man muss sich besonders davon überzeugen, dass sie wirklich die gehörige Menge Strauch enthalten. Zur Prüfung der Dimensionen derselben bedient man sich häufig eines eisernen Ringes, Taf. X, Fig. 70, der mittels einer Charniere geöffnet und um die Faschine gelegt werden kann, was jedoch keine sehr genaue Probe ist. Besser ist eine an einen kleinen Ring geknüpfte Leine, Taf. X, Fig. 71, die um die Faschine geschlungen und deren Ende durch den Ring hindurchgezogen wird. Der Aufseher, welcher die Faschinen übernimmt, zieht das Ende stark an und sieht, ob er den Knoten, welcher den vorschriftsmässigen Umfang der Faschine bezeichnet, hindurch ziehen kann.

2) *Wippen oder Würste.* Sie dienen zur Verbindung der Faschinen in den einzelnen Lagen der Packwerke, bestehen gleichfalls aus Strauchbündeln, die jedoch eine viel grössere Länge haben, als die Faschinen, ferner sehr fest gebunden und dabei recht biegsam sein müssen, damit man sie in scharfen Krümmungen auflegen kann. Ihre Anfertigung erfolgt gewöhnlich auf der Baustelle.

Die Bänder, womit die Wippen gebunden werden, nennt man Bindweiden. Sie bestehen aus zähen Weidenreissern; ihre Länge ist 3 bis 4½ Fuss, ihre Stärke 7 bis 8 Linien. Diese Bindweiden müssen recht frisch sein, weil sie alsdann weniger brechen, und bedürfen einer besonderen Vorbereitung, ehe sie verwendet werden, indem sie sonst bei Anfertigung des Knotens zerreissen. Diese Vorbereitung besteht darin, dass die Holzfasern in der ganzen Länge der Ruthe eingeknickt, und dadurch von einander getrennt werden, ohne dass sie einzeln zerrissen werden dürfen. — Man erreicht dieses durch vorsichtiges Drehen. Der Arbeiter steckt das Wipfelende in die Spalte eines fest aufgestellten starken Stockes, oder tritt, was jedoch weniger bequem ist, zuweilen auch mit dem Fusse auf die Spitze der Ruthe; das Stammende hält er in den Händen und fängt an, es zu drehen, wobei er Sorge trägt, dass nirgends ein Bruch eintritt. Ist so die ganze Ruthe, wie ein Tau gedreht, so nimmt sie die stärksten Krümmungen an, ohne zu brechen.

Zum Binden der gewöhnlichen und der Senkfaschinen werden die Bänder auf ähnliche Art vorbereitet; zu dem der letzteren nimmt man meist Haselruthen, Birken oder Eschen. — In Ermanglung von Bindweiden wird auch Eisendraht zum Binden der Faschinen, Würste und Senkfaschinen benützt; er ist bei den ersteren 1 Linie dick, bei den letzteren auch stärker. Er muss jedoch vorher ausgeglüht und sodann langsam abgekühlt werden, damit er seine Sprödigkeit verliere. Man legt ihn um die stark gewürgte Senkfaschine und dreht seine beiden Enden mit einer Zange umeinander, bis er sie fest umspannt.

Zum Binden der Würste bedient man sich der sogenannten Wurstbank, Taf. X, Fig. 72 a und b. Es werden Böcke aus eingeschlagenen Pflöcken in Abständen von 2 Fuss errichtet, und zwar so viele, als für die längste Wurst erforderlich sind, oder auch weniger, in welchem Falle die Wurst verlegt werden muss.

Man wählt zu Würsten dünnes langes Reisig, welches recht frisch und zähe ist, und bedient sich zum Zurichten des Holzes des Faschinenmessers, Taf. X, Fig. 73. Das Strauchwerk wird nur in dem Masse auf die Bank gelegt, dass die Stärke der Wurst 5 bis 6 Zoll beträgt, ferner dass die Stammenden gleichmässig vertheilt werden, und das Reisig immer nach einer Richtung läuft. Sodann werden die Würste von Fuss zu Fuss gebunden; der Arbeiter bildet an dem Wipfelende der gedrehten Bindweide eine Schleife, wie Fig. 74, Taf. X zeigt, legt diese auf die Wurst so, dass das Stammende der Ruthe von ihm abgekehrt ist, zieht das Letztere unter der Wurst hervor und durch die Schleife durch. Dieses wird nun angezogen, in derselben Richtung wie früher gedreht, und indem die Windungen sich gegen einander drängen, bildet sich von selbst ein Knoten. Bis eine zweite Windung sich unter den bereits gebildeten Knoten legt, Taf. X, Fig. 75, wird das Stammende der Bindweide in das Strauchwerk gesteckt, und der folgende Bund darüber, d. i. über das Ende der Bindweide gelegt.

3) *Flechtbänder.* Statt der Würste gebraucht man oft die Flechtbänder; sie sind billiger als jene, und ebenso brauchbar. Das Holz hiezu wird ebenfalls aus Weidenreisig ausgesucht, muss möglichst gerade und biegsam sein, und darf höchstens eine Stärke von 1½ Zoll, und soll eine Länge von 12 bis 15 Fuss haben. Drei solche Ruthen oder Flechtengerten, deren Enden gehörig versteckt werden, dreht man zusammen und drei solche Stränge werden nun, wie Taf. X, Fig. 76 zeigt, zusammengeflochten. Das Drehen und Flechten geschieht unmittelbar aufeinander, weil sonst die langen Stränge die Arbeit un-

bequem machen würden und leicht aufgehen könnten. Die Flechtbänder oder Würste werden auf die Faschinenlagen mittels Heftpfählen, die man bei den ersteren durch die Maschen durchschlägt, befestigt.

4) *Heftpfähle.* Sie dienen zur Befestigung der Würste oder Flechtbänder auf den Faschinenlagen.

Das Holz zu diesen Pfählen wird gewöhnlich schon bei dem Schlagen des Faschinenstrauches erübrigt, indem man die stärksten Aeste, die zu den Faschinen nicht mehr benützt werden können, dazu verwendet. Hat man Nadelholz, so ist es besser, sie daraus zu spalten.

Die Länge der Heftpfähle ist 4 bis 4 ½ Fuss, die mittlere Stärke 1 ½ bis 2 Zoll; man rechnet 2 Stück für jede einzelne Faschine.

Die Pfähle werden vor ihrer Verwendung zugespitzt, mit ebenen Köpfen und an den Seiten auch mit Haken versehen, um das Herausziehen zu verhindern. Fig. 77, a, b, c und d.

Ein Ausziehen der Pfähle wird auch noch dadurch vermieden, dass man dieselben etwas schräge eintreibt, und zwar abwechselnd nach einer und der andern Seite. Man schlägt sie immer so weit ein, dass sie noch bei 9 Zoll hervorstehen; dadurch erreicht man den Vortheil, dass die darüber gelegten Faschinen, welche zur folgenden Lage gehören, von den vorstehenden Pfahlköpfen gehalten werden.

5) *Beschwerungsmaterial.* Es dient dazu, um die einzelnen schwimmenden Lagen zum Sinken zu bringen, und ist gewöhnlich Kies, welcher meist aus dem Flussbette, an den der Arbeit am nächsten liegenden seichten Stellen gegraben oder gebaggert wird. Er hat die gute Eigenschaft, dass man ihn gleichmässig vertheilen kann, dass er durch die Faschinen nicht durchfällt und nicht leicht fortgeschwemmt wird. Uebrigens können in seiner Ermanglung auch andere Erdarten wie z. B. fette Erde, auch Sand verwendet werden. Letzterer fällt zwar leicht durch die Zwischenräume durch, aber dieser Umstand ist nur in so lange nachtheilig, als die Lage noch schwebend ist; sobald sie aber auf dem Flussbette oder auf einer andern Lage aufruht, hört das Durchfallen auf, und der in die Lage eindringende Sand füllt die Zwischenräume aus, was nur ein Vortheil ist. Kies mit Sand untermengt, ist am besten von allen Beschwerungs-Materialien.

Faschinenwerke, die mit Sand ausgefüllt werden, setzen sich weniger als die andern, und bilden auch eine compactere Masse. — Zuweilen bedient man sich der fetten zähen Thonerde, welche jedoch keine Klumpen bilden und nicht zu lange unbedeckt bleiben darf; denn sonst würde sie sich erweichen und vom Strome fortgeschwemmt werden.

Grössere Steine kann man als Beschwerungsmaterial im Innern der Werke nicht verwenden; man benützt sie jedoch, wenn der Bau fertig ist, zur Bedeckung und Belastung der Kronenebene, der Dossirungen oder der letzten schwimmenden Lage.

§. 39.

Das Packwerk besteht aus einzelnen Faschinen-Lagen und jede derselben wird mit Beschwermaterial bedeckt; damit dieses jedoch vom Strome nicht fortgespült werde, muss das Beschwerungsmaterial selbst wieder bedeckt werden und dies geschieht durch die nächstfolgende Faschinenlage. Es folgt hieraus, dass Faschinen und Beschwerungsmaterial sich gegenseitig überdecken müssen.

Die einzelnen Faschinenlagen werden schwimmend gebildet und liegen während ihrer Zusammenstellung horizontal auf der Oberfläche des Wassers ausgebreitet. Nun müssen sie versenkt werden. Man könnte sie in horizontaler Lage versenken, wenn nicht hiedurch jeder feste Anschluss sowohl an das Land als auch an den schon fertigen Bau verloren ginge. Um diesen nothwendigen Anschluss zu erhalten, ist man genöthigt, die Lage schräge und zwar um eine auf die Richtung des Werkes normale horizontale feste Achse sich drehend, welche den vorbesagten Anschluss an die vorhergehende Lage oder an das Ufer bildet, so zu versenken, dass kein Abrutschen des Beschwerungsmaterials stattfinden kann.

Taf. X, Fig. 78 a und b stellen ein im Bau befindliches Packwerk dar.

Die wichtigsten Rücksichten dabei sind:

1) Das ganze Werk muss an allen Seiten eine entsprechende nothwendige Böschung erhalten; diese ist an den Seitendossirungen mit 45 Graden genügend.

2) Die Faschinen müssen möglichst parallel auf einander und voll auf Fug liegen, weil man dadurch die Zwischenräume vermeidet.

3) Die einzelnen Lagen dürfen beim Versenken nicht zu steil, oder wie man zu sagen pflegt, auf den Kopf gestellt werden, weil sonst das Beschwermaterial abrutschen würde. Die grösste noch zulässige Neigung dürfte etwa der zweifachen Anlage gleichkommen, d. i. 26 Grade 34 Minuten Böschungswinkel haben, endlich

4) muss jede folgende Lage die vorhergehende gehörig überdecken, um das Abtreiben des Beschwerungsmaterials durch den Strom zu verhindern, und

die einzelnen Faschinenlagen müssen so construirt werden, dass die Wipfelenden d. h. die Besen der Faschinen überall die äussere Decke der Lage bilden.

Man bestimmt die Längen der einzelnen Lagen, indem man sie im Profile als bereits versenkt einzeichnet und dabei die angenommene Neigung derselben zu Grunde legt, wie es die Fig. 78 b, Taf. X zeigt. Aus dieser Zeichnung lässt sich wohl die Länge der Lagen in der Mittellinie bestimmen, um aber auch anzugeben, wie weit dieselben seitwärts über die Krone hervorragen sollen, muss man genau ihre Form und Ausdehnung kennen lernen. Hiezu verzeichnet man sich die nöthigen Profile. Es sei Taf. X, Fig. 79 b das Längenprofil einer Buhne durch die Achse derselben, ferner sei A B diejenige Faschinenlage, deren Form und Grösse man bestimmen will; man trage nun die Länge A B in die Horizontale A E auf, und ziehe im Grundriss, Fig. 79 a, die dem Punkte E entsprechende Linie. Wie weit aber die Lage seitwärts über die Krone des Werkes hinausreichen müsse, ergibt sich aus dem Querprofile Fig. 79 c, wenn man die Anlage der Seitenböschung des fertigen Werkes, oder die Linien D D ermittelt. Bei einfacher Anlage ist D gleich der Höhe des Profils; man trägt dieselbe im Grundrisse zur Seite der Kronenkante auf und zieht die Seitenlinien, so ist die gesuchte Form der Faschinenlage bestimmt. Man könnte auch den Winkel α bestimmen, welcher für die angenommenen Böschungen der Seitenflächen constant bleibt. Bei Böschungen mit zweifacher Anlage für die Lagen und einfacher Anlage für die Seitenflächen, ist der Winkel $\alpha = 24^0\text{-}6'$.

Wenn die Sohle des Flussbettes unregelmässig ist, so muss man zwei Längenprofile zur Bestimmung der Lagen sich verzeichnen und zwar durch die beiden Ränder der Kronenebene. Auf Taf. X, Fig. 80 a seien M M und L L zwei solche Profile, welche in die Vertikal-Projektion des Werkes eingetragen sind. Wird die Neigung, welche die Faschinenlage A B annehmen soll, daselbst eingezeichnet, so geben dann die Durchschnittspunkte B und F mit den Profilen die Länge der Lage in beiden Richtungen an, und man hat dieselbe nur im Grundrisse, Taf. X, Fig. 80 b aufzutragen, um dort die Punkte B und F zu erhalten. Die gerade P R, welche durch die Punkte B und F geht, bestimmt die äussere Grenze der Lagen. Trägt man also auch die Seitenlinien nach dem bekannten Winkel $\alpha = 24^0\text{-}6'$ auf, so ist die ganze Form der Lagen bekannt. Wenn die Lage A B die Sohle nicht mehr in einer geraden Linie schneidet, so dass bedeutende Abweichungen vorkommen, so müssen ausser den Profilen M M und L L noch andere aufgenommen werden, damit man eine grössere Anzahl Punkte der Linie R P bestimmen kann. Strenge genommen würde die Linie R P eine krumme sein, allein hierauf kann in der Praxis keine Rücksicht genommen werden, weil eine so grosse Genauigkeit doch nie zu erreichen ist.

Wenn man auch in der Ausführung die Lagen nicht immer so genau construirt, wie dies eben angegeben wurde, so dient eine solche Aufzeichnung doch dazu, einen klaren Begriff von solchem Baue zu geben, und bezeichnet dem Faschinenleger diejenigen Punkte, worauf er beim Baue hauptsächlich zu achten hat. — Ein geübter Faschinenleger macht sich die Construction im Kopfe, indem er dazu nur von Zeit zu Zeit mit der Peilstange die Wassertiefen misst und sich den Winkel α zur Bestimmung der Seitenbegrenzung durch irgend welche entfernten Gegenstände bezeichnet.

Das Resultat, welches aus obiger Construction hervorgeht, erleidet in der Praxis eine Aenderung, weil die Faschinen an ihren Wipfelenden sehr schwach ausfallen und daselbst wenig Masse haben. Die Faschinen müssen demnach 2, 2½ selbst 3 Fuss weiter ausgreifen, als es die Construction bedingt. Ferner ist auch die Lage der Drehungsachse zu berücksichtigen; sie liegt in der untern Grundfläche der Faschinenlage und zwar an der Grenze des bereits vollständig comprimirten Theils des Werkes. Misst man also die Wassertiefen, so muss man dazu noch den Vertikal-Abstand der durch die Drehungsachse gehenden Horizontalebene von dem Wasserspiegel addiren, um die Höhe des Baues zu erhalten. Die beiden Seitenkanten der Kronenebene werden durch je zwei Signalstangen auf dem Ufer bezeichnet.

Während des Baues verändert sich schon die Tiefe des Bettes, weil der vollendete Theil, eben so wie eine fertige Buhne, vor dem Kopfe schon vertiefend wirkt. Man muss sich daher während des Baues durch Peilungen in steter Kenntniss von diesen Tiefenveränderungen erhalten, damit man nicht Lagen versenke, welche zu kurz sind, sich nach dem Versenken zu steil stellen und auch nicht die richtigen Seitenböschungen bilden.

Bei der so eben beschriebenen Construction der Lagen wurde deren Dicke gar nicht berücksichtigt. Dies ist indessen sehr leicht mit der Construction zu vereinbaren, wenn nur jede Lage in ihrer ganzen Ausdehnung gleiche Stärke hat und sich von der Krone des Werkes bis zur Flusssohle erstreckt; die gefundene Fläche ist dann nichts anders, als die

untere Basis der neuen Faschinenlage, oder derjenigen Ebene, worin diese die vorhergehende Lage berührt, nachdem beide vollständig versenkt sind.

Die Stärke der Lage beträgt nach vollständiger Comprimirung 3 Fuss; sie muss aber im losen Faschinenkörper bedeutend grösser sein, damit sie später durch die Zusammenpressung nicht zu schwach wird. Die Lagen werden aus 5 bis 6 Faschinenlagen gebildet, deren Dicke sich dann durch Comprimirung bis auf 3 Fuss vermindert; sie nimmt in dem Masse ab, wie der Druck des aufgebrachten Beschwerungsmaterials zunimmt. Man belastet die Lagen keineswegs so stark, dass sie gleich vollständig niedersinken, sondern nur allmählig, damit jede Lage noch so lange schwimme, bis sie durch die folgende überdeckt und weiter herabgedrückt wird. Das Profil, Taf. X, Fig. 78 b, zeigt dieses Verhalten der einzelnen Lagen. In einem solchen Stande, wie diese Figur zeigt, darf ein Bau durchaus nicht verlassen werden oder gar für immer stehen bleiben, indem er dem Strome nicht hinreichenden Widerstand entgegensetzen würde, und auch das Beschwermaterial weggespült werden möchte. Man muss vielmehr vor dem Eintreten eines Hochwassers oder bei dem Schlusse des Baues die Lagen auf später angegebene Weise, mittelst Aufbringung von gröberem Beschwerungsmaterial versenken.

Bei dem Baue der Packwerke kommt ein Umstand in Betracht, der häufig Schwierigkeiten verursacht. Es wurde früher vorausgesetzt, dass die Sohle des Flussbettes an der Stelle, wo die Faschinenlage dieselbe berührt, nahe horizontal sei oder wenigstens in der Richtung des Baues nicht stark falle. Wenn nun dies nicht der Fall ist und die Sohle eine grössere Neigung hat als jene, welche die Faschinenlage selbst erhalten soll, so muss man der letzteren an ihrem äussersten Ende eine grössere Dicke geben, als in dem Theile, wo sie auf der vorhergehenden Lage oder der minder geböschten Sohle aufliegt, und man nennt alsdann eine solche Lage eine *Pülvlage*. Auf Taf. X, Fig. 78 b müssen die zweite, dritte und vierte Lage solche Pülvlagen sein. — Die vorstehenden hergeleiteten allgemeinen Regeln der Anordnung der Packwerke finden sowohl für Buhnen, Parallelwerke, als auch für Uferdeckungen Anwendung.

§. 40.

Bereits ist gesagt worden, dass das Packwerk aus sich überdeckenden, schief versenkten, einzelnen Lagen besteht; es soll nun zunächst das Verfahren des Verbindens und Versenkens der einzelnen Lagen, das sich bei jeder derselben wiederholt, näher beschrieben werden. Von den Vorsichtsmassregeln, welche bei dem Anschlusse des Werkes an das Ufer, so wie zur Sicherung der Dossirungen, des Kopfes u. s. w. erforderlich sind, wird später die Rede sein. — Auf Taf. XI, Fig. 81 a, b, c, ist der Bau einer Lage in den verschiedenen Perioden dargestellt, so wie auch durch die punktirten Linien die Ausdehnung der nächstvorhergehenden als vollendet vorausgesetzten, und die der nun zunächst herzustellenden Lage. Das Beschwerungsmaterial ist jedoch auf der nun fertigen Lage, die noch schwimmen soll, und zwar auf ihrem vorderen Theile nur im geringeren Masse, auf dem rückwärtigen Theile derselben, d. i. an ihrem Anschlusse an das schon festliegende Werk ist jedoch ein hoher Haufen desselben aufgeführt, der einerseits die vollständige Compression hier bewirkt, andererseits als vorläufiges Depot dienen soll, um die Beschwerung der neuen Lage möglichst rasch bewirken zu können.

Die einzelnen Faschinen werden alle parallel so neben einander gelegt, dass die Wipfelenden nach aussen gekehrt sind. Die hergestellte noch schwimmende Lage dient der nun neu herzustellenden als Unterstützung, jedoch muss die neue Lage verhältnissmässig weiter in den Strom vorwärts reichen, als die bereits hergestellte. Es kommt nun darauf an, den vorwärts greifenden Theil der neuen Lage, die sogenannte *Ausschusslage* oder Vorlage (d. i. den Theil, um welchen die obere Lage über die untere vorspringt) in den Strom zu treiben, ohne dass die vorhergehende Lage zu sehr belastet wird, da sie sonst untersinken würde. Hiezu werden nun auf dem stromaufwärts gekehrten Ecke die ersten Faschinen fächerartig ausgeworfen, und an diese schliessen sich die folgenden so an, dass die äussere mit der Stromrichtung parallele Seite der vorhergehenden Lage mit einer Faschinenreihe überdeckt wird, welche die beiden Ecken noch umfasst, wie die Fig. 81 a zeigt. Diese erste Faschinenreihe der Ausschusslage springt in den Ecken nur wenig über die vorhergehende Lage vor, während dieser Vorsprung an der vorderen Seite unter günstigen Umständen selbst die halbe Faschinenlänge betragen kann. Es ist jedoch zuweilen schwierig, selbst nur einen geringen Vorsprung zu gewinnen, in welchem Falle man zu besonderen Massregeln, die später beschrieben werden, greifen muss.

Die einzelnen Faschinen müssen nicht nur recht regelmässig in geschlossener Reihe, zugleich mit Rücksicht auf die der Lage zu gebende Form, ausgewor-

fen werden, sondern diese Arbeit muss auch möglichst schnell erfolgen, da bei zunehmender Belastung die unten schwimmende Lage zu sinken anfängt. Der Faschinenleger (Krippmeister) steht jedesmal an der Stelle, wo die nächstfolgende Faschine gelegt werden soll, nimmt vom Arbeiter die ihm zugetragene Faschine und wirft sie an ihre Stelle; hat er die gehörige Uebung, so fällt die Faschine sogleich in ihre bestimmte Lage, so dass gar kein weiteres Rücken derselben erforderlich ist. Ein gar zu ängstliches Legen ist ohne allen Nutzen. Zwischen den Faschinen dürfen freilich keine weiten Räume offen bleiben, und noch weniger dürfen die Faschinen stellenweise auf einander liegen, es schadet aber gar nichts, wenn das Stromende einer Faschine bis zu einem halben Fuss gegen den übrigen vortritt oder zurück liegt.

Die Bildung der scharfen Ecken ist zu vermeiden, und sie müssen in denselben immer ungefähr normal gegen die Curve gelegt werden, welche die Reihe oder besser gesagt, die Lage an den Ecken begrenzt. Nachdem nun in dieser Weise die erste Reihe der Ausschusslage gelegt ist, werden in gleicher Weise alle folgenden Reihen gelegt, von denen jedoch jede gegen die vorhergehende etwas vortritt, bis man die beabsichtigte Ausdehnung der Lage erreicht hat. Die Ausschusslage besteht nach Umständen aus drei bis sechs und zuweilen noch aus mehr Faschinenreihen. Es kommt aber darauf an, durch die verschiedenen über einander greifenden Faschinenreihen die Ausschusslage in der bestimmten Form darzustellen, wobei man auf die Wipfelenden der Faschinen, da diese zu wenig Masse haben, Rücksicht nehmen, und sie über die beabsichtigte Begrenzung der Lage 2½ bis 3 Fuss hinausreichen lassen muss. Taf. XI, Fig. 81 b zeigt die fertige Ausschusslage aus drei Reihen bestehend, im Grundrisse, und Fig. 81 d im Längendurchschnitte.

Zum Beischaffen der Faschinen müssen Arbeiter in der nöthigen Anzahl angestellt werden; diese muss um so grösser sein, je weiter der Faschinenhaufen entfernt ist. Jeder Arbeiter nimmt von dem Haufen eine Faschine auf die schon beschriebene Weise auf die Schulter und trägt dieselbe an den Ort der Verwendung, wo sie gelegt werden soll, indem er sie vor dem Krippmeister auf das Stammende stellt, der sie nun mit beiden Händen fasst und, wie beschrieben, verlegt. Die zurückgehenden Arbeiter müssen den Zutragenden ausweichen und es ist am besten, wenn man beiden besondere Wege anweist, wobei der bequemere und nähere Weg für die belasteten Arbeiter dient.

Nachdem die Ausschusslage beendigt ist, geht man sogleich zur *Rücklage* über, die ihren Namen von der Art ihrer Zusammensetzung erhalten hat. Von der äussersten Reihe der Ausschusslage lässt man jede folgende Reihe etwas zurücktreten, wodurch die Rücklage sich bildet. Die Richtung der einzelnen Faschinen, so wie auch die Anordnung der ganzen Reihen, ist ganz so wie bei der Ausschusslage. Durch das Zurücktreten der Reihen werden immer die Stammenden der vorhergehenden überdeckt, wodurch man in der fertigen Rücklage nur die Wipfelenden der Faschinen sieht, und bei sorgfältiger Arbeit muss die ganze Strauchfläche ziemlich eben sein und keine Unregelmässigkeiten bemerken lassen. Da die Faschinen bei dem Bau der Rücklage immer auf der darunter befindlichen Lage sicher aufliegen, so ist auch die Herstellung derselben durchaus nicht schwierig, und sollte auch die untere Lage stellenweise etwas sinken, so bilden die Würste und Köpfe derselben so viele Unebenheiten in ihrer Oberfläche, dass ein Forttreiben der fertigen Ausschusslage nicht leicht erfolgen kann. — Sollte bei der Ausschusslage irgend ein Fehler begangen worden sein, so lässt sich derselbe bei der Rücklage immer leicht verbessern. Die grössere Stärke der Lage wird dadurch hervorgebracht, dass die einzelnen Reihen nur wenig zurücktreten, während durch ein weiteres Zurücktreten die Lage dünner wird. Taf. XI, Fig. 81 b zeigt den Anfang der Rücklage im Grundrisse, und Fig. 81 c im Längendurchschnitte.

Um die Zwischenräume zwischen den gebundenen Faschinen auszufüllen, pflegt man zuweilen in der Rücklage, wo ein Forttreiben der Reiser nicht mehr zu besorgen ist, die Bänder der Faschinen aufzuhauen und die Reiser gleichmässig auszubreiten, wodurch jedoch kein wesentlicher Vortheil erzielt wird; im Gegentheile, wenn eine Unterbrechung des Baues eintreten muss, so ist dieses nur sehr zum Nachtheile des Werkes, wesshalb es gewiss vorzuziehen ist, dies zu unterlassen, und um so mehr, als die Bänder doch einigermassen den Zusammenhang der ganzen Masse fördern.

Sobald die im Legen begriffene letzte Faschinenreihe den auf die vorhergehende Lage aufgesetzten Kieshaufen oder auch nur den festen Theil des Werkes erreicht, beginnt man die Lage *in ihren Theilen zu verbinden,* damit sie das Senkmaterial tragen und als zusammenhängende Masse herabsinken kann, ohne sich aufzulösen. — Diese Verbindung geschieht durch

Uebernageln der Würste oder der *Flechtbänder*. — Zuerst bringt man die sogenannten *Randwürste* auf, das heisst, man legt möglichst nahe am Rande der neuen Lage zwei Würste neben einander, welche die ganze Lage umgeben und bis zum festen Theile des Werkes oder bis zum Kieshaufen reichen. Sind die Würste nicht lang genug, so müssen sie gestossen werden; man sorgt aber dafür, dass die Stösse beider Randwürste nicht zusammentreffen. In jedem Stosse schiessen beide Enden auf etwa 4 Fuss an einander vorbei. In Abständen von 2 Fuss werden Faschinenpfähle durch die Würste, abwechselnd nach der innern und äussern Seite etwas geneigt, so weit durchgetrieben, dass ihre Köpfe 6 bis 9 Zoll noch über die Würste vorstehen. Diese herausreichenden Köpfe dringen nun in die darauf zu liegen kommende Lage ein, und bezwecken hiedurch eine Verbindung mit derselben. Parallel zu den Randwürsten werden andere Würste in gleicher Weise — wenn möglich gleichzeitig — gelegt, die am vorderen Theil der Lage von jenen, wie auch unter sich 2 bis 3 Fuss entfernt sind, sich aber am rückwärtigen Theil der Lage einander nähern, damit sie sämmtlich, ohne sich zu kreuzen, an den festen Theil des Werkes angeschlossen werden können. Die obere Hälfte der Fig. 81 c zeigt diese Anordnung.

Sodann gehört noch zur Vervollständigung der Lage *das Aufbringen des Beschwermaterials*. — Die ganze Lage wird bis zu den Randwürsten beschüttet, jedoch nur so hoch, dass sie nicht vollständig versinkt, sondern noch immer über dem Wasser bleibt. Der vordere Theil der Lage darf besonders nicht zu stark belastet sein; weiter rückwärts jedoch muss, damit eine vollständige Comprimirung ausgeübt werde, das Beschwerungsmaterial reichlicher aufgetragen werden. Damit diese Arbeit rasch vor sich geht, bedient man sich des Materials, welches am rückwärtigen Theil der unteren Lage als Depot angehäuft war, gleichzeitig wird aber auch von dem entfernteren Vorrathe solches zugeführt und auf der neuen Lage wieder ein solcher Depothaufen errichtet.

Um ein *plötzliches starkes Sinken* der Lage zu *verhindern*, ist es zweckmässig, durch Stösse mit der Handramme die Lage gleich anfangs bei Aufbringung des Beschwermaterials zu erschüttern, wodurch die zwischen den Reisern und Blättern befindliche Luft herausgetrieben und ein plötzliches Nachsinken vermieden wird.

Der Bau mit einzelnen Lagen in der eben angegebenen Weise, wird nur immer bis in die Höhe eines durch längere Zeit andauernden kleinen Wasserstandes hergestellt, und wenn das Werk eine grössere Höhe erhalten soll, so wird es bis zu dieser erforderlichen Kronenhöhe in einer andern bequemeren Weise aufgeführt. — Man macht den Bau mit schwimmenden Lagen desshalb nur innerhalb einer kleinsten Grenze, weil mit der Zunahme der Grösse der Lagen die Schwierigkeit des Baues und folglich auch seine Kosten unverhältnissmässig sich steigern.

Zur *Erhöhung des Baues* werden Faschinen und Erdlagen abwechselnd aufgeführt; da jedoch hier die Würste, welche zur Verbindung der Faschinenlagen nicht fehlen dürfen, immer nur parallel zur Achse des Werkes gelegt werden können, so ist es am besten, die Faschinen in diesen oberen Lagen quer über das Werk, oder normal gegen die Achse, und zwar mit den Wipfelenden nach aussen zu legen. Die Vertheilung und Befestigung der Würste ist dieselbe wie bei den andern Lagen.

§. 41.

Bei heftiger Strömung geschieht es sehr leicht, dass die ersten Faschinen der Ausschusslage vom Strome erfasst und mit dem Wipfelende stromabwärts gekehrt oder gar ganz fortgerissen werden. Im ersteren Falle verlieren sie ihre geschlossene Lage und sind durchaus zu einer weiteren Herstellung der Reihe nicht geeignet, im letzteren Falle ist man noch weniger, vielmehr gar nicht in der Lage, den Bau in der vorbeschriebenen Weise fortzusetzen. Die Mittel, die man anwenden kann, um dieses zu verhindern, sind verschieden und zwar folgende: 1) Die Verwendung unbelaubter und trockener Faschinen, 2) die Festnaglung der Faschinen, 3) der Bock, 4) die gekreuzten Faschinen, 5) die schwebenden Lagen, 6) der Schwimmbaum.

Unbelaubte und trockene Faschinen, die theils das Wasser weniger aufhalten und daher einen schwächeren Druck erfahren, theils aber wegen ihres geringeren specifischen Gewichts nicht so leicht fortgezogen werden können, wendet man gewöhnlich an der vorderen Ecke an, wo die Gefahr des Fortreissens der Faschinen am grössten ist; weiter entfernt hievon kann man wieder gewöhnliche Faschinen verwenden.

Zuweilen geschieht es, dass man an den Stellen, wo der Angriff am stärksten ist, recht fest und gut gebundene *Faschinen an die untere Lage festnagelt*, was allerdings die Stabilität der einzelnen Faschinen vermehrt, aber durch die Verzögerung der Arbeit die Gefahr steigert.

Ein weiteres häufig angewendetes Mittel ist *der Bock.* — Er ist eine mit Pflöcken bespickte Wurst, Taf. XI, Fig. 82, welche über einige schnell gelegte Faschinen der Reihen der Ausschusslage geworfen, dieselben mit seinen Pflöcken fasst und zusammenhält, während die nächsten anstossenden Faschinen auf diese bespickte Wurst gelegt, und von derselben auch festgehalten werden. Hiedurch wird jedoch das unmittelbare Aufliegen und Ineinandergreifen der Faschinen verhindert, indem sich hohle Räume bilden. Von diesem Mittel sollte daher nicht zu häufig und nur dann Gebrauch gemacht werden, wo es eine stärkere Strömung unbedingt erfordert.

Die *gekreuzten Faschinen* sind zwei recht feste mit einander kreuzförmig verbundene Faschinen, Tafel XI, Fig. 83. Jedes Faschinenpaar wird so verlegt, dass das Sturzende der einen Faschine gegen die Randwurst der untern Lage gestützt wird, während man das der andern Faschine auf diese Randwurst festpflöckt. Dieses Mittel hat übrigens auch den Nachtheil, dass sich hohle Räume bilden, die erst bei starker Beschwerung verschwinden.

Die sogenannten *schwebenden Lagen* sind ein Mittel, um bei heftiger Strömung den Ausschuss recht weit vorzutreiben. — Die Faschinen liegen um so sicherer, je vollständiger die Reihe, d. h. je mehr sie in ihrer ganzen Ausdehnung ausgeführt ist. Wenn man daher diese Reihen nicht auf dem Wasser schwimmend, sondern über demselben schwebend bildet und sie erst eintauchen lässt, wenn sie vollständig fertig sind, so ist die Gefahr einer Zerstörung sehr vermindert und dieselbe verschwindet beinahe ganz, wenn mehrere sich überdeckende Faschinenreihen gleichzeitig herabsinken. Man steckt, wie die Fig. 84, Taf. XI zeigt, starke Aeste in die bereits hergestellte Lage fest ein, lehnt die erste, sodann die zweite und wenn möglich auch die nächstfolgenden Faschinenreihen dagegen, bis endlich durch das zunehmende Gewicht der Faschinenreihen die eingesteckten Aeste entweder brechen oder sich so sehr biegen, dass der ganze Ausschuss auf einmal in das Wasser sinkt.

Der *Schwimmbaum* gewährt selbst unter den schwierigsten Umständen die Möglichkeit, den Ausschuss recht weit vorzutreiben. Ein Balken, welcher so lang ist, als die Lage breit werden soll, wird mittelst eines Taues am Ufer, oder mittelst eines Ankers so befestigt, dass er, wie Taf. XI, Fig. 85 zeigt, in geringem Abstande von der bereits fertigen Lage schwimmt. Die Faschinen werden in gewöhnlicher Weise ausgeworfen, fallen jedoch nicht in das Wasser, sondern ruhen mit ihren Wipfelenden auf dem Schwimmbaum, durch den sie getragen und in der Lage gehalten werden. Der Baum muss jedoch, bevor ihn die Faschinen der folgenden Reihen zu sehr beschweren, mittelst Haken weiter vorwärts geschoben werden, um die folgenden Reihen aufzunehmen. Zuletzt, wenn der Ausschuss entsprechend vorgetrieben ist, bleibt er an seiner Stelle, während die Rücklage aufgepackt wird, und erst wenn die Würste festgenagelt sind und das Beschwermaterial auf dem vorderen Theil zu wirken anfängt, zieht man ihn an dem Tau, woran er befestigt wurde, heraus.

§. 42.

Da die Packwerksbauten vielfachen Angriffen und Beschädigungen ausgesetzt sind, so muss man, um ihnen eine grössere Dauer zu verschaffen, *jene Theile derselben, welche besonders vom Angriffe des Stromes zu leiden haben, eigens sichern.* Diese sind: die Wurzel, der Kopf, die Krone, die Seitendossirungen und die Sohle. — Keine Beschädigung ist so gefährlich, als der Durchbruch der Buhne oder des Parallelwerkes an der Wurzel. Von dem übrig bleibenden Theile ist nie mehr eine vortheilhafte Wirkung zu erwarten; im Gegentheile, er wirkt nachtheilig und man muss sich beeilen, ihn ganz zu beseitigen, wenn er sich nicht mehr an das Ufer anschliessen lässt. Die früher erwähnte Vorsichtsmassregel, die Krone niedriger als das Ufer zu halten, ist nicht genügend; man muss ausserdem noch für einen *soliden Anschluss des Werkes an das Ufer sorgen.*

Der Bau wird immer am Ufer begonnen, es muss demnach mit dem so wichtigen Anschlusse oder mit der Wurzel der Anfang gemacht werden. Man gräbt in der Richtung der Buhne einen *Einschnitt* in das Ufer so tief, wie dieses bei dem gerade bestehenden kleinen Wasserstande geschehen kann, und nur bei einem solchen kann der Bau vorgenommen werden. Die Breite des Einschnittes muss so gross gemacht werden, dass die Kronenbreite und auch die Seitenböschungen sich in der Wurzel noch übereinstimmend mit dem freiliegenden Theile des Werkes darstellen lassen. Die Länge des Einschnittes ist von der Länge und Richtung der Buhnen, von der Festigkeit des Bodens, von der Beschaffenheit der Ufer und von der Strömung abhängig, und muss sich jedenfalls so weit erstrecken, dass sie eine Uferstelle erreicht, die höher als die Krone der Buhne ist, damit keine vertiefte Rinne zwischen dem Ufer und der Wurzel übrig bleibe. Bei kleineren Flüssen

und günstigen Umständen pflegt man den Einschnitt 18 bis 24, bei grösseren Strömen mit flachen Ufern und andern ungünstigen Umständen oft 60 bis 120 Fuss lang zu machen.

Man beginnt sodann mit dem Auswerfen der Faschinen am rückwärtigen Ende des Einschnittes in der Weise, dass die Stammenden gegen das Ufer gekehrt sind und als ob man eine Ausschusslage bilden wollte, nur dass im Einschnitte die Faschinen parallel zur Längenachse des Werkes gelegt werden. Hat man so das äussere Ende des Einschnittes erreicht, so muss nach Massgabe der grösseren Tiefe sogleich eine Verbreiterung der Ausschusslage erfolgen, und der hier beginnende Theil des Baues ist nach den bereits gegebenen Andeutungen schwimmend auszuführen. Senkt sich das Bett sehr steil, so muss man sogleich die erste Lage als Pülvlage herstellen, um derselben die beabsichtigte Neigung zu geben. Die Strömung ist gewöhnlich neben dem Ufer am schwächsten, wesshalb die ganz regelmässige Einleitung des Baues entweder aus freier Hand, oder mit Hülfe des Schwimmbaumes sehr erleichtert ist. Ist der Ausschuss fertig, so wird die Rücklage ebenso, wie früher beschrieben, gemacht; sobald man aber in den Ufereinschnitt zurückgekommen ist, werden die Faschinen wieder parallel zur Achse des Werkes gelegt, und die Rücklage bis an das Ende des Einschnittes fortgesetzt. Die Würste werden auf den schwimmenden Theil der ersten Lage ganz in derselben Art, wie schon bei dem Bau einer Lage beschrieben wurde, aufgenagelt, und reichen sämmtlich in den Einschnitt hinein, wo man sie schräge halten muss, damit sie möglichst viele Faschinen fassen. Eine Ueberkreuzung der Würste darf hier nicht stattfinden, weil dadurch hohle Räume gebildet würden; es ist daher am passendsten, die Würste so zu legen, wie es Taf. XI, Fig. 86 zeigt. Das Aufbringen des Beschwermaterials geschieht ebenfalls so, wie schon beschrieben wurde.

Ist die erste Lage beendet, so beginnt man in ganz gleicher Weise die zweite, welche eben so in den Einschnitt eingreift, so wie auch, wenn es die Höhe des Werkes erfordert, die vorgeschriebene Erhöhung des Baues, worauf erst die Erde in den Einschnitt lagenweise bis in das Niveau des Ufers aufgeführt, gestossen und hiedurch der Einschnitt verschüttet wird.

Bei grosser Wassertiefe unmittelbar vor dem Ufer ist es allerdings schwierig, die ersten Lagen so zu construiren, dass sie die beabsichtigte flache Neigung gleich nach dem Versenken annehmen. Sollte dieses durch starke Pülvlagen, welche mit Hülfe des Schwimmbaumes herzustellen wären, nicht möglich sein, so überwindet man diese Schwierigkeit auch dadurch, dass man vor dem Beginne des Packwerkbaues vor dem Ufer, und zwar parallel zu demselben, Senkfaschinen herablässt und dadurch oder durch Anwendung mehrerer Pülvlagen, die anfänglich etwas steiler versenkt werden, künstlich eine flache Dossirung bildet. Ober- und unterhalb der Buhnen muss man die Böschung der Ufer auf eine entsprechend lange Strecke (18, 36, auch mehr Fuss) verkleiden.

Der Kopf der Buhne ist auch einem besonders starken Angriffe des Stromes ausgesetzt, und die Gefahr seiner Zerstörung vermehrt sich noch dadurch, dass dicht vor demselben eine grosse Vertiefung sich bildet, in welche er nach und nach herabsinkt. Nur bei ganz geringen Strömungen darf man die letzte Lage durch das gewöhnliche Beschwermaterial versenken, weil diese sonst nicht den gehörigen Widerstand am Kopfe des Werkes leisten würde; für den Fall jedoch, dass durch eine stärkere Strömung ein Fortspülen desselben zu befürchten wäre, versenkt man die letzte Lage durch eine aufgebrachte Schichte von grossen Steinen, welche, wenn sie dauernd wirken soll, wenigstens 1½ bis 2 Fuss Dicke haben muss, da man die Steine nicht regelmässig aufpacken kann, indem schon ein kleiner Theil derselben das Sinken der Lage veranlasst, und der übrige Theil nur nachgestürzt werden muss. Durch Untersuchung mit der Peilstange hat man dann für die möglichst gleiche Vertheilung der Steine zu sorgen. Zu diesem Zwecke ist es auch nützlich, um ein Herabrollen der Steine möglichst zu verhindern, zwischen den Würsten einige Flechtzäune herzustellen, wodurch die Steine in kleineren Abständen eine festere Stütze finden. — Bei Anwendung solcher Versenkungen mittelst Steinen, wird zuweilen früher eine mässige Sanddecke auf die Lage gebracht, um die Zwischenräume des Strauchwerkes besser auszufüllen und den Steinen ein besseres Lager zu verschaffen.

In Ermanglung von grösseren Steinen sucht man sich auch auf diese Weise zu helfen, dass man die gewöhnlich letzte Lage noch mit andern immer kürzer werdenden Lagen überdeckt, wie dies Taf. XI, Fig. 87 im Profile zeigt, und gebraucht hiebei noch die Vorsicht, dass man denjenigen Theil jeder Lage, der von einer andern nicht überdeckt wird, mit mehreren Flechtzäunen überzieht und die Zwischenräume sorgfältig mit grobem Kiese oder mit Ziegelbrocken auspackt. Es entsteht aber durch diese zurückge-

zogenen Lagen der grosse Nachtheil, dass die Böschung vor dem Kopfe steiler, dadurch die Strömung hier vergrössert wird und noch nachtheiliger auf die Vertiefung der Sohle wirkt. Es ist auch schon vorgekommen, dass solche Werke, wenn die Böschung sehr steil geworden ist, herabgestürzt und hiedurch nach und nach immer kürzer geworden sind, bis sie endlich ganz verschwanden. Wie diesen Vertiefungen in der Sohle vorzubeugen ist, wird später beschrieben werden.

Für die Seitendossirungen der Buhnen gilt ungefähr dasselbe, was eben für die Kopfdossirung gesagt wurde. Die Verhältnisse sind jedoch hier weniger ungünstig, indem der Angriff des Stromes schwächer ist und überdiess die eintretende Verlandung bald einen sicheren Schutz dem Werke gewährt. In der Nähe des Kopfes verschwinden indessen auch an den Seitendossirungen diese Vortheile; man muss daher die Steinschüttung daselbst gleichfalls anbringen, wenn man Beschädigungen sicher vermeiden will.

Die Krone der Packwerke ist wieder sehr starken Beschädigungen ausgesetzt, und es muss jedenfalls, wenn man den Schutz der Seitendossirungen auch ganz verabsäumt, hier eine feste Decke hergestellt werden. Ausser dem Angriffe des überstürzenden Wassers, der an sich schon sehr bedeutend ist, tritt hier noch der Uebelstand ein, dass die abwechselnde Nässe und Austrocknung bald das Verfaulen des Strauches zur Folge hat. Man sucht demnach die Krone entweder *durch eine Steindecke,* oder durch eine entsprechend angebrachte Aufpackung von Erde und *Bepflanzung,* so gut als möglich permanent feucht zu erhalten. Die *Steindecke,* welche aus dicht neben einander auf die hohe Kante gestellten und wie bei einem ordentlichen Pflaster festgerammten Steinen besteht, hat jedoch keinen sicheren unverrückbaren Rand oder Fuss, ausser man wollte das ganze Werk mit einer Steinschüttung von 1½facher Anlage umgeben, die sodann einen sichern Fuss bilden würde. Eine solche Anordnung möchte aber viel zu hohe Kosten verursachen. Häufig lässt man nur bis zum kleinsten Wasser eine schwache Steindecke herabreichen und lehnt dieselbe gegen einen niedrigen, fest an das Werk befestigten Flechtzaun. In vielen Fällen begnügt man sich auch, grosse flache Steine allein auf die Krone des Werkes zu packen und ringsumher, so wie in einigen Querlinien, Flechtzäune zu ziehen.

Man kann der Steinpackung auf der Krone dadurch eine grössere Haltbarkeit verschaffen, dass man Weidenstrauch dazwischen pflanzt. Man pflanzt dann entweder zuerst den Strauch und bringt nachher die Steine auf, in welchem Falle die letzteren keine grossen Dimensionen haben dürfen, oder man stösst in die fertige Steindecke oder das fertige Pflaster an einzelnen Stellen, wo die Fugen angemessen weit sind, mit dem Pflanzeisen Löcher ein, und pflanzt in dieselben die Stecklinge. Durch solche Pflanzungen erhält das Werk einen innigeren Zusammenhang, indem es von den Wurzeln des Strauches durchzogen wird, während die Steine sich gegen die lebendigen Stämme in ähnlicher Weise wie gegen Flechtzäune anlehnen; es tritt kein Verroden ein, die neuen Triebe aus den Wurzeln bieten vielmehr mit der Zeit eine grössere Anzahl von Stützpunkten.

Soll die Krone ohne eine feste Decke von Steinen bloss durch *Pflanzungen gesichert werden,* so wird der Bau auf die entsprechende Höhe heraufgeführt, die Pflanzung aber nicht sogleich angelegt, sondern das Werk einige Monate hindurch unvollendet stehen gelassen, damit die starken Setzungen, welche hier durch Aufbringung von Faschinen und Beschwerungsmaterial veranlasst werden, früher ausgeglichen werden können. Man stellt sodann erst die Bepflanzung entweder durch die *Spreutlage* oder durch die *Rauhwehre* her.

Um die *Spreutlage* herzustellen, wird das Werk, nachdem es sich gesetzt hat und regelmässig wieder ausgeglichen wurde, mit einer Schichte Beschwerungsmaterial versehen, welches durch gehöriges Abrammen zur vollständigeren Ausfüllung in die Zwischenräume herabgetrieben wird. Alsdann bringt man eine Lage guter vegetabilischer Erde von etwa 1 Fuss Höhe auf. Die Pflanzlinge, die aus frisch geschnittenen Reisern aus Weidenstrauch bestehen und am Stammende ¾ Zoll stark sind, legt man in Bündeln (die Wipfelenden stromabwärts gekehrt), oder bei grösserer Breite der Buhne in zwei Reihen (die Wipfelenden theils nach einer theils nach der andern Seite heraussehend) 2 bis 3 Fuss von einander auf die Krone des Werkes, schneidet die Bänder auf, breitet dieses Strauchwerk gehörig aus und vertheilt es so, dass die Zweige ziemlich nahe neben einander liegen und die Erdschichte gehörig überdecken. Hierauf werden an jeder Seite doppelte Randwürste und ausserdem in Abständen von 2 Fuss auch über den mittleren Theil, nach der Länge des Werkes, Würste gelegt und festgenagelt. Der Raum zwischen den Würsten wird dann mit Erde bis zu ihrer oberen Fläche ausgefüllt. — Um eine grössere Anzahl von Trieben zu erhalten, bindet man zuweilen auch die

Würste aus frischen Pflanzenreisern und schneidet selbst die Faschinenpfähle aus denselben. Diese Arbeit darf nur dann vorgenommen werden, wenn die Witterung das Anwachsen der Reiser begünstigt und kein schnelles Verdorren derselben besorgen lässt; daher im Anfange des Frühjahrs oder im späten Herbste.

Man unterscheidet die *lebendige* und die *todte Rauhwehre*. Zur Herstellung der *lebendigen Rauhwehre* wird nach gehöriger Setzung, Ausgleichung und Belastung des Werkes, eine Erdanschüttung von 1½ Fuss Höhe aufgebracht und schwach gestampft. Sodann hebt man darin an der stromabwärts gekehrten Seite, nach Massgabe der Länge der Pflanzenreiser im Abstande von 4 bis 8 Fuss vom Rande, einen Graben aus, wie Taf. XI, Fig. 88 zeigt. Die Dossirung desselben ist auf einer Seite sehr steil, auf der andern dagegen sehr flach. Die ausgehobene Erde wird gegen den Rand der entgegengesetzten Seite der Krone geworfen. In den Graben legt man die Bündel der Pflanzenreiser in Abständen von 2 bis 3 Fuss, schneidet die Bänder auf, und vertheilt die Reiser recht gleichmässig, so dass alle Stammenden gegen die steile Wand stossen, nagelt alsdann die Würste darüber, von denen die äussere wenigstens 1 Fuss vom Rande der Krone entfernt sein muss. — Dann bildet man in einer Entfernung von 2½ bis 3 Fuss vom ersten Graben einen eben solchen zweiten, und wirft die ausgehobene Erde zwischen die angenagelten Würste des ersten Grabens, damit ihre Zwischenräume eben so vollständig als compact ausgefüllt und die Stammenden der Reiser von der Erde gut umgeben werden. In diesen zweiten Graben legt man wieder Reiser und Würste, füllt ihre Zwischenräume mit Erde aus dem dritten, in gleicher Entfernung eingeschnittenen Graben aus, und fährt so fort, bis die vorletzte Reihe gelegt und mit Erde überdeckt ist. Die letzte Reihe, welche durch keine folgende überdeckt wird, entbehrt des Schutzes, welchen alle früheren erhielten; man muss hier die Reiser etwas tiefer an der Dossirung des Werkes herabziehen, sie mit mehreren Würsten überdecken und festnageln, wie es Taf. XI, Fig. 88 zeigt.

In ganz gleicher Weise, jedoch mit dem Unterschiede, dass man trockenes Reisig und, statt Erde, Sand oder Kies anwendet, wird die *todte Rauhwehre* ausgeführt. Sie wird und darf nie als permanente, sondern nur als interimistische Decke der Packwerke hergestellt werden.

Endlich ist noch derjenigen Anordnungen zu erwähnen, *durch welche man eine starke Vertiefung neben den Werken verhindert.* Die Nachtheile einer solchen Vertiefung, die sich durch die erzeugte heftige Strömung bildet, sind sehr bedeutend, indem die Schichte, welche die Buhne trägt, eine gewisse flache Böschung erfordert, um sich im Gleichgewichte zu erhalten. Entsteht daher am Fusse des Werkes eine Auskolkung mit steilen Wänden, und stürzen die einzelnen Körnchen der Schichte so lange nach, bis diese gewisse flache Böschung sich wieder darstellt, so kann das Werk seine Unterstützung verlieren, nachstürzen und sich aus seinem Zusammenhange lösen.

Eine solche Vertiefung kann entweder während des Baues oder später eintreten.

Um einer Vertiefung während des Baues vorzubeugen, muss man, bevor der eigentliche Bau das Profil stark beschränkt, den Grund selbst sicherstellen. Dies kann geschehen, indem man entweder mit einer *schwachen Lage von Steinen* in der ganzen Ausdehnung des Werkes den Anfang macht, welches jedoch auf einem leicht beweglichen Flussbette keineswegs sicher ist, oder indem man das Werk auf eine eigens construirte Unterlage, d. i. auf eine *Senklage* oder *Strauchbettung* legt.

Diese *Senklagen* werden auf dem Wasser schwimmend, übereinstimmend ganz wie die gewöhnlichen Packwerkslagen ausgeführt, bestehen auch aus einem Ausschuss und einer Rücklage und unterscheiden sich von diesen nur durch ihre Länge, welche sehr gross ist, indem diese Senklagen die Basis des ganzen Werkes bilden, und wenn eine spätere Vertiefung auch noch vor ihnen besorgt werden sollte, sogar über die Grundfläche des Werkes vortreten müssen. Die Zusammensetzung derselben wird hiedurch ausserordentlich und um so mehr erschwert, da sie keine grosse Dicke haben dürfen, weil sonst das Durchflussprofil zu sehr verengt, und hiemit auch der Angriff auf das Bett vermehrt werden würde.

Zu einem Parallelwerk oder einem Uferdeckwerk, dessen Längenrichtung mit der Richtung des Stromes übereinstimmt, ist die Ausführung der Senklage am leichtesten und einfachsten. Man beginnt deren Bau am oberen Ende, indem man eine Reihe Faschinen nach der andern auswirft, die jedesmal so weit vortreten sollen, dass nur diejenige Dicke dargestellt werde, welche zum Zutragen und Auswerfen der Faschinen nothwendig ist. Die Senklage kann jedoch nicht in ihrer ganzen Ausdehnung schwimmend erhalten werden, und man macht daher mit der Versenkung den Anfang, sobald sie so viel Länge hat,

dass die Verbindung des gesunkenen Theiles mit dem noch schwimmenden Ende erhalten werden kann. Hat man nun eine Länge erreicht, dass ein Theil schon versenkt werden kann, so beginnt man den Bau der Rücklage, jedoch nicht am äussersten Ende des schon hergestellten Theiles der Ausschusslage, sondern davon so weit entfernt, dass diese ohne Unterbrechung später fortgesetzt werden kann. Die Rücklage hält man möglichst schwach und führt sie an das Ufer zurück. Das Aufbringen der Würste geschieht ebenso, wie bei den Packwerkslagen. Die Versenkung, wobei man nur Steine von der Grösse anwenden kann, dass sie vom Strome nicht fortgetrieben werden, beginnt am Ufer, und man geht damit nun so weit vor, dass der äussere Theil der fertigen Lage noch sicher, also in einer Länge von 3 bis 4 Klafter auf dem Wasser schwimmt, wobei jedoch zu berücksichtigen ist, dass an der Stelle, wo die Beschwerung aufhört, diese nicht in der vollen Stärke angebracht werden darf, sondern allmählig auslaufen muss, weil sonst ein Bruch und folglich eine Auflösung der Verbindung der Senklage erfolgen könnte. Die Steine müssen möglichst gleichmässig aufgebracht werden, was man theils durch Untersuchung mittelst der Peilstange, theils durch Aussteckung der Grenze, bis zu welcher jede Kahnladung verbraucht werden soll, erreicht. Die Fortsetzung der Ausschusslage schliesst sich ohne Unterbrechung an die frühere an, die Rücklage dagegen greift jedesmal über die vorhergehende über, und zeigt sonach, was sonst bei der Rücklage nicht vorkommt, eine Reihe von Stammenden der Faschinen. Die darauf genagelten Würste reichen bis auf den vorhergehenden fertigen Theil der Senklage.

Im allgemeinen bleibt die Stärke der Senklage, nachdem der Steinbewurf aufgebracht ist, unter 3 Fuss, und es gelingt zuweilen, dieselbe auf 2 Fuss zu reduciren. Die Ausführung wird dadurch beschleunigt, dass während des Versenkens des rückwärtigen Theiles der vordern gleichzeitig weiter gebaut werden kann.

Mit Benützung von Schwimmbäumen wird es möglich sein, die Senklagen weit in den Strom zu führen, indem man die Lagen in Abständen von 18 oder 24 Fuss immer auf einen Schwimmbaum aufliegen lässt, wodurch sie bis zu ihrer nach und nach erfolgenden Versenkung, bei welcher ein Baum nach dem andern herausgezogen wird, gehalten werden. Zuweilen legt man die vordere Lage, um ihr mehr Tragbarkeit zu geben, auf den Rand eines vor Anker liegenden Kahnes, der die Stelle des Schwimmbaumes vertritt. Wenn aber, wie es bei den Buhnen oft geschehen muss, ein besonders starker Strom durchschnitten werden soll, so zeigen sich all die bekannten Mittel beim Bau der Senklagen als unzureichend und man ist alsdann gezwungen, von dieser Construction ganz abzugehen und statt der Senklagen eine Reihe von Senkstücken oder Senkfaschinen anzuwenden.

Befürchtet man eine spätere Vertiefung nach Vollendung des Werkes, so muss die Senklage so weit vortreten, dass sie die grösste zu erwartende Tiefe noch mit dreifacher oder wenigstens mit zweifacher Anlage erreichen kann. Wie gross die Vertiefung äussersten Falles ist, lässt sich bei Strömen, deren Regulirung man bereits seit längerer Zeit begonnen hat, durch die Wirkungen vor den eingebauten Werken ziemlich sicher beurtheilen. — Man wird jedoch die Senklagen nur da anbringen, wo dieses durchaus nöthig ist: also vor oder neben den Köpfen der Buhnen und neben den Parallel- oder Uferdeckwerken, wenn dieselben in scharfen Concaven liegen.

Ist man in der Lage, den Bau schnell fortzusetzen, und befürchtet man während der Zeit des Baues keinen hohen Wasserstand und keine allzugrosse Vertiefung, so wird häufig derselbe ohne alle Versicherung der Sohle begonnen, die Senklagen entweder nur in der vorbeschriebenen Weise am äusseren Rande des Werkes hergestellt, oder dasselbe in der nachfolgend angegebenen Art gesichert.

Um eine nachtheilige Vertiefung neben den Werken zu verhindern, deckt man zuweilen nicht nur den Grund, sondern bildet *durch Steinschüttung flache Köpfe*, welche als niedrige Einbaue die unmittelbare Annäherung des Stromes verhindern. Solche Köpfe bilden vor den Buhnen gleichsam eine Fortsetzung derselben, die bis zur Sohle der tieferen Stromrinne flach abfällt. Dass diese Anordnung sehr vortheilhaft ist, braucht nicht erst erwähnt zu werden; nur dürfen diese in Rede stehenden Steinköpfe die Schiffahrt nicht gefährden und müssen demnach mit ihrem höchsten Theile, d. h. an der Stelle, wo sie sich an das Werk anschliessen, noch so tief liegen, dass sie von den Schiffen nicht berührt werden.

Jede Unterbrechung des Packwerksbaues ist immer von den nachtheiligsten Folgen begleitet. — Eine Unterbrechung des Baues kann nur durch Materialmangel, oder durch plötzlich und unvermuthet eintretende Hochwasser veranlasst werden. Dem ersten Falle kann man begegnen, indem man mit dem betreffenden Lieferanten sehr bindende Contracte mit genauer Bezeichnung der Lieferungstermine abschliesst,

und im Falle die Material-Einlieferungen nicht in erwarteter Weise erfolgen, und die Vorräthe erschöpft werden sollten, die Unternehmer kontraktlich zu einer bedeutenden Geldstrafe verhält; oder wenn man selbst sich die Vorräthe beischafft und durch überdachte und zweckmässige Anordnungen dahin wirkt, dass die Vorräthe nie zur Unzeit erschöpft werden. — Sollte aber eine nur durch unvermuthet plötzlich eintretende Hochwässer allein zu entschuldigende Unterbrechung stattfinden müssen, so ist die letzte fertige Lage vollständig durch grössere Steine zu versenken. Beim Wiederbeginn der Arbeit tritt jedoch die Schwierigkeit ein, dass man die neue Lage ohne Unterstützung herstellen und einen bedeutend grösseren Ausschuss vertreiben muss, weil durch die vor dem Kopfe des nun fertigen Theiles des Werkes eintretende Vertiefung die Lagen bedeutend grösser werden müssen. Abgesehen hievon, erschwert auch oft der aus dieser Ursache entspringende Mehrbedarf an Material die schleunige Fortsetzung der Arbeit.

§. 43.

Den körperlichen Inhalt der Packwerke kann man, wenn die Tiefenmessungen vollständig sind, in jeder beliebigen Schärfe berechnen, aber es ist überflüssig, da die zu Grunde gelegten Daten, nämlich die Tiefen wegen ihrer Veränderlichkeit sehr unsicher sind, das Resultat in grosser Schärfe darstellen zu wollen. Anderseits muss man sich aber auch vor groben Fehlern hüten, wie dies der Fall ist, wenn man nur die mittlere Tiefe und Länge des Werkes, der Rechnung zu Grunde legt.

Wäre z. B. der kubische Inhalt der Buhne ABC, Taf. XI, Fig. 89 a zu berechnen, und nimmt man an, dass sich die Tiefe nur in der Längenrichtung des Werkes ändert, für jeden Querschnitt aber constant ist, so misst man in gleich grossen Abständen a in der Mittellinie des Werkes die Tiefen, zeichnet hiernach das Profil und trägt die Krone und Kopfböschung ein, wie es die Fig. 89 a zeigt. Die Berechnung erfolgt in der Art, dass man sich das Werk so weit ergänzt denkt, dass es durch die Verticalebene begrenzt wird, welche den Fuss E der Kopfdossirung schneidet. Man sucht sodann für diejenigen Stellen, in welchen die Tiefen gemessen sind, die Querprofile; die halbe Summe derselben multiplicirt mit ihrem horizontalen Abstande a gibt das Volumen des dazwischen liegenden Körpers, welche alle addirt, den Körperinhalt des ganzen bis EC ergänzt gedachten Werkes, mit Berücksichtigung der Neigung der Krone, geben. Hievon muss jedoch das keilförmige Stück BCE, welches nicht zur Ausführung kommt, abgezogen werden, um den wahren Inhalt zu erhalten.

Die in gleichen horizontalen Abständen a gemessenen Höhen des Werkes über dem Flussbette wären $h, h', h'' \ldots . h,^{(n-2)} h^{(n-1)}$ und h^n und um den Fall allgemein anzunehmen, wäre der letzte horizontale Abstand nicht gleich a, sondern kleiner, nämlich $f = oa$, wobei o immer ein ächter Bruch ist; h^n wäre die letzte dem Fusspunkte E entsprechende Höhe.

Die Seitenböschungen des Werkes werden, wie dieses zuweilen vorkommt, verschieden angenommen, und man setzt deren Anlage auf der einen Seite wie Taf. XI, Fig. 89 b zeigt, gleich m h, auf der andern gleich n h; die Kronenbreite sei b.

Es ergibt sich hiernach der Flächeninhalt des Querprofils für die Höhe h

$$F = b\,h + \frac{1}{2}(m + n)\,h^2$$

und ebenso für die Höhe h'

$$F' = bh' + \frac{1}{2}(m + n)h'^2,$$

daher der ganze kubische Inhalt des zwischen h und h' liegenden Theiles des Werkes

$$i = \frac{1}{2}\,a\,b\,(h + h') + \frac{1}{4}\,a\,(m + n)\,(h^2 + h'^2).$$

Der ganze Inhalt des bis CE verlängerten Werkes ist sonach, da die Höhe des Werkes in A = O ist,

$$J = ab\left[h + h' + h'' + \ldots . h^{(n-2)} + \frac{(1+O)h^{(n-1)} + Oh^n}{2}\right]$$
$$+ \frac{1}{2}\,a\,(m + n)\left[h^2 + h'^2 + h''^2 + \ldots . h^{(n-2)^2} + \frac{(1 + O)\,h^{(n-1)^2} + O\,h_n^{\,2}}{2}\right].$$

Im Falle, dass der Punkt, in welchem die Tiefe $h^{(n-1)}$ gemessen wurde, in den äusseren Rand E der Kopfböschung BE fällt, ist O = Null, und der Ausdruck wird

$$J = a\,b\left(h + h' + h'' + \ldots . \frac{1}{2}\,h^{(n-1)}\right)$$
$$+ \frac{1}{2}\,a\,(m + n)\left(h^2 + h'^2 + h''^2 + \ldots . \frac{1}{2}h^{(n-1)^2}\right)$$

Für das keilförmige Stück BCE, welches hievon abgezogen werden muss, ist der Querschnitt in der Ebene des Längenprofils gemessen, wenn man BD = l setzt, gleich $\frac{1}{2}\,l\,h^n$. Die Längen der drei parallelen Kanten des auf beiden Enden schräge abgeschnittenen Prismas sind in B = b, in C = b und in E = b + (m + n) h^n, daher der kubische Inhalt dieses Stückes

$$K = \frac{1}{2} l h^n \left(b + \frac{1}{3} (m + n) h^n \right)$$ und

der körperliche Inhalt des ganzen Werkes ist

$$J - K.$$

Wie viel man dem so gefundenen kubischen Inhalte wegen der im Verlauf des Baues zu erwartenden Vertiefung zusetzen muss, hängt von den besonderen Localverhältnissen ab. Jedenfalls ist der erforderliche Zuschlag um so geringer, je schneller man den Bau bewirkt, und bei sehr beschleunigter Arbeit ist er oft unmerklich klein. Doch thut man immer wohl, wenn man die nöthigen Vorkehrungen trifft, um bei eintretender starker Vertiefung den erforderlichen Mehrbedarf an Material schnell beischaffen zu können. — Nach der angegebenen Art ist die Rechnung sehr leicht. Die Tiefen, sowie die Werthe von h werden nur bis auf Zolle ermittelt. Der Werth von a pflegt bei kleineren Buhnen zu 5 oder 6 Fuss, bei grösseren zu 10 oder 12 Fuss angenommen zu werden. — Für jede Kubikklafter der Packwerke werden, wo keine starke Compression stattfindet, $1^2/_3$, dagegen bei starker Compression 2 Schock Faschinen und 70 bis 80 Fuss Würste gerechnet.

Uferdeckwerke im Packwerksbau.

§. 44.

Die Uferdeckwerke, Taf. XII, Fig. 90, werden bei bedeutenden Flüssen und starker Strömung ebenfalls im Packwerksbau ausgeführt. Solcke Deckwerke bedürfen nur an der dem Flusse zugekehrten Seite einer Dossirung, da sie sich in den meisten Fällen auf der andern Seite dem zu deckenden Ufer anschliessen. Ist dies nicht der Fall, und müssen sie an der Stelle eines abgebrochenen Ufers weiter in den Fluss hineinreichen, Taf. XII, Fig. 91 a und b, so bekommt die Uferseite des Werkes eine geringe Dossirung, und meistens wird der Raum zwischen dem Deckwerk und dem Ufer sogleich ausgefüllt. Wäre dieser Raum zu gross zum Ausfüllen, so ist das Werk nicht mehr als Uferdeckwerk, sondern als Parallelwerk anzusehen. Die Ausführung der Uferdeckwerke ist im einen wie im andern Falle genau so, wie die der Buhnen; es wird immer an dem stromaufwärts gekehrten Ende der Anfang gemacht, wodurch der Bau erleichtert wird, weil man die Faschinen nicht gegen den Strom, sondern mit demselben auswirft, und hiebei leicht jede Massregel zur Sicherung der Ausschusslagen entbehrlich wird. Man nennt solche aus Faschinen erbaute Uferdeckwerke, die unmittelbar am Ufer liegen, Bleeswerke (von dem holländischen Worte Bleesen, Haare, weil nur die Wipfel sichtbar sind).

Sinkstücke.

§. 45.

Unter Sinkstücken oder Senkstücken versteht man grosse, in Form von mächtigen Tafeln gebildete Massen von Strauchwerk, welche entweder zur Bildung eines Fundamentes an der betreffenden Stelle durch Aufbringen von Beschwerungsmaterial versenkt, oder selbst zum Baue von Buhnen und andern Werken verwendet werden. Ihre Grösse ist verschieden, unter 12 Fuss Länge und 10 Fuss Breite werden sie fast nie hergestellt, gewöhnlich haben sie 24 Fuss Länge, 24 Fuss Breite und 4—6 Fuss Dicke; und in der Geschichte des Wasserbaues findet man dergleichen Senkstücke sogar von 72 Fuss Länge, 36 Fuss Breite und 8 Fuss Höhe. Man erzeugt die kleineren auf Balken oder Rüstungen, die auf zwei mit einander verbundenen Schiffen ruhen; die grösseren aber auf einer ebenen, tief liegenden und vom kleinsten Wasser nicht überonnenen Sandbank. Man legt die Würste in der Länge der Sinkstücke in Abständen von drei zu drei Fuss parallel neben einander, eben solche darauf, welche die ersten in senkrechter Richtung kreuzen, und verbindet beide an ihren Kreuzungspunkten durch starke Weidenbänder, wodurch man den untern Wippenrost oder das untere Wurstgitter erhält. Packt man hierauf möglichst regelmässig eine Lage gewöhnlicher Faschinen, senkrecht hierauf eine zweite, wieder senkrecht darüber eine dritte Lage Faschinen, und sofort, bis die ganze Masse die beabsichtigte Dicke von 4 oder 6 Fuss erhalten hat, pflöckt man die verschiedenen Lagen durch kurze Pflöcke zweckmässig auf einander, erzeugt zuletzt auf der obersten Lage einen zweiten Wippenrost und verbindet ihn mit dem untern Wurstgitter von 6 zu 6 Fuss durch 9 bis 12 Fuss lange, $^1/_4$ Zoll dicke Stricke oder gedrehte starke Tannenwurzeln, welche an jedem zweiten Kreuzungspunkte des unteren Wurstgitters befestigt sind und während des Aufpackens der Faschinen immer an der oberen Fläche erhalten werden, so ist das Sinkstück fertig. Wächst nun das Wasser, so werden sie von ihrer Stelle gehoben, und an starken Tauen durch Ruderschiffe an Ort und Stelle gezogen, hier durch Aufschütten von Steinen beschwert und daselbst, indem man ihnen durch Anziehen und Nachlassen der Taue, die durch innerhalb befestigte Schleifen gesteckt sind, jede beliebige Stellung geben kann, ver-

senkt. Zuweilen werden sie auch schwimmend an der Stelle, an welcher sie versenkt werden sollen, erbaut; oder wenn die Strömung zu stark sein sollte, müssen sie am Ufer auf eigenen Rüstungen erbaut werden, von welchen man sie dann von Stappel lässt; oder auf Flössen, von welchen sie in das Wasser geschoben werden; oder endlich, wie erwähnt, zwischen auf zwei Kähnen im Wasser übergelegten Balken, an die sie befestigt werden können, um dann schwimmend an eine beliebige Stelle gebracht und ebenfalls durch Aufbringen von Beschwermaterial versenkt zu werden.

Bei dem Versenken von mehreren Sinkstücken kommt es besonders darauf an, dass die einzelnen Stücke sowohl neben einander als auch vorkommenden Falls über einander in einen regelmässigen Verband zu liegen kommen. Etwaige Fugen müssen nach sorgsamer Peilung durch Steine oder Senkfaschinen geschlossen werden, damit die darin vorkommende Strömung keine Rinnen austieft. Die Sinkstücke werden hauptsächlich beim Seebau zu Fundirungen benützt, wo wegen der Wellen die einzelnen Lagen der Faschinen nicht zusammenhalten. — Bei aus Sinkstücken hergestellten Buhnen kann die Einwurzlung nicht so fest wie sonst hergestellt werden, indem nur der Theil des Werkes ober dem Wasserspiegel mit dem Ufer verbunden werden kann.

Schlickfänge.

§. 46.

Statt der so eben beschriebenen Stromregulirungswerke kann man an Stellen, die vom starken Strome nicht getroffen werden, und wenn die Aufgabe nur darin besteht, eine Stelle zur Verlandung zu bringen, diesen Zweck durch noch leichtere Bauwerke erreichen. Man bezeichnet sie allgemein unter dem Namen Schlickfänge, obschon sie weniger den Schlick, nämlich die im Wasser schwimmenden erdigen Theile, als vielmehr die gröberen Stoffe, welche auf der Sohle des Bettes fortgetrieben werden, aufzufangen haben.

Sie werden vorzugsweise zwischen den Buhnen und zwar dann erst angewendet, wenn die Verlandung schon begonnen hat. Diese erfolgt selten gleich ganz regelmässig; es bleiben gewöhnlich bei manchen Buhnen nur anfangs', bei manchen aber immer Rinnen, die vom Wasser durchströmt werden und die bereits bewirkte Verlandung vom Ufer trennen. Die Schlickfänge sperren nun diese Rinnen ab, sind einerseits in Verbindung mit dem Ufer, und reichen anderseits bis zur neuen Uferlinie. Sie liegen unter dem Schutze der Hauptbuhnen und brauchen demnach nicht besonders fest construirt zu werden; denn, wenn sie auch durchbrochen werden sollten, so ist der Nachtheil nicht gross, da die Hauptwerke ihre vollständige Zerstörung und die Ausbildung sehr tiefer Rinnen verhindern. Als Regel muss gelten, dass diese Werke immer ziemlich niedrig zu halten sind, ihnen niemals eine grössere Höhe, als die der Buhnen zu geben ist, und dass sie an tiefen Stellen einander näher stehen müssen.

Zuweilen setzen die Schlickfänge das System der Buhnen auf längere Strecken fort, nämlich an solchen Stellen, wo die Concave aufhört und die gewählte Uferlinie in gerader Richtung sich fortzieht, oder eine entgegengesetzte convexe Krümmung annimmt.

Die Construction der Schlickfänge ist sehr verschieden. Der einfachste Schlickfang wäre, wenn man einen Baum mit allen Aesten und Zweigen an die entsprechende Stelle in den Strom wirft. Es wird dabei das Wurzelende auf das Ufer gelegt, und der Wipfel reicht in den Fluss hinein. Bei hohem Wasser entsteht jedoch die Besorgniss, dass entweder der ganze Baum fortschwimmt, oder in eine unpassende Lage kommt, weil eine Beschwerung desselben nicht anzubringen ist. Es lässt sich seine Länge nicht reguliren, und wenn an einer Stelle unter demselben eine starke Vertiefung eintritt, was da leicht geschehen kann, so erfolgt kein Nachsinken.

Man stellt auch die Schlickfänge aus Faschinen als Packwerke her. Die Seitendossirungen fehlen häufig bei diesen Werken ganz, oder haben nur sehr steile Wände und werden durch stark eingerammte Pfähle, wie Taf. XII, Fig. 92 zeigt, gesichert, welch' letztere man in zwei 6 Fuss von einander entfernten Reihen, in welchen ebenfalls die Pfähle 6 Fuss von einander abstehen, schräge einschlägt. Da die Breite des Werkes in der Regel nur 6 Fuss beträgt, so ist es am besten, die Faschinen schräge gegen die Richtung des Werkes neben einander mit dem Wipfelende nach einer Seite zu legen und die folgende Faschinenreihe nach der andern Seite zu kehren. Zwischen je zwei Lagen kömmt zur Beschwerung derselben und zur Ausfüllung der Zwischenräume eine gleichmässig vertheilte Lage Beschwerungsmaterial. Erreicht man so die Höhe des kleinsten Wassers, so müssen von da an die Faschinenreihen durch angepflöckte Würste, wie früher beschrieben, ordentlich verbunden werden. Auch muss man durch das allmählige Zurücktreten der Lagen am Kopfe des Werkes eine ordentliche Kopfböschung zu erhalten trachten. Die Wipfelenden sind hiebei nach aussen gerichtet, und es ist hie-

durch das Heraustreiben des Beschwerungsmaterials am sichersten verhindert. Endlich wird die Krone in gleicher Weise, wie bei Buhnen, mit einer Steindecke oder mit einer Spreutlage versehen. Die Verbindung mit dem Ufer kann erst durch die Lagen über dem kleinsten Wasserspiegel bewirkt werden.

In Gegenden, wo das Steinmaterial wohlfeil ist, kann man die Schlickfänge aus Steinschüttungen bilden, welche aber, damit sie beim Ueberstürzen des Wassers nicht leiden, in der Krone gepflastert werden müssen.

Auch verwendet man zur Herstellung der Schlickfänge eigens verfertigte Senkfaschinen in der Stärke von 1 bis 1¼ Fuss. Es werden hiezu, wie Taf. XII, Fig. 93 a und b zeigen, zwei Pfahlreihen in der Entfernung der Stärke der Senkfaschinen geschlagen. Der Abstand der einzelnen Pfähle von einander in jeder Reihe beträgt 4 Fuss. Die Senkfaschinen werden zwischen die Pfahlreihen, wie die Figur zeigt, hineingelegt, und man überzeugt sich durch Nachstossen, ob jede einzelne auf der Sohle des Flussbettes oder auf die unter ihr liegenden fest aufliegt. Es ist vortheilhaft, wenn man die Senkfaschinen so versenkt, dass die Krone dieser Schlickfänge einen Fall gegen den Kopf habe; auch kann man diese Senkfaschinen so binden, dass sie an ihrem vorderen Ende einen etwas kleineren Durchmesser bekommen, als am rückwärtigen. Um eine Kopfdossirung zu erhalten, lässt man jede obere Faschine etwas zurücktreten. Bei entstehender Vertiefung sinken die Faschinen, da sie die erforderliche Belastung in sich enthalten, leicht von selbst herab; dagegen können sie nicht die Oeffnungen, die sich zwischen ihnen und dem Uferrande bilden, schliessen. Diese Oeffnungen bilden sich schon während des Baues und vergrössern sich so sehr, dass eine vollständige Trennung des Schlickfanges vom Ufer zu besorgen ist. Man versuchte schon dieser Gefahr dadurch zu begegnen, dass man eine oder mehrere Senkfaschinen vor die Oeffnung der obersten Pfahlreihe auf dem schrägen Uferrande legte, welche Oeffnung jedoch, da die Faschine zu steif ist, hiedurch nicht vollständig ausgefüllt werden kann. Es ist daher zweckmässiger, hier Steinschüttungen anzubringen, wie solche in der Figur angegeben sind.

Solche aus Senkfaschinen erbauten Werke erfordern sehr wenig Material und verlanden sich ausserordentlich schnell.

Oft bestehen die *Schlickfänge nur in Zäunungen*, die aus Weidenreisern zusammengeflochten sind, und heissen alsdann *Schlickzäune*. Die Quantität des erforderlichen Materials ist hiebei auf ein Minimum reducirt, und doch besitzen sie grosse Steife und widerstehen selbst einer ziemlich starken Strömung. Sie bilden keine dicht schliessende Wand, enthalten vielmehr so viele Oeffnungen, dass die Summe derselben wenigstens der Hälfte derjenigen Fläche gleichkommt, welche der Zaun im Ganzen einnimmt. Sonach verhindert der Zaun keineswegs das Durchströmen, sondern hält das Wasser nur etwas auf, worin der Grund liegt, dass die Zäune weit regelmässigere Verlandungen bewirken, als andere Werke.

Zur *Anfertigung der Flechtzäune* werden in Abständen von 6 bis 12 Zoll, und bei starken Flechtruthen in noch grösserer Entfernung Pfähle, welche ziemlich gerade und ohne Aeste sein müssen, von 2 bis 3 Zoll Stärke, so tief eingetrieben, dass sie fest stehen. Sodann werden diese Pfähle durch Flechtruthen, welche von Weiden oder Pappeln sein müssen, umflochten. Bei ganz niedrigen Zäunen kann man die einzelnen Ruthen gleich bis zum Grunde herabdrücken; bei höherem Wasser flicht man unter den Pfahlköpfen ein etwa 6 Zoll breites Band und stösst dieses mit der Hand, mit dem Fusse, oder mit hölzernen Gabeln bis zum Grunde, oder bis zu dem schon auf gleiche Weise hinabgetriebenen Bande hinunter. Die Arbeiter befinden sich alsdann in Kähnen. Einzelne weit vorstehende Pfahlköpfe müssen abgeschnitten werden, damit sie nicht vom Eise gefasst werden können. Taf. XII, Fig. 94 zeigt einen Flechtzaun einfachster Art.

An denjenigen Stellen, an welchen ein Ausspülen des Grundes zu besorgen ist, pflegt man sogleich, nachdem der Bau des Zaunes beendigt worden, zu beiden Seiten desselben oder wenigstens auf der stromaufwärts gekehrten Seite, wie Taf. XII, Fig. 95 im Profile zeigt, Steine oder groben Kies anzuschütten.

Sehr sicher lässt sich der Auskolkung unter dem Flechtzaune vorbeugen und seine Festigkeit noch wesentlich vermehren, wenn man, wie Taf. XII, Fig. 96 zeigt, zwei solche Zäune im Abstande von 2 bis 3 Fuss erbaut, die Köpfe der Pfähle hin und wieder mittelst Bindweiden verbindet und den Zwischenraum mit Steinen ausfüllt. Letztere sinken sogleich herab, wie eine Vertiefung sich zu bilden anfängt, und die Verlandung ist hier eine weit schnellere und sicherere.

Man stellt auch, um eine Vertiefung zu verhindern, die Flechtzäune auf einer kreuzweise ausgeworfenen Faschinenlage her, wie es Taf. XII, Fig. 97 dargestellt ist. Dieses Verfahren ist aber nur bei sehr geringer Wassertiefe anzuwenden, weil bei grösserer Tiefe, wenn auch allerdings die Ausführung

möglich wäre, die Kosten sich so sehr steigern würden, dass Einfachheit und Wohlfeilheit, wodurch sich die Flechtzäune besonders empfehlen, ganz verloren gingen.

Endlich stellt man durch verschiedenartige Constructionen aus starkem Holze, ähnlich den bei den Senkkasten beschriebenen Bänken, Schlickfänge dar.

Pflanzungen.

§. 47.

Der Zweck der *Pflanzungen* ist, den Einfluss der Strömung durch die Reibung der Wassertheilchen an den Setzlingen zu vermindern, durch die hiedurch veranlasste Verminderung der Geschwindigkeit die vom Wasser mitgeführten Stoffe zum Niedersinken zu bringen, um so eine successive Erhöhung des Bodens zu bewirken; ferner auch, den Boden durch Verwurzlung der Pflanzung zu befestigen, damit er sowohl der Strömung, als dem Wellenschlage, besser Widerstand leiste. Für die regelmässige und vollständige Ausbildung der Ufer ist neben den Stromregulirungswerken die Anpflanzung besonders wichtig und unter gewissen Verhältnissen sogar unentbehrlich.

Selbst bei starken Strömungen, wenn sie das Ufer nicht treffen, sind die Pflanzungen, wenn man den Ufern eine ein-, zwei- oder dreifache Anlage gibt, für dieselben vollkommen genügende Schutzmittel. Wenn aber ein heftiger Strom das Ufer trifft, oder eine frequente Dampfschifffahrt auf dem Strome stattfindet, so zeigen sich auch Bepflanzungen der Ufer als ungenügend und es bleibt nichts übrig, als die Pflanzungen aufzugeben und das Ufer durch eine vollständige Steinverkleidung zu schützen. In dieser Beziehung hat die Einführung der Dampfschifffahrt auf manchen Strömen zu sehr traurigen Erfahrungen Veranlassung gegeben; denn während die Ufer derselben durch Bepflanzung vollständig geschützt waren, zeigte der Wellenschlag der Dampfschiffe bald eine so verheerende Wirkung, dass die Ufer einstürzten und die Pflanzungen weggewaschen wurden.

Obschon Pappeln, Erlen u. s. w. auch gute Dienste leisten können, so hat doch die Anpflanzung von Weiden für den Wasserbau den meisten Werth. — Besonders empfehlen sich hiezu die Korbweide (Salix viminalis), die rothe Uferweide (Salix purpurea) und die Bachweide (Salix helix), weil diese leicht anwachsen, sich schnell ausbreiten, ein brauchbares Strauchmaterial und auch Bindweiden und Pflänzlinge recht reichlich liefern.

Soll ein Ufer bepflanzt werden, so muss man es, wie schon erwähnt, so flach dossiren, dass es die dreifache oder mindestens die zweifache Anlage erhalte, sodann kann man die Böschung mit einer Spreutlage oder mit einer lebendigen Rauhwehre in der schon besprochenen Weise bedecken, welche das Abspülen der Erde verhindert und sich später in eine vollständige Uferpflanzung verwandelt.

Ausser diesen Arten der Anpflanzung kann man noch andere anwenden, als: die *Einzelnpflanzung,* die *Reihenpflanzung* und die *Nester- oder Kesselpflanzung.*

Das Anpflanzen geschieht ganz allgemein durch Stecklinge, durch Zweige von 6 bis 9 Linien Stärke und von 18 bis 30 Zoll Länge. Sie müssen aus recht kräftigem, jungem, von Seitenzweigen befreitem Holze, frisch und beiderseits glatt abgeschnitten sein. Können die Stecklinge nicht sogleich nach ihrer Erzeugung verpflanzt werden, so legt man sie mit den Stammenden in's Wasser oder in nasse Erde, was jedoch nicht über acht Tage dauern darf. Beim Pflanzen werden die Stecklinge so tief in den Boden gesteckt, dass das Wipfelende nur auf 4 bis 6 Zoll aus dem Boden hervorragt. Bei Sand, Schlamm, überhaupt bei nassem Boden, kann man die Stecklinge unmittelbar in den Boden einstecken oder man stösst Löcher mit dem Pflanzeisen vor. — Bei festerem Boden werden Löcher oder schmale Gräbchen mit dem Spaten ausgehoben und die Stecklinge gehörig tief eingesetzt. Der Boden um sie wird vollgefüllt und festgestampft, damit ihn das nächste Hochwasser nicht sogleich ausspüle.

Die *Einzelnpflanzung* dürfte am vortheilhaftesten sein; die Fläche wird hiedurch gleichmässig bepflanzt und die Pflanzen entziehen sich hiebei am wenigsten gegenseitig die Nahrung. — Es werden die einzelnen Stecklinge im Abstande von 1 Fuss von einander gestellt und bilden Reihen, die sich unter einem Winkel von 60 Graden schneiden, d. h. je drei Stecklinge bilden ein gleichseitiges Dreieck von 1 Fuss zur Seite.

Bei der *Reihenpflanzung* dürfen die Reihen nicht zum Entstehen von Seitenrinnen Veranlassung geben und müssen daher normal gegen den Strom gerichtet sein. Sie verursachen bei der Ueberfluthung jedesmal einen geringen Stau, wie auch ein nicht unbedeutendes Rauschen, und werden desshalb oft Rauschen genannt. Die einzelnen Reihen der Stecklinge sind 6 bis 8 Fuss von einander entfernt und für jede wird ein entsprechend tiefer, möglichst schmaler Graben ausgehoben, in welchen man die Stecklinge so neben einander stellt, dass zwischen je zweien ein Zwischenraum von 1 bis 2 Zoll bleibt. Sie lehnen sich an eine Grabenwand, und bei der Ausfüllung

des Grabens muss die Erde schichtenweise festgestampft oder festgetreten werden.

Die *Nester- oder Kesselpflanzung* unterscheidet sich von der Reihenpflanzung dadurch, dass man die Stecklinge nicht in geraden, sondern in kreisförmigen Reihen setzt. Man gräbt kreisförmige Löcher in der erforderlichen Tiefe möglichst steil aus, die oben 2½ bis 3 Fuss Durchmesser haben. In dieselben steckt man die Stecklinge so, dass sie sich ringsum an die Wand des Loches lehnen. Gewöhnlich rechnet man auf ein Nest ein halbes Schock Stecklinge. Die Mittelpunkte je dreier Kessel oder Nester bilden ein gleichseitiges Dreieck von 6 bis 10 Fuss Seite. — Die Arbeit hiebei wird dadurch erleichtert, dass man beim Ausgraben eines Kessels die Erde sogleich in den nächstvorhergehenden wirft, in welchen die Setzlinge bereits eingelegt sind.

Das Setzen der Pflanzen ist am sichersten in der letzten Hälfte des Monats Oktober und in der ersten Hälfte des Monats April vorzunehmen. Die Frühjahrspflanzungen hält man im allgemeinen für besser, besonders wenn sie so früh vorgenommen werden, dass das Strauchwerk noch nicht ausgeschlagen ist.

Sollen Pflanzungen fortkommen, so ist ihre Höhenlage sowohl auf den Stromregulirungswerken, als auch auf den Ufern, innerhalb solcher Grenzen zu wählen, dass sie vom Hochwasser nicht zu lange überfluthet werden, indem die Pflänzlinge sonst ersticken, und dass ihre Wurzeln so weit hinabreichen, dass sie auch bei kleinem Wasserstande noch Feuchtigkeit anziehen können, indem sie sonst verdorren. Oft muss man die Höhe der Werke darnach ändern. Die Entscheidung, ob die Verhältnisse eine Pflanzung gestatten, ist nicht schwierig, da zufällig hervorgewachsene Weidensträucher in der Gegend und im entsprechend liegenden Terrain sicheren Anhalt gewähren.

Die Pflanzungen bei Wasserbauten stehen gewöhnlich unter der Aufsicht besonderer Wärter, um Beschädigungen durch Vieh, Diebstahl u. s. w. zu verhüten. Die Pflanzung muss, um ihren Zweck vollständig zu erfüllen, stets als niederes Gebüsch gehalten werden, so dass sich keine starken Aeste oder gar Bäume bilden. Sie muss desshalb alle 2 bis 3, höchstens 4 Jahre vollständig abgeholzt werden, wozu die beste Zeit im Anfange des Frühjahrs vor dem Aufbrechen der Knospen ist. Nach dem Abholzen kann man genau ersehen, ob der Boden regelmässig aufgewachsen ist, und ob sich keine gefährlichen Einschnitte durch Seitenströme des Hochwassers gebildet haben. Diese sucht man durch Flechtzäune, selbst durch Ausfüllen und Neubepflanzung zu schliessen. So erhöht sich allmählig der Boden und erreicht die Höhe des Wiesengrundes, wo dann meist der kräftige Wuchs des Weidenstrauches aufhört; es bildet sich Rasen, die Weiden gehen bei abnehmender Feuchtigkeit aus, die einzelnen Sträucher werden vollends ausgerodet und der Graswuchs genutzt, womit dann die Ausbildung des Ufers vollendet ist.

V. Abschnitt.

Von den Deichen.

§. 48.

Dämme, welche dazu dienen, das Austreten der Flüsse oder des Meeres so wie auch die dadurch entstehenden Ueberschwemmungen abzuhalten, werden gewöhnlich *Deiche* genannt.

Die beiden Hauptgattungen der Deiche sind die *Seedeiche* und die *Flussdeiche*. Wir haben hier nur die Flussdeiche beschrieben, obwohl beinahe alles, was von denselben gesagt wird, auch bei den Seedeichen Anwendung findet. Nur die grössere Kraft der Meereswogen, Ebbe und Fluth, und die beinahe alle Vegetation vernichtende Wirkung des Meerwassers machen für die Seedeiche einige Zusätze zu den Regeln des Flussdeichbaues nothwendig. — Fluss- oder Stromdeiche zerfallen in Haupt- oder Winterdeiche und in Sommerdeiche.

Der *Zweck der Haupt- oder Winterdeiche* ist, das Land von den höchsten Ueberschwemmungen zu schützen; *jener der Sommerdeiche*, nur die gewöhnlichen Sommerwässer abzuhalten, während die grösseren Hochwasser des Winters mit ihren Eisgängen sie überfluthen können. Die Grösse des Nachtheiles, welchen die höchsten Wasserstände über das anliegende Land verbreiten können, die Dauer dieser Wasserstände und der Umstand, ob sie auch zur Zeit einzutreten pflegen, wenn die Felder mit Früchten bedeckt sind, muss entscheiden, ob Winterdeiche erbaut werden müssen, oder ob Sommerdeiche hinreichend seien. Beinahe immer sind jedoch Winterdeiche, wenn man auf die grösseren Kosten, welche sie erfordern, keine Rücksicht nimmt, den Sommerdeichen vorzuziehen. Die Nützlichkeit des Schlammes, welchen Ueberschwemmungen gewöhnlich auf den Feldern zurücklassen, könnte oft die Wahl der Sommerdeiche empfehlen; aber dieser Vortheil lässt sich auch mit den Hauptdeichen verbinden, wenn man durch Oeffnen darin angebrachter Siele und Schleusen dem Hochwasser einen Durchgang gestattet.

Ein durch einen gemeinschaftlichen Deich gegen Ueberfluthung geschützter Bezirk heisst *Deichverband* oder auch *Polder*. Die unter dem Spiegel des höchsten Wassers gelegene Niederung heisst *Marsch*, das höhere überschwemmungsfreie Land *Geest*.

Schlafdeich oder *Rückdeich* heisst jener Deich, vor dem in späterer Zeit ein anderer Deich näher gegen den Fluss hin aufgeführt worden ist, so dass dieser Rückdeich ausser Wirksamkeit tritt. Deiche, welche vom Hauptdeiche rückwärts angelegt werden, um, wenn dieser durchbrochen werden sollte, den der Ueberschwemmung ausgesetzten Bezirk auf einen engeren Raum zu beschränken, oder auch um einzelne Dörfer oder Grundstücke besonders zu umgeben, werden *Binnendeiche* genannt.

Diese haben zuweilen nur die Bestimmung, den Verheerungen der Ueberströmung vorzubeugen. Bei Krümmungen wird das Hochwasser, wenn es über die Ufer tritt, den geraden Weg suchen und entweder das Terrain mit Kies und Sand bedecken, oder die Ackererde mit fortspülen und Löcher aufwühlen, so dass die Mühen langjähriger Bodenkultur verloren gehen. Man legt dann Deiche an, welche die Ueberfluthung zwar nicht verhindern, aber doch die Gewalt der Strömung brechen und abweisen, oder innerhalb gewisser Grenzen erhalten sollen. Solche Anlagen heissen *offene Eindeichungen* und sind meistens Vorläufer einer geschlossenen Eindeichung.

Der gegen den Fluss zugekehrte Theil eines Deiches heisst *Aussendeich*, der entgegengesetzte Theil *Innendeich*. Die Landstrecke zwischen dem Deiche und dem Strombett, Taf. XII, Fig. 98, a b heisst

das *Vorland*, das rückwärts vom Deiche befindliche geschützte Land das *Binnenland;* c d ist die Krone oder Kappe, b c die *äussere*, d f die *rückwärtige Böschung* und b f die *Sohle des Deiches.*

Durch die Ueberschwemmungen eines Flusses wird, wie schon früher erwähnt, der Boden des überschwemmten Bezirkes in Folge der zurückbleibenden Stoffe, wenn auch sehr langsam, doch allmählig erhöht. Werden also längs des Flusses Dämme aufgeführt, so wird das Binnenland nicht mehr erhöht. Ist nun der der Ueberschwemmung unterworfene Boden noch zu niedrig, so bleibt oder wird durch das Seigewasser der vom Flusse getrennte Bezirk nass und sumpfig. Ein solcher Boden ist demnach zur Eindeichung noch nicht geeignet; man muss diese auf spätere Zeit, bis der Boden hinlänglich aufgewachsen, was nach Umständen auch ein paar Jahrhunderte dauern kann, verschieben. Nur dann darf eine Ausnahme von dieser Regel gemacht werden, wenn durch Flusscorrectionen oder Durchstiche bereits bestehende Eindeichungen unterbrochen werden müssen und auf keine andere Weise wieder geschlossen werden können, als dass man das verlassene Flussbett mit Dämmen durchschneidet und es vom Flusse trennt. Die Erhöhung und Ausfüllung desselben wird dann allerdings gehindert; allein man kann, durch zweckmässig angebrachte Siele und Schleusen, das mit Erde und Schlamm beladene Wasser des Flusses nach Willkür in die der Erhöhung bedürftigen Räume so hoch, als man es will, treten lassen, um sie dadurch zu erhöhen.

Ist eine Eindeichung hergestellt, so ist, wie gesagt, das Binnenland dem Niederschlage und der Erhöhung entzogen, es behält seine ursprüngliche Höhe, ja es senkt sich vielleicht bei weichem Untergrunde etwas, weil es nach der Umdeichung nicht mehr so feucht bleibt, als es früher gewesen. Das vom Wasser überfluthete Vorland gewinnt in Folge der Niederschläge nach und nach immer mehr an Höhe, weil über demselben immer eine geringere Geschwindigkeit stattfindet, als im eigentlichen Flussbette. Das Flussprofil für das Hochwasser wird daher mit der Zeit immer kleiner, folglich muss sich das Hochwasser immer mehr erhöhen, um die frühere Grösse der Profilfläche wieder herzustellen. Hiezu gesellt sich noch der Uebelstand, dass das Strombett sich nur bis zu einer gewissen Tiefe unter der Thalsohle — welche hier das bereits erhöhte Vorland ist — offen erhält, daher sich auch die Sohle des Bettes in gleichem Masse erhebt, wie die des Vorlandes, und mit ihr also auch der Wasserspiegel. Es erhebt sich somit der ganze Aussendeich. Diese Erscheinungen zeigen sich überall, wo Strom- oder Flussdeiche schon seit Jahrhunderten bestehen. Der Po, die Etsch, so wie die Hauptströme der Niederlande, geben uns in dieser Beziehung die sprechendsten Beweise, indem z. B. bei Legnago die Sohle der Etsch höher als Legnago selbst, und der höchste Wasserspiegel bei 17 Fuss höher liegt, als die Strassen und der Platz der Stadt.

Diese Erfahrungen sind in der That so bedenkenerregend, dass man die Zweckmässigkeit der Deichanlagen überhaupt in Zweifel ziehen kann. Die nieder gelegenen Gegenden sind stets in ihrer Existenz bedroht, und werden früher oder später durch was immer für ein zufälliges Ereigniss von einem traurigen Loose ereilt. — Das schrecklichste Beispiel von Verheerungen, welche ein Deichbruch verursachen kann, hat man an dem Untergange des südholländischen Waardes vor vierhundert Jahren erfahren. Die Maas, welche sich im untern Theile ihres Laufes mit der Waal vereinigt, durchbrach in der Nacht vom 18. auf den 19. November 1421, zwischen Woudrichem und Dortrecht den linkseitigen Deich, zerstörte, indem sie sich in das niedere Land ergoss, eine Fläche von vielen Quadratmeilen, und 72 Dörfer mit vielen tausend Menschen wurden in einer einzigen Nacht in den Fluthen begraben.

Nur in den allerseltensten Fällen wird jetzt noch eine neue Eindeichung an ausgedehnten Flussstrecken vorkommen; denn in allen kultivirten Gegenden sind solche aus früherer Zeit schon vorhanden. An manchen Flüssen sind jedoch nur einzelne Theile eingedeicht, andere nicht, und es wird die Aufgabe des Baumeisters in den meisten Fällen nur die sein, in Uebereinstimmung mit bestehenden Deichstrecken kleinere neue Anlagen in Verbindung zu bringen, oder ältere Deichanlagen zu reguliren.

§. 49.

Bei *Anlage der Deiche* handelt es sich, abgesehen von ökonomischen Rücksichten, wobei die Nutzung des Bodens und die Anlagskosten berücksichtigt werden müssen, zuerst um die gegenseitige Entfernung der Deichlinien von einander, damit die nöthige Wasserquantität abgeführt werden könne. — Man muss, so genau als es geschehen kann, an schicklichen wenn auch entfernteren Stellen des Flusses, durch welche die ganze Hochwassermasse sich durchwälzen muss, den Querschnitt des Profils, so wie auch die Geschwindigkeit desselben ermitteln, um die durchströmende Wassermasse finden zu kön-

nen. Dasselbe muss man an allen einmündenden Bächen und Flüssen wiederholen, und wird hiedurch in der Lage sein, für jede Stelle des Flusses aus der durchströmenden grössten Wassermenge, aus dem Gefälle (welches im Allgemeinen dasselbe wie bei kleinem Wasser ist, nur dass es sich beim Hochwasser mehr ausgleicht, indem die Abwechslungen zwischen starkem und schwachem Gefälle sich verringern oder ganz verschwinden) und der daraus abgeleiteten Geschwindigkeit, den erforderlichen Querschnitt des Flusses, d. i. die Höhe der Dämme und ihren Abstand von einander mit möglichster Berücksichtigung der bei Auffindung des zweckmässigsten Stromprofils gegebenen Andeutungen zu finden. Dieser Querschnitt gibt dann das Profil eines für das Hochwasser bestimmten Flussbettes, dessen Ufer von den inneren Böschungen der Dämme, und dessen Grundbett von dem gewöhnlichen Flussbette und dem zwischen dem Fusse der Dämme liegenden Vorlande, gebildet werden wird.

Dabei muss jedoch die Tiefe so gewählt werden, dass die Geschwindigkeit des Wassers nicht zu gross wird. Einer Geschwindigkeit von etwa 10 Fuss widerstehen wohl längere Zeit hindurch die Deiche, wenn sie keine ungünstige Lage haben; aber es ist durchaus nicht räthlich, sie noch grösser werden zu lassen. Ausserdem ist noch darauf Rücksicht zu nehmen, dass in Krümmungen die stärkste Strömung sich vor dem concaven Ufer zu bilden pflegt; demnach muss hier die mittlere Geschwindigkeit geringer sein oder das Profil erweitert werden.

Liegt auf der einen Seite schon ein Deich oder ein hohes, stets wasserfreies Ufer, so hat man durch die gefundene Breite des Profils unmittelbar den Abstand, in welchem der neu anzulegende Deich gelegt werden muss.

Sind beide Ufer Ueberfluthungen ausgesetzt, so legt man die Deiche auf geradlinigen Strecken auf beiden Ufern gleich weit vom Strombette entfernt. Dagegen wird man bei Krümmungen den Deich auf der convexen Seite vom Strombette entfernen, auf der concaven aber demselben nähern.

Wenn die Deiche nicht in ununterbrochen geraden Linien geführt werden können, sondern in krummen, oder wechselweise in geraden und krummen Linien geführt werden müssen, so sollen die geraden Linien immer die Tangenten der krummen sein, und wenn zwei entgegengesetzte Krümmungen sich verbinden, so müssen sie so gestaltet sein, dass sie an ihrem Vereinigungspunkte eine gemeinschaftliche Tangente haben. Ist eine starke Krümmung, wie Taf. XII, Fig. 99 zeigt, durch Deiche einzuschliessen, so kann man den Deich entweder *parallel zur Flusskrümmung* in der Richtung a b c d führen, oder man wählt, besonders wenn die Krümmung einer künftigen Durchstechung vorbehalten ist, die *gerade Linie* a f d, welche die Kehle der Krümmung abschliesst und die Tangente zu den Krummen a k und d m ist; oder endlich man wählt eine *entsprechend krumme Linie* (ein Kreissegment) a g d, welche an dem Zusammenstossungspunkte a und d mit den Krummen a k und d m gemeinschaftliche Tangenten hat. — Im ersten Falle, wenn die Deichrichtung a b c d parallel mit dem Strome angenommen wird, hat der Theil c d des Deiches ausserordentlich von der Gewalt des angedrängten Stromes zu leiden, und könnte leicht gefahrbringend werden; ausserdem werden durch die Wahl dieser Linie, so wie durch ihre Länge, die Anlagekosten sehr vermehrt, und nur besondere Umstände, als: Gebäude in der Halbinsel u. s. w. würden die Wahl dieser angegebenen Linie a b c d rechtfertigen können, indem die beiden letzt angegebenen a f d und a g d viel entsprechender und vortheilhafter sind.

Als Regel für die Wahl der Deichlinien muss aufgestellt werden, dass der Deich nie eine Lage erhalten darf, in welcher er direkt vom Strome getroffen wird. Es dürfen keine scharf einspringenden Buchten oder vortretende Ecken in einer Deichlinie vorkommen.

Deiche sollen immer ein Vorland vor ihrem Fusse haben. Die Nothwendigkeit desselben geht schon aus ihrer Entfernung von einander hervor, welche grösser sein muss, als die Normalbreite des ausgetretenen Flusses ist. Weiter gewährt das Vorland auch den Nutzen, dass man von demselben die erforderliche Deicherde nehmen kann, indem der Fluss die weggenommene Erde bei zweckmässigen Vorkehrungen wieder ersetzt, und das Vorland dadurch eine nie versiegende Quelle derselben wird. Endlich ist dasselbe auch für die Sicherheit der Deiche unentbehrlich, weil, wenn diese unmittelbar am Ufer liegen würden, sie bei jeder Beschädigung des letzteren in Gefahr wären, in den Fluss zu stürzen, wovor sie nur durch kostbare Uferbauten bewahrt werden könnten. Manchmal gebieten es aber die örtlichen Verhältnisse, dass diese gefährliche Lage der Deiche, nämlich mit einem sehr geringen Vorlande oder auch selbst ganz ohne ein solches, nicht umgangen werden kann; sie heissen dann *Gefahrdeiche* oder *Schaardeiche.* Ist man nun gezwungen, einen solchen Gefahrdeich herzustellen, so müssen die Ufer

— wenn sie nicht fest genug sind — entweder durch Einbaue oder durch Uferdeckwerke so gesichert werden, dass ja keine Beschädigung und Auswaschung derselben stattfinde, indem sonst ein Deichbruch unausbleiblich wäre. In den meisten Fällen sind Buhnen das zweckmässigste Mittel zur Abwehr dieser Gefahren, indem diese Werke zugleich dem Ufer eine bessere Richtung, und dem Deiche Vorland zu verschaffen im Stande sind. Wenn aber irgend ein Uferbruch einen Deich in einen Gefahrdeich verwandelt, so kann man nie genug eilen, das Ufer durch Deckwerke oder Buhnen vor weiterem Abbrechen zu bewahren, um dadurch den Deich zu retten.

Die in einen Strom einmündenden Flüsse müssen, wenn jener eingedeicht ist, wenigstens so weit aufwärts eingedeicht werden, als die durch das Hochwasser des Stromes in diesen Flüssen entstehende Rückstauung reicht.

§. 50.

Die Deiche haben ausser dem Drucke des vor ihnen befindlichen Wassers, auch dem Stosse, dem Wellenschlage und dem Eise desselben Widerstand zu leisten. Sie müssen gegen diese Kräfte auch noch dann stark genug bleiben, wenn sie durch kleinere Beschädigungen geschwächt werden sollten. Die geringste Breite einer Deichkrone ist aus diesen Ursachen 3 Fuss; man kann dieselbe bei dieser Breite als Fussweg benützen, und es ist ein hinlänglich breiter Raum auf derselben, um Alles hinbringen und dort herstellen zu können, was zu ihrer Erhaltung während der anstürmenden Gefahren eines Hochwassers nothwendig ist. — Soll die Krone der Deiche zugleich als Fahrweg dienen, so wäre ihre geringste Breite 9, besser 10, auch 12 Fuss. — Die Krone wird etwas gewölbt mit abgerundeten Rändern angelegt, damit das Regenwasser davon abfliessen kann, und, wenn sie als Fahrweg dienen soll, auch beschottert. Sehr zweckmässig ist es, ihr eine geringe Neigung gegen den Fluss zu geben. Temporäre Hülfsdeiche, welche nur kurze Zeit zu dienen haben, baut man ganz ohne Krone nach dem auf Taf. XII, Fig. 100 angedeuteten Profile.

Die Höhe der Deiche ist von dem höchsten Wasser bedingt, und jeder Deich wird um 2 Fuss höher als dieses erbaut, damit er nie überströmt werden könne. Auch muss bei Bestimmung der Höhe auf die Setzung der Erde Bedacht genommen werden, welche bei festgestampftem und benetztem Erdreiche immer noch wenigstens $^1/_{12}$ der Höhe beträgt.

Die Böschungen der Deiche müssen eine solche Neigung haben, dass die Kraft des Stromes den Deich an seiner Vorderseite nicht so leicht angreifen kann, und dass durch die rückwärtige Böschung eine der Gattung des Erdreiches noch immer haltbare Dossirung gebildet werde. Daher erhält bei gutem Erdreiche die Vorderseite des Dammes die zweifache, bei schlechterem die dreifache, bei Sand die vier- bis fünffache Höhe zur Anlage. Der rückwärtigen Böschung gibt man nur jene Anlage, welche die Gattung des Erdreiches verlangt, um eine haltbare Dossirung zu bilden. Wenn die vordere Böschung, wie bei gutem Erdreich angegeben, die doppelte, und die rückwärtige Böschung die einfache Höhe zur Anlage hat, so hat, da der Deich 2 Fuss über das Hochwasser erbaut werden muss, das Wasser Taf. XII, Fig. 98 einen 9 Fuss dicken Erdkörper als Widerstand, was vollkommen genügt. Bei den temporären Hülfsdeichen ohne Krone, Taf. XII, Fig. 100, ist der den Widerstand bildende Erdkörper in diesem Falle 6 Fuss breit, was für vorübergehende Zwecke auch genügt.

Sommerdeiche, die nur den Zweck haben, das Land gegen die im Sommer eintretenden mässigen Hochwässer zu schützen, und die grösseren Winter-Hochwässer darüberströmen zu lassen, müssen an der Rückseite eine entsprechend flache Böschung erhalten, damit sie nicht vom überströmenden Wasser beschädigt werden. Man gibt derselben bei gutem Erdreich mindestens die dreifache, bei minder gutem die fünf- auch sechsfache Höhe zur Anlage. Durch eine solche grosse Ausdehnung des Deichprofils, den Sommerdeichen in ihrer ganzen Länge gegeben, würden die Erdbewegungen und hiedurch die Kosten der Anlage sehr vergrössert werden, wesshalb man das Wasser nur an einzelnen Stellen dieses ausgedehnten Profils überströmen zu lassen pflegt, welche man desshalb etwas niedriger als die übrigen hält, und an den höheren Theilen der Ebene, auf welcher der Deich liegt, anbringt, damit das überfallende Wasser dort von einer geringeren Höhe herabströme, während die andern Deichstrecken ein gewöhnliches, minder kostspieliges Profil erhalten.

Rampen, welche entweder zum Ueberfahren der Deiche, oder wenn ihre Krone als Fahrweg benützt wird, zum Hinauffahren auf die Krone nothwendig sind, dürfen nie in den Körper des Dammes eingeschnitten, sondern immer nur an der inneren, nämlich an der Landseite angesetzt werden. Auch ist es gut, wenn die Krone als Fahrweg benützt wird, von Strecke zu Strecke eigene Ausweichplätze anzusetzen, damit die Wägen nicht gezwungen werden, bei dem gegen-

seitigen Ausweichen auf die Böschung zu fahren, wodurch die Deiche sehr leiden.

Manchmal ist man genöthigt, Deiche durch alte Flussbette oder andere niedere Stellen zu führen, in Folge dessen sie eine ansehnliche Höhe erhalten müssen. Hiebei verursacht der grosse hydrostatische Druck des bis zur Krone des Deiches gestiegenen Hochwassers, manchmal im Binnenlande knapp hinter dem Damme oder in der unteren Hälfte desselben, ein nicht immer leicht zu hemmendes und darum oft gefährliches Hervorquellen des Flusswassers. Man kann diesem Uebelstande dadurch abhelfen, dass man in einiger Entfernung hinter dem ersten Deiche einen zweiten legt, der vordere hat die gegen das Hochwasser nothwendige Höhe, der rückwärtige ist jedoch beiläufig um die Hälfte niedriger. In dem vorderen Deiche ist ein Siel angebracht, durch welches man nach Belieben in den Raum zwischen beiden Deichen Wasser einlassen kann, welches gegen das höherstehende äussere Hochwasser einen Gegendruck ausübt, und dadurch die vorerwähnte nachtheilige Wirkung mindert.

Die Aufstellung der Profile für die Deiche erfolgt in Distanzen von 5 zu 5 Klaftern so, dass keine Profilstange im Deichkörper stecken bleiben darf, Taf. XIII, Fig. 101. Sodann muss die Rasendecke vor der Sohle des Deiches abgestochen werden, damit sich der neue Dammkörper mit seiner Sohle gut verbinde, und ein Durchquellen zwischen der gewachsenen und der aufgeschütteten Erde verhindert werde. Der abgestochene Rasen wird zur Seite geschafft und später zum Belegen der Dossirung verwendet. Wenn Bäume oder Gesträuche in der Deichlinie stehen, so müssen diese nicht nur oberflächlich entfernt werden, sondern es sind auch deren Wurzeln aus dem ausgegrabenen Grunde zu beseitigen. Auf diese wunde Fläche wird nun die von grossen Steinen und Ziegelstücken, Aesten, Schilf und Wurzeln befreite Erde schichtenweise (6 Zoll hoch) aufgeschüttet, geebnet und festgestampft. Diese einzelnen Schichten werden hier meistens nicht horizontal gemacht, sondern sie erhalten gegen die Wasserseite zu einen Fall. Vereinigt man, Taf. XIII, Fig. 101, m mit d, so erhält man jene Linie md, mit welcher alle Erdschichten ungefähr parallel auszuführen sind. Der hiedurch gewonnene Vortheil ist augenfällig; denn angenommen, dass eine oder die andere Schichte nicht genug fest gestossen worden wäre oder aus minder guter Erde bestände, so leidet bei diesem Verfahren der Anschüttung die Dichtigkeit nicht, denn das Wasser kann durch die unvollkommene Schichte nicht bis zur inneren Böschung gelangen, weil es auch die andern festeren Schichten durchdringen müsste. Die fetteste und beste Erde wird man immer zu dem Erdkörper ndo, die mindere zu dem Erdkörper mdo, die mindest gute zu dem Erdkörper mabd verwenden, weil man hiedurch dem allenfalls an der Vorderböschung eindringenden Wasser den Weg durch den Damm sehr erschwert.

Die Deicherde muss fest und zähe sein, sie darf während der trockenen Jahreszeit nicht reissen, weil dadurch ein Durchquellen veranlasst werden würde. Reine Thonerde ist desshalb auch nicht zweckmässig, sondern sie muss eine Beimischung von Sand erhalten. Gute, humusreiche Ackererde wird als brauchbare Deicherde angesehen, erzeugt auch eine dichte Rasendecke; nur finden sich in dieser Erde sehr viele Maulwürfe ein, deren Gänge zum Durchquellen Veranlassung geben können. Auch vegetabilische Stoffe befördern durch ihre Verwesung die Durchdringlichkeit der Deicherde.

Zum Deichbaue wird die Erde entweder in der Nähe aus dem Binnenlande ausgehoben, wobei die Vertiefungen jedoch zum Durchquellen Veranlassung geben, oder sie wird, was besser ist, von dem Vorlande genommen, wo der Strom durch Ablagerungen die Vertiefungen wieder ausfüllt. Es dürfen jedoch keine Gräben ausgehoben werden, welche schädliche Stromrinnen erzeugen könnten, sondern nur einzelne nicht zusammenhängende, regelmässige Gruben, zwischen welchen man Streifen von der Breite von einigen Fuss unberührt stehen lässt. Diese Gruben müssen in einige Entfernung von den Deichen und ihrer Längenrichtung nach senkrecht gegen den Strom zu liegen kommen.

Die Dossirungen müssen entweder durch eine Placage, oder durch eine Rasenziegelverkleidung gesichert werden. Der äussere Wandkörper ist demnach auf 1 bis 2 Fuss Dicke aus guter Erde herzustellen. Der Rasen bietet der Oberfläche der Böschungen einen sicheren Schutz, und es muss, um den Graswuchs rein zu erhalten, das aufschiessende Unkraut, ehe der Same reift, abgehauen werden. Ebenso muss auch das Gras mehrere Mal im Jahre gemäht werden. Deiche dürfen weder auf der Krone noch auf den Dossirungen mit Bäumen oder Sträuchern bepflanzt werden, weil Bäume beim Sturme und Eisgange die Erde auflockern, oder, wenn sie entwurzelt werden, Veranlassung zur Bildung von Wasseradern geben können, deren Folge ein Durchbruch sein kann.

Sollte man im Laufe der Zeit die Deiche erhöhen müssen, so ist es zweckmässiger, die Erhöhung

so vorzunehmen, wie es die punktirten Linien u Taf. XII, Fig. 98 zeigen; denn macht man es, wie bei u′ zu ersehen, so findet das Hochwasser einen allzu leichten Weg, den erhöhten Damm zu unterminiren. — Es ist zweckmässig, die Rasendecke des zu erhöhenden Dammes vorher abzuheben, die Verbindung stufenartig herzustellen und mit dem abgestochenen Rasen die neue Dammfläche wieder zu belegen; denn würde man den alten Rasen unter der Verstärkung liegen lassen, so würde er, besonders wenn er in Fäulniss übergeht, eine der innigen Verbindung, zwischeu dem alten Damme und der neuen Verstärkung, hinderliche Zwischenschichte bilden.

In Italien pflegt man häufig in der Mitte der Deiche schwache (1 bis 1½ Fuss dicke) Mauern bis in die Höhe des höchsten Wassers aufzuführen, wodurch zum Theil dem Durchdringen des Wassers, besonders aber den Gängen der Maulwürfe, ein sehr wirksames Hinderniss entgegengestellt wird.

Tiefer Torfgrund muss von den Deichlinien so viel als möglich umgangen werden, weil der Bau der Deiche auf Torfgrund sehr schwierig ist, der Bau auf solchen zu tief einsinkt, und ein solcher Boden durch den Druck des vor dem Deiche stehenden Hochwassers durchdrungen werden kann, wodurch das rückwärts liegende Land nicht immer vor Ueberschwemmungen bewahrt bleibt. Nur wenn der Torfboden so ausgedehnt wäre, dass eine Umdeichung desselben ohnediess die Eindeichungslinien und hiemit auch ihre Kosten ausser Verhältniss vergrössern möchte, so dass ein Durchdeichen des Torfbodens vorzuziehen wäre, nur dann kann man es unternehmen, die Deiche auf einem solchen Boden zu erbauen. Nicht selten geschieht es, dass durch das Einsinken des Deiches auch ein Ausweichen des Grundes zu beiden Seiten nach oben zu, wie es Taf. XIII, Fig. 102 zeigt, stattfindet. Diesem Uebelstande könnte man dadurch zuvorkommen, dass man an den Fusslinien a und b der äusseren und inneren Dammböschung der Mächtigkeit des Torfbodens entsprechend lange Spundwände einschlägt, wodurch ein Setzen des Torfgrundes innerhalb der Wände a c b d unabhänging von den ausser diesen Wänden befindlichen Schichten stattfinden kann, indem der innere zu comprimirende Theil von dem äusseren ganz abgeschnitten wird. Auch wird hier die Setzung viel geringer als ohne Spundwände sein, was den Vortheil bietet, dass man viel weniger Material zur Herstellung des Dammes bedarf.

Bei nicht sehr mächtiger Torfschichte wird ein solcher Damm hergestellt, indem man so tief, als es der Wasserstand erlaubt, die Torfschichte aushebt, und erst auf die nun erlangte Sohle den Damm von guter Erde aufführt. Das Gewicht desselben wird den noch übrig gebliebenen Theil der Torfschichte hinlänglich fest zusammenpressen, um ihn für das Wasser bis zur Unschädlichkeit undurchdringlich zu machen. Muss aber der Deich durch eine sumpfige Stelle oder mächtige Torfschichte geführt werden, wobei das Einrammen der Spundwände nicht geschehen soll, so muss man ihn entweder auf ein Faschinenbett legen, oder zwischen zwei Bermen von Faschinen einschliessen, wie es Taf. XIII, Fig. 103 zeigt. Diese erhalten eine Krone von ungefähr 6 Fuss, an der äussern Seite eine Böschung von 45°, und ihre innere Seite wird vertical. Die Entfernung ihrer inneren Ränder ist der Breite des Dammes sammt den Böschungsanlagen gleich, so dass der Körper, der zwischen diesen Faschinendämmen liegt, ein vollkommenes Rechteck bildet. Manchmal gibt man den Faschinendämmen an der innern Seite auch eine kleine Böschung, oder lässt sie auch in den aufzuschüttenden Erddamm eingreifen, wodurch wegen der ungleichförmigen Setzung Risse im Deiche entstehen, während bei ihrer früher angegebenen Form ein gleichförmiges Setzen ermöglicht ist.

§. 51.

Die sorgfältige Erhaltung der Deiche und des Vorlandes ist der beste und sicherste Schutz gegen einen Durchbruch des Hochwassers. Die Sorgfalt für die Erhaltung der Deiche besteht in der Verhütung und Entfernung alles dessen, was ihrer Dauer und Haltbarkeit nachtheilig sein kann, in der nöthigen Wachsamkeit wäbrend der Dauer der Hochwässer und in der Anwendung der erforderlichen Massregeln sowohl vor als während derselben, um das Durchbrechen der Deiche zu verhüten.

Ausser den ungewöhnlich grossen Hochwässern, welche einen Deich zu durchbrechen drohen, kann diesem nicht leicht etwas gefährlicher werden, als die Zerstörung seines Vorlandes, wodurch ein Bruchufer am Fusse desselben entsteht. Durch Schutzbuhnen oder Uferdeckwerke, welche, sobald der Fluss aus seiner Bahn weicht und das Ufer anzugreifen droht, unverzüglich angewendet werden müssen, wird man die Entstehung eines Gefahrdeiches vermeiden können.

Zur Erhaltung des Vorlandes wird ausserdem noch die Entfernung alles dessen erfordert, was dem austretenden Strome Gelegenheit geben könnte, sich in dessen Oberfläche einzuwühlen, als: Rinnen oder Vertiefungen in der Längenrichtung der Dämme, welche

bis zur Höhe des Vorlandes durch kleine Dämme oder Flechtwerk unterbrochen werden müssen, damit das ausgetretene Wasser darin nicht fortströme und sich vertiefe, wohl aber diese Rinnen und Vertiefungen ausgefüllt werden können. Fahrwege längs der äusseren Böschung der Dämme zerstören den Rasen, bilden Geleise, welche dem strömenden Wasser Gelegenheit zur Vertiefung geben und sehr gefährlich werden können. Sie dürfen demnach eben so wenig, als Bäume und Gesträuche aus schon angegebenen Gründen geduldet werden. — Ein anderes, den Deichen Gefahr bringendes Uebel sind die Mäuse und Maulwürfe, welche man zu fangen und zu vertilgen trachten muss. Sie durchbohren die Anschüttungen mit ihren Gängen, welche dem Wasser einen Durchzug bahnen können. Das kleinste Loch kann bei dem bedeutenden Drucke des vor dem Damme befindlichen Wassers bald so erweitert werden, dass ein Dammbruch erfolgen kann. Schweine beschädigen durch ihr Wühlen gleichfalls die Dämme, und dürfen daher die Deiche nicht betreten; dagegen können Pferde und Rinder, welche die Maulwurfsgänge zusammentreten, und vorzüglich Schafe, welche die Wurzeln nicht beschädigen und einen guten Dünger zurücklassen, darauf weiden, überhaupt muss sehr auf die gute Erhaltung der Grasdecke gesehen werden, indem diese eine unerlässliche Bedingung für die Dauerhaftigkeit der Deiche ist.

Ist ein Fahrweg anf der Krone eines Dammes, so kann dieser allmählig, indem der Wind die losgefahrene Erde als Staub wegführt, oder der Regen sie wegschwemmt, an seiner erforderlichen Höhe verlieren, um so mehr als die Kronen der meisten auch als Fahrweg dienenden Dämme nicht beschottert werden. Es muss daher in diesem Falle die richtige Höhe des Dammes bewacht und bewahrt werden, wozu einzelne Rand- oder Leistensteine, auf welchen die Höhe des Dammes genau ersichtlich ist, dienen, und welche in die Dammkrone eingesetezt werden.

Hochwässer verursachen öfter, besonders wenn sie mit einem Eisgange verbunden sind, grössere oder kleinere Beschädigungen des Deichrasens. Diese müssen unverzüglich ausgebessert werden. Man füllt die entstandenen Vertiefungen so mit guter Erde aus, dass diese sich stufenförmig mit der stehen gebliebenen Erdmasse verbinden kann, stampft sie fest und bedeckt die ausgeglichene Böschung mit Rasen. Wenn besonders angegriffene Stellen schnell und kräftig gesichert werden sollen, so versieht man sie mit Steinschüttungen oder auch mit einem soliden, aufgepackten Steinpflaster. Ist man mit einer vollständigen Reparatur nicht fertig geworden, so dass vor Eintritt des Hochwassers die Rasendecke noch fehlt, so wendet man auch — jedoch nur provisorisch — Deckungen mit Strauch, nämlich Spreutlagen, oder noch besser Rauhwehren an, die zwar gegen vorübertreibende Eisstücke einen guten Schutz gewähren, aber vom Wellenschlage leicht gelöst werden und daher für die Dauer sehr unsicher sind.

Die betreffenden Arbeiten müssen aber vor Eintritt des Hochwassers geschehen, da während desselben die äussere Böschung verdeckt ist und die Herbeischaffung des Materials meist längere Zeit erfordert. Von dem letzteren, als: Strauch, Pfähle, Bretter, Dünger, Säcke u. dgl., muss immer ein hinlänglicher Vorrath bereit gehalten werden, um, wenn bei eintretendem Hochwasser einzelne Stellen angegriffen werden, die nothwendigsten Reparaturen auch unverzüglich vornehmen, oder wenn ausnahmsweise unvorhergesehene höhere Anschwellungen, z. B. durch Eisstopfungen u. s. w. stattfinden, die nöthigen Aufhöhungen machen zu können. — Solche provisorische Erhöhungen auf der Deichkrone heissen Kahden, und die Herstellung derselben — das Aufkahden.

Taf. XIII, Fig. 104 a und b zeigt zwei verschiedene Arten von Kahden, und Fig. 104 a eine solche, die mit einem gewöhnlichen Fangdamme Aehnlichkeit hat. Man schlägt kleine Pfählchen von 4 Fuss Abstand in den Deich und lehnt dagegen Bretter. Der 2 bis 3 Fuss breite Zwischenraum wird mit Erde angefüllt. — Hat man nicht genug Bretter vorräthig, so bildet man nur eine Holzwand, die sich auf der Stromseite befinden muss, um dem Wellenschlage und Eise einigen Widerstand zu bieten, und lehnt die Erdböschung an der inneren Seite dagegen. Fig. 104 b zeigt eine andere Anordnung, wobei statt der Bohlen oder Bretter Faschinen verwendet sind, die gleichfalls durch Pfähle und eine Erdböschung gesichert werden. — Endlich kann man auch aus halbgefüllten Erd- oder Sandsäcken eine Kahde herstellen. Auf diese Weise kann man eine Erhöhung des Deiches von 1 ½ bis 2 Fuss leicht bewirken.

Bei eintretendem Wachsen des Wassers müssen sowohl die Deichbeamten als die Wächter immer gegenwärtig sein und die grösste Aufmerksamkeit auf den Deich haben. Die Gemeinden stellen eine vorgeschriebene Zahl von Wägen und Arbeiter zur Verfügung, um sowohl das vorräthige Material an die bedrohten Punkte zu schaffen, als auch um im Augenblicke der Gefahr die nöthigen Arbeiten bewirken zu können.

Eines der ersten Zeichen einer herannahenden

Gefahr ist das Hervorquellen oder Durchsickern des Wassers an der inneren Deichböschung. So lange das Wasser hell bleibt, ist wenig zu besorgen; wenn es aber trübe wird, aufgelöste Erde und Sand mitführt, dann ist eine Erweiterung des Kanals, durch den das Wasser hervorquillt, nicht zu bezweifeln, und diese kann in kurzer Zeit so zunehmen, dass ein Deichbruch erfolgt. Man muss diese Oeffnung jedenfalls und zuerst an der Vorderseite des Dammes, wo das Wasser einströmt, zu verstopfen suchen. Die Stelle, welche das Wasser einschlürft, nimmt man manchmal durch einen kleinen Wasserwirbel an der Oberfläche des Wassers wahr, und schiebt ein Brett, auf dessen unterem Ende man einen schweren Stein befestigt, an der Böschung hinab, und versucht die Oeffnung zu treffen, was man sogleich an der Verminderung oder dem gänzlichen Versiegen des Wassers an der Rückseite wahrnimmt. Segeltücher oder grobe Leinwand — besonders wenn sie getheert sind — verwendet man auch hiezu, indem man an ihrem untern Rande Gewichte oder Steine befestigt und sie an der Böschung mit Stangen unter das Wasser hinabschiebt, damit sie die schadhafte Stelle bedecken. Oder man versucht, mit Erde, Sand oder Dünger nur halb gefüllte Säcke darauf zu bringen.

Obwohl der Zug des Wassers, das mit Heftigkeit in die Oeffnung dringt, einigermassen einen solchen Versuch erleichtert, indem es den herabsinkenden Körper mit sich reisst, so ist doch die Wahrscheinlichkeit des Gelingens so unbedeutend, dass man selten von diesen Mitteln Gebrauch macht, indem dadurch häufig nur die in diesem Momente so sehr kostbare Zeit verloren geht.

Gelingt es nicht, die Oeffnnng an der äusseren Böschung aufzufinden und zu verstopfen, so bleibt kein anderes Mittel, als diess an der Rückseite des Dammes zu versuchen. Man pflegt, wenn die Oeffnung noch klein ist, in dieselbe einen ungefähr drei Fuss langen, zugespitzten dicken Pflock hineinzutreiben; allein das Verstopfen der Oeffnungen an der rückwärtigen Böschung, durch welche das Wasser ausfliesst, ist gewöhnlich nutzlos, indem das Wasser sogleich an einer andern Stelle durchdringt. Oft wird bei starken Quellungen die Handramme kräftig gebraucht, welche jedoch nur in dem Falle eine günstige Wirkung äussert, wenn die Quellen dicht unter der Oberfläche sich befinden. Liegen sie tiefer, so hebt man in der Längenrichtung des Deiches möglichst schnell einen Graben aus, um den Quell zu erreichen. Gelingt dieses, so wird der Graben schleunigst wieder mit Mist gefüllt und festgerammt. Dieses Mittel ist jedoch sehr gefährlich, weil der Bruch des Deiches eben durch das Aufgraben leicht veranlasst werden kann, und ist in manchen Deichordnungen geradezu verboten.

Am sichersten ist es bei bedenklichen Quellungen, an der bedrohten Stelle einen neuen Deich an der inneren Seite des alten aufzuführen, wobei aber bei den beschränkten Hülfsmitteln und der erforderlichen Eile von einem regelmässigen Deichbaue sicherlich nicht die Rede sein kann, was übrigens auch bei einem solchen Schutzdeiche (auch Quell-Kahde genannt) nicht so sehr nothwendig erscheint, da er dem Angriffe des Stromes, des Wellenschlages und des Eises vollständig entzogen ist und nur dem ruhigen Drucke des Wassers zu widerstehen hat. Man bildet einen solchen Schutzdeich gewöhnlich nach der Art der Fangdämme aus Holzwänden mit Erd- oder Mist-Anschüttungen.

Die grösste Gefahr tritt dann ein, wenn durch das Hochwasser das Vorland weggerissen und der Fuss des Deiches selbst angegriffen wird. Es bildet sich alsdann unmittelbar vor dem Fusse des Deiches ein sehr steiles Bruchufer, welches Abrutschungen der äusseren Dossirung des Deiches, die sich bis an die Krone ausdehnen, sogenannte Kappstürzungen, verursacht. Selten kann in diesem Falle der Durchbruch verhindert werden. Das einzige Mittel wäre, wenn das Vorland allein und der Deich noch nicht angegriffen ist, das Einwerfen von Senkfaschinen. Hat jedoch die besagte Abrutschung am Deiche schon stattgefunden, so kann man versuchen, durch — nach der Art des Packwerksbaues — hergestellte Senklagen, welche man auf die äussere Dossirung des Deiches versenkt, denselben weiter zu schützen; allein es ist nur ein Glück, wenn in einem solchen Momente dergleichen Massregeln noch eine Wirkung hervorbringen, denn wenn der Fluss nicht zur rechten Zeit wieder fällt, so ist ein Durchbruch unter solchen Umständen beinahe immer unvermeidlich.

Für die Erhaltung der Deiche — vorzüglich zur Zeit der Gefahr — bestehen von den Behörden eigens erlassene Deichordnungen, über deren genaue Befolgung mit Sorgfalt und nachsichtsloser Strenge immer gewacht werden muss.

§. 52.

Ist trotz aller getroffenen Massregeln der Durchbruch eines Deiches erfolgt, oder treten Erscheinungen ein, welche denselben ganz sicher vorhersehen lassen, so werden Alarmsignale gegeben, um

die Bewohner der bedrohten Niederung von der bevorstehenden Ueberfluthung zu benachrichtigen. Da in einem solchen Momente fast alle Arbeiter in ihre Behausung eilen, um für das Ihrige sorgen zu können, so fehlt es gemeiniglich in dieser Zeit fast an allen Kräften und man muss sich mit den bleibenden, wenn es noch möglich ist, darauf beschränken, die weitere Ausdehnung des Bruches durch Anbringung von Faschinenlagen an den Rändern der Bruchstelle möglichst zu verhindern. Die Strömung durch den Durchbruch ist gewöhnlich sehr heftig, reisst den Boden hinter dem Deiche auf und bildet darin einen oft unglaublich grossen und tiefen Kolk, der gewöhnlich ganz auf der Landseite der früheren Deichlinie liegt, sich aber auch manchmal nach der Flussseite so ausdehnt, dass die Deichlinie durch ihn unterbrochen wird. Durch das einströmende Wasser wird die Niederung, namentlich die zunächst des Durchbruches liegenden Fluren, oft mehrere Fuss hoch mit Sand und Kies bedeckt, welcher, um solche Stellen der Kultur wieder zu geben, abgeräumt werden muss. Die dadurch veranlassten Kosten, sowie auch in vielen Fällen der Verlust der Ernte, bilden, wenn nicht noch ganze Ortschaften verwüstet worden, den grössten Theil des durch die Durchbrüche veranlassten Schadens.

Um nun nach dem Fallen des Wassers den Deich wieder herstellen zu können, muss für möglichst schnelle Entfernung des Wassers von der überschwemmten Niederung gesorgt werden. Ist das Wasser nur von mässiger Menge, dann können die Oeffnungen des durchbrochenen Deiches und die allenfalls vorhandenen geöffneten Siele und Schleussen dazu hinreichen, dasselbe zu entfernen, ist es aber von grosser Ausdehnung, dann ist es nothwendig, den Deich noch an einer oder mehreren Stellen zu durchstechen, um das Wasser schneller abzulassen, vorzüglich wenn Ortschaften im Wasser stehen, weil die Entwässerungsschleussen in der Regel nicht weit genug sind, um grosse Massen Wassers schnell abzuführen, wodurch die Schleussen auch in Gefahr kommen können. Liegt aber die Niederung sehr tief, so dass gar keine natürliche Entwässerung hergestellt werden kann, so kann ihre Trockenlegung nur mittelst Schöpfmaschinen, deren Beschreibung bei den Entwässerungen und bei den Fundirungen vorkommt, erfolgen. Dies dauert natürlich sehr lange, und die ganze einjährige, und wenn die überschwemmte Niederung gross und tief ist, auch eine mehrjährige Nutzung der Fluren geht dadurch verloren.

Nach dem Abflusse des Wassers muss man so schnell als möglich zur Ergänzung und Ausbesserung der durchbrochenen und beschädigten Dämme schreiten. Ist der Durchbruch nur in dem Dammkörper oberhalb der Sohle und das Vorland noch unangefochten, so bedarf es natürlicher Weise nichts anderes, als die entstandene Lücke wieder auszufüllen. Es wird hiebei ganz so wie bei einem neuen Deichbaue verfahren, nur muss für die vollkommene Verbindung des neuen mit dem stehengebliebenen Dammkörper bestens gesorgt werden. Schwieriger ist die Ausfüllung, wenn die Sohle des Dammes, das Vorland und das Ufer des Flussbettes weggerissen sind; in diesem Falle kann man den Kolk entweder durchdeichen, wenn man den Deich nach seiner vorigen Richtung durch den Kolk hindurch wieder herstellt, oder man kann ihn umdeichen, indem man den Deich, wenn der Kolk zu tief sein sollte, um denselben herumführt.

Die erste Wiederherstellungsweise ist unstreitig die zweckmässigste Massregel, welche man immer anwenden sollte, sobald sie nicht die zu grosse Tiefe des entstandenen Kolkes zu kostbar macht, oder wenn nicht durch das Umdeichen zugleich eine zweckmässigere Richtung des Deiches erhalten werden kann, was bei unregelmässigen Deichanlagen nicht selten möglich ist. Wird nun der Damm durch den Kolk nach seiner vorigen Richtung hergestellt, so muss sein Fuss durch einen Faschinenbau, ähnlich wie es bei Herstellung der Deiche in Torfgründen gesagt worden, eingeschlossen werden. Auch wird das Vorland durch ein System von Fangbuhnen gebildet, welche, indem sie eine Verlandung bewirken, diese Aufgabe erfüllen.

Ist das Durchdeichen zu schwierig und zu kostbar, so muss zur Umdeichung geschritten werden. Am wohlfeilsten ist es, den Deich über das vielleicht stehengebliebene Vorland um den Kolk herumzuführen, d. i. denselben nach aussen zu umdeichen. Dabei erhält jedoch der Deich eine vorspringende Ecke und hat, weil der Kolk sich unmittelbar hinter derselben befindet, eine gefährliche Lage. Der Kolk wird sich nie ausfüllen und ist auf immer für die Kultur verloren. Weit angemessener ist es daher, den Deich auf die Landseite um den Kolk herumzuführen, d. h. diesen nach innen zu umdeichen. Der Deich wird hiedurch allerdings viel länger und kostbarer, erhält aber eine sehr geschützte Lage, und der Kolk, vom Strome ausgefüllt, verflacht sich nach und nach, wächst endlich bis zur Thalsohle an, worauf man den Deich wieder in seine ursprüngliche Richtung ver-

legen und die ausgedeichte Fläche in voller Kulturs-fähigkeit benützen kann.

§. 53.

Deiche, welche das Land vor den Ueberschwemmungen der Hauptströme zu schützen haben, erreichen nur dann diesen Zweck, wenn, wie schon erwähnt, Seitenbäche und Nebenflüsse, Tafel XIII, Fig. 105, so weit stromaufwärts eingedeicht sind, bis hiemit ein Terrain erreicht wird, welches wenigstens 2 Fuss höher als die Rückstauung des Hochwassers des Hauptstromes ist.

Fällt aber das Seitenthal sehr wenig, so dass jene allzulang werden müssten, dann hilft man durch *Siele*. Die Ufer des Baches werden beiderseits durch Mauern ersetzt, das Gerinne wird entweder, wenn es nicht breit ist, einfach, oder wenn es breiter ist, mittelst eingestellter gemeinschaftlicher Widerlager eingewölbt und der Deich darüber aufgeführt. Bei niedrigen Dämmen kann das Ueberwölben unterbleiben. Die lichte Entfernung der Ufermauern von einander, oder wenn Pfeiler als gemeinschaftliche Widerlager eingelegt sind, die Summe aller lichten Entfernungen, durch welche das Wasser des Baches durchfliesst, muss so gross sein, dass selbst das höchste Wasser desselben mit der zu ermittelnden Geschwindigkeit anstandslos, ohne einen Stau zu bewirken, abfliessen kann. Die Ermittlung dieser Entfernungen geschieht ganz auf dieselbe Weise, wie man sich den gegenseitigen Abstand der Deiche bestimmte.

Ein oder mehrere Schützen, d. h. vertical in Nuthen oder Falzen des Mauerwerks bewegliche hölzerne Scheidewände, welche mittelst einer einfachen Vorrichtung gehoben und gesenkt werden können, dienen nun dazu, um die Oeffnung abzusperren und zu verhindern, dass das Hochwasser des Stromes das Terrain hinter dem Deiche überschwemme. Allerdings staut sich das eigene Wasser des Nebenflusses oder Baches, überrinnt wohl auch seine Ufer und würde, wenn dieser Zustand lange andauert, alles auch unter Wasser setzen. Glücklicher Weise ist dies beinahe nie der Fall; denn je höher das Wasser im Hauptstrome ist, desto kürzer hält es an, und nie wird durch das Ueberrinnen des Baches die Niederung so sehr überschwemmt und leidet auch nie so, als es durch das Hochwasser des Hauptstromes der Fall sein wird. — Hat das Hochwasser im Hauptstrome sich verlaufen, so öffnet man die Schütze und in kurzer Zeit tritt Ruhe ein.

Das Detail der Schützen, so wie die Vorrichtungen, wodurch dieselben gehoben und gesenkt werden können, werden bei den Stauanlagen genau beschrieben werden.

Diese *Schützensiele*, die sonst ganz entsprechend sind, müssen aber von den Wärtern immer zur rechten Zeit geschlossen werden, was leider häufig zu spät geschieht, besonders wenn das Hochwasser zur Nachtzeit eintritt. Es ist ihnen daher das *Klappsiel*, Taf. XIII, Fig. 106 a, vorzuziehen, welches in einer schweren hölzernen Klappe besteht, die vor der Oeffnung des Sieles hängt. Steigt das Hochwasser des Hauptstromes, so drückt es die herabhängende Klappe dicht an die Oeffnung des Sieles; fällt das Wasser im Hauptstrome, so drückt das unterdessen aufgestaute Binnenwasser des Baches die Klappe auf, und läuft ab.

Das Detail der Klappe ist Taf. XIII, Fig. 106 b zu ersehen. Die horizontalen Pfostenlagen, die von Ulmen-, Lärchen- oder Eichenholz sein müssen, haben allein dem Wasserdrucke zu widerstehen, und ihre Dicke kann mit Leichtigkeit für den Wasserdruck, welchen sie auszuhalten haben, berechnet werden, indem man, wenn z. B. die Wasserhöhe 15 Fuss beträgt, und die Pfosten 1 Fuss breit und 5 Fuss lang wären, $5 \times 15 = 75$ Kubikfuss, und 75×56.4 Pfunde (nämlich das Gewicht eines Kubikfusses Wasser) oder 4230 Pfunde als gleichförmig vertheilte Belastung der untersten Pfoste annimmt, welcher sie mit ihrer relativen Festigkeit zu widerstehen hat. Die verticalen Pfosten dienen nur zum Zusammenhalte jener und werden meistens durch 8 Linien dicke, aus sehr zähem Holze verfertigte Nägel verbunden, welche am Ende verkeilt werden.

Auch kann man zum Schliessen der Oeffnung des Sieles die sogenannten *Stemmthore* anwenden. Sie bestehen aus zwei Flügeln, die sich um verticale Achsen, Taf. XIII, Fig. 107 a, bewegen, und sich, wenn sie geschlossen sind, sowohl gegenseitig als auch an das etliche Zoll über die Bettung (künstlich errichtete feste Sohle) vorstehende Balkengerippe, den sogenannten Drempel, stemmen. Ist jedoch die Sohle massiv, wie in Fig. 107 a und b angedeutet ist, so lehnen sich die Stemmthore gegen ein stromaufwärts gekehrtes horizontales Gewölbe, welches eine Stufe bildet, und es ist zum besseren wasserdichten Verschluss, vor dieser Stufe, an dieselbe ein Balken mittelst Bolzen befestigt. Wächst das Wasser im Hauptstrome, so wird es bald bachaufwärts strömen und eben durch diese Strömung die Schliessung der Thore bewirken; fällt das Wasser, so öffnen sie sich durch den Gegendruck des Binnenwas-

sers von selbst. Das Detail des Stemmthores ist aus Taf. XIII, Fig. 107 c zu ersehen.

Ist der einmündende Fluss bedeutender, oder verursachen selbst bei einem Bache die bis auf die angegebene Entfernung denselben einzuschliessenden Deiche nicht sehr bedeutende Mehrauslagen als die Herstellung eines solchen Sieles, so ist es immer besser, sich zur Eindeichung des Nebengerinnes zu entschliessen.

In Deichen angebrachte Durchlässe, die nach Belieben geschlossen und geöffnet werden können, wodurch während des niederen Wasserstandes die Entwässerung der Niederung vermittelt wird, nennt man *Entwässerungs-Schleussen,* in manchen Gegenden auch Siele. Von diesen Deichsielen aus führt ein Hauptgraben in den Polder hinein, welchem durch Seitengräben das Wasser von allen Punkten zugeführt wird. Von der Entwässerungsschleusse aus setzt sich dieser Entwässerungsgraben durch das Vorland bis zum Strome fort, um das Wasser dorthin abzuführen, und heisst hier der Aussengraben. Da das Hochwasser stets Geschiebe darin absetzen wird, so muss er immer in einem der abführenden Wassermenge entsprechenden Profile offen erhalten werden.

Der Verschluss der Entwässerungsschleusse ist ganz der früher bei den Sielen beschriebene. Ihre Construction in Flussdeichen ist entweder massiv oder aus Holz. So weit der Graben durch den Deich geht, wird er durch Mauern oder Holzwände gehörig abgeschlossen, und diese Wände sind entweder bis zur Krone des Deiches hinaufgeführt, oder die Durchflussöffnung ist, wie früher bei hohen Deichen, überwölbt, oder mit Holz überdeckt und darauf die Dammschüttung weiter geführt. Eine solche Durchflussöffnung bildet immer eine schwache Stelle in einem Deiche, indem die Verbindung zwischen Mauerwerk oder Holz mit der Erde nie so innig sein kann, als die der Erde in sich. Dazu kommt noch das Setzen des Deiches, woran die sicher fundirte Schleusse keinen Antheil nimmt; es löst sich desshalb das Erdreich von der Schleusse, und theils bilden sich hier Quellungen, theils aber wird der äussere Rand vom Wellenschlage übermässig angegriffen. Um das Durchquellen zu verhüten, wendet man Flügelmauern, Flügelwände und Pflasterungen an, und verlegt immer die Entwässerungsschleusse zur grösseren Sicherung an Stellen, wo sich ein fester Boden befindet, wo also ein starkes Setzen des Deiches nicht zu befürchten und ein sicheres Vorland vorhanden ist, welches nicht vom Strome getroffen wird.

Für die rasche Entwässerung einer eingedeichten Niederung liegt die Abflussöffnung am zweckmässigsten möglichst stromabwärts, indem dann das grösste Gefälle gewonnen wird. Oft bringt man in dem oberen Theile des Polders ein Siel zu dem Zwecke an, die Niederung bei geeignetem Wasserstande unter Wasser zu setzen, um den genügenden Niederschlag des Hochwassers für die Wiesen, Aecker u. s. w. zu gewinnen. Manchmal gestatten es die Verhältnisse sogar, wenn sich der Polder in bedeutender Länge neben dem Flusse erstreckt, dass man durch das obere Siel eine dauernde Ueberrieselung der Wiesen bewirken kann, indem das Wasser durch das untere Siel wieder abgeführt wird. Um die Besorgniss, welche solche Durchflussöffnungen erregen, zu mindern, lassen sich für den angeführten Zweck auch gusseiserne Röhren durch den Deich legen.

Von den Durchstichen.

§. 54.

Wenn man einen Fluss an einer Stelle, wo er eine oder mehrere Krümmungen bildet, mittelst Durchgrabung des von ihm eingeschlossenen Raumes gerade leitet, so nennt man diese Geradeleitung einen Durchstich.

Kaum dürften in irgend einem anderen Falle zum Schutze der Ufer kostspieligere Bauten auszuführen sein, als in starken und grossen Flusskrümmungen. Der Strom wird hier, gedrängt mit unwiderstehlicher Gewalt gegen das concave Ufer, dieses immer mehr und mehr auswaschen und die Krümmung vergrössern. Schutzbauten werden hier sehr kostbar, weil sie immer in der grössten Tiefe des Flusses erbaut und um so näher an einander gerückt werden müssen, je kleiner der Halbmesser des Bogens ist, welchen hier der Fluss bildet. Ausserdem haben unter solchen Umständen die Schutzbauten auch eine sehr gefährliche Lage, weil sie den Anfällen der Hochwässer und der Eisgänge ausgesetzt sind, und erfordern sehr grosse Erhaltungskosten. Es gibt Flüsse, wie der Rhein, welche Serpentinen theils noch enthalten, theils enthalten haben, deren jede binnen einer mässigen Reihe von Jahren Hunderttausende für die Erhaltung ihres concaven Ufers verschlungen haben, wofür man sie schon mehrmals hätte durchgraben können. Die Durchgrabung ist in den meisten dieser Fälle nicht nur das einzige, sondern auch das wohlfeilste Mittel.

Es ist allerdings wahr, dass der Durchstich ein mit einem ziemlichen Aufwande verbundenes Unter-

nehmen ist, welches, wenn nicht mit nöthiger Vorsicht dabei verfahren wird, auch manchmal wieder andere Nachtheile, selbst grössere als die dadurch entfernten, hervorbringen kann. Man soll daher nie ohne Nothwendigkeit, und nie ohne reife Prüfung aller dabei stattfindenden Umstände, zur Anwendung dieses Mittels schreiten.

So lange die Nachtheile, welche eine Flusskrümmung hervorbringt, durch einfachere, wohlfeilere Mittel entfernt oder verhütet werden können, soll man keinen Durchstich ausführen. Aber wenn das concave und angegriffene Ufer auf keine andere Weise mehr mit Erfolg bewahrt werden kann, wenn in der Krümmung schädliche und gefährliche Eisstopfungen entstehen, wenn hiedurch der Fluss über seine Ufer gedrängt, Ueberschwemmungen anrichtet, die durch den Pflug aufgelockerte Erde fortführt oder dieselbe mit Gerölle bedeckt; wenn, um dieses Uebel zu verhüten, keine haltbaren Dämme gebaut werden können, wenn durch viele Krümmungen der Fluss so langsam und träge gemacht wird, dass er sein Material nicht fortzuführen vermag, sein Bett erhöht und dadurch auch Ueberschwemmungen herbeiführt, — dann sind Durchstiche unumgänglich nothwendig.

Es dürfen jedoch auch die Nachtheile nicht unberücksichtigt bleiben, welche möglicherweise durch einen Durchstich herbeigeführt werden können, als: zu grosse Vermehrung der Geschwindigkeit schiffbarer Flüsse, so dass wenn auch die Bergfahrt nicht unmöglich wird, ihre Nachtheile gegenüber den Vortheilen der Thalfahrt überwiegen würden; wahrscheinliche zu grosse Vertiefung des Flussbettes, wodurch vielleicht der Grund nahe liegender Gebäude in Gefahr kommen könnte; wegen des nun erlangten grösseren Gefälles Senkung des Oberwasserspiegels, wodurch die nothwendige Tiefe daselbst für die Schifffahrt verloren gehen kann; zu schnelle Ankunft der Hochwässer in den unteren Gegenden; u. s. w.

Die Grösse der Krümmung, welche erfordert wird, um einen Durchstich zu rechtfertigen, ist an verschiedenen Flüssen verschieden, und nur die Kenntniss der Natur des Flusses kann hier die Führerin des Baumeisters sein. Die Durchstechung einer Krümmung, welche am Inn unvermeidlich ist, könnte unter gleichen Umständen an der minder reissenden Donau entbehrlich sein, und ein an der Donau nothwendiger Durchstich würde bei gleicher Grösse und demselben Umfang der Flusskrümmung am langsameren Maine nicht gerechtfertigt werden können.

Es mag Vielen ein äusserst schwieriges, kostbares und beinahe unausführbares Unternehmen scheinen, einen grossen mächtigen Strom zu zwingen, eine neue Bahn zu betreten, und unfehlbar würde dieses in den meisten Fällen wirklich der Fall sein, wenn es dem Hydrotekten nicht möglich wäre, den Fluss, statt ihn zu besiegen, zu seinem Gehilfen zu machen. Die Kunst, einen Durchstich auszuführen, besteht grösstentheils in der Kunst, die Kräfte des Flusses zu seinem Zwecke anzuwenden. — Kann er Länder verwüsten, so kann er auch mitarbeiten helfen, sich sein naturgemässes Bett auszubilden.

Die Erfahrung lehrt, dass Wasser, welches einen in nicht zu fester Erde ausgehobenen Graben mit hinlänglicher Geschwindigkeit durchströmt, die Wände und die Sohle desselben angreift, ihn erweitert und vertieft, und wenn die Menge des durchströmenden Wassers mit der Erweiterung des Grabens in gleichem Masse zunimmt, das Abbrechen der Wände und die Vertiefung seiner Sohle so lange fortdauert, bis die Zunahme des Wassers ihre Grenze, und damit die Erweiterung und Vertiefung des Grabens ihr Ziel erreicht haben. — Man denke sich nun in einem grossen Flusse und in dem engsten Theile einer Krümmung desselben einen Graben a b, Taf. XIV, Fig. 108, welcher nur wenige Fuss breit ist, damit das Wasser des Flusses in denselben treten kann, so wird dieses, weil es mit demselben Fall einen kürzeren Weg hat, den Graben mit einer viel grösseren Geschwindigkeit als die des Flusses ist, durchströmen. Das durchströmende und sich immer vermehrende Wasser wird daher den Graben schnell und so lange erweitern und vergrössern, bis er endlich die ganze Wasserquantität des Flusses aufgenommen hat, worauf sich ein gewisses Gleichgewicht zwischen der durchströmenden Wassermenge und seinem Profile ergeben, und mit diesem ein Beharrungszustand eintreten wird.

Man sieht aus dieser Erklärung die Möglichkeit, einem Flusse durch eine leichte und unbedeutend scheinende Arbeit ein neues Bett anzuweisen, indem man ihm nur die Bahn, welcher er folgen soll, bezeichnet, und die übrige grobe Arbeit seiner eigenen Kraft überlässt.

Es muss der Durchstich, wenn er sich durch die Strömung selbst ausbilden soll, ein bedeutend stärkeres relatives Gefälle, als der alte Arm, haben, weil sich sonst diejenige Strömung und Geschwindigkeit nicht einstellen würde, welche hiezu erforderlich ist. Es folgt daraus, dass der neue Lauf bedeutend kürzer sein muss als der alte. Welches Verhältniss zwischen beiden Längen mindestens stattfinden muss, lässt sich nicht bestimmt bezeichnen, aber je mehr

es sich der Gleichheit nähert, um so ungewisser wird der Erfolg, und um so grösser muss die Aushebung oder die Baggerung des Grabens gemacht werden. Eine baldige Vertiefung und Verbreiterung des neuen Bettes darf man nur dann sicher erwarten, wenn die Länge desselben unter der halben Länge des alten Stromlaufes bleibt.

Man unterscheidet *einfache Durchstiche*, die nur eine Stromkrümmung abschneiden, Taf. XIV, Fig. 108, und *doppelte* oder *zusammengesetzte*, die zwei entgegengesetzte oder mehrere Serpentinen durchschneiden, wie Taf. XIV, Fig. 109 zeigt. Es lässt sich die Herstellung zusammengesetzter Durchstiche manchmal dadurch etwas erleichtern, dass man zwischenliegende Theile des alten Stromes benützt, in welchen aber die Richtung der Strömung verändert wird, Taf. XIV, Fig. 110, weil entgegengesetzten Falls der Durchstich kein zusammengesetzter wäre, sondern aus zwei einfachen bestehen würde.

§. 55.

Bei der Anlage eines Durchstichs beabsichtigt man jedesmal, dass derselbe sich zum Hauptarme oder vielmehr zu einem ungetheilten Stromlaufe ausbilde. Es ist bei der *Wahl seiner Mittellinie* die Beschaffenheit des Terrains zu berücksichtigen und grosse Anhöhen, Baustellen, Gärten u. s. w., deren Ankauf die Anlage vertheuern würde, müssen umgangen werden. Der Erhaltung der neuen Ufer wegen hat man die möglichst gerade Richtung und diese wieder so zu wählen, dass durch zufällige Erweiterung des Stromprofils nahe liegende Gebäude nicht so leicht in Gefahr kommen können; auch ist auf die Erhaltung der erforderlichen Landcommunicationen ganz besonders Rücksicht zu nehmen. Jedenfalls muss man den grössten Unterschied zwischen dem Gefälle des Flusses im Durchstiche und dem der abzuschneidenden Flussstrecke zu erhalten trachten, und der Durchstich muss, wenn möglich, immer so gelegt werden, dass er die Tangente der oberhalb seiner Einmündung liegenden Strombahn bildet. Sollte dies aber bestehender örtlicher Hindernisse wegen nicht möglich sein, so bringe man, da es sich bloss um kleine Differenzen handeln darf, den Strom, wie Taf. XIV, Fig. 111 in ihrem oberen Theile zeigt, durch Einbauten in eine solche Richtung, dass der Durchstich zu derselben eine Tangente werde; denn ist der Durchstich keine Tangente, so wird der Strom nicht leicht seine neue vorgezeichnete Bahn betreten, ausser er würde hiezu gezwungen werden, und man würde durch eigene Schutzbauten in derselben die durch das schräge Einfallen des Stromes sich bildenden Brüche, welche den Keim zur Bildung von neuen Serpentinen legen, besonders schützen müssen.

Die Breite, welche das ausgebildete neue Strombett erhalten soll, ergibt sich aus denselben Untersuchungen, aus welchen der gegenseitige Abstand der Deiche ermittelt wurde.

Nur bei kleinen Flüssen und wenn sie selbst beim Hochwasser, welches die eigentliche Ausbildung der Durchstiche übernimmt, sehr träge sind, so dass der Fluss nicht die hinlängliche Kraft zur Ausarbeitung seines Bettes besitzt, gräbt man das Bett zuweilen in seiner ganzen Breite aus. Von einem Flusse mit nur 2 Fuss Geschwindigkeit und darunter lässt sich in dieser Beziehung wenig oder gar nichts erwarten, wenn nicht im Durchstiche selbst eine grössere Geschwindigkeit vorauszusetzen ist. Man muss dann dem Durchstiche je nach der Festigkeit des Bodens die Hälfte bis zwei Drittheile seiner Normalbreite, und wenn die Geschwindigkeit unter 2 Fuss ist, ja manchmal sogar das neue Flussbett in seiner ganzen Breite ausgraben.

Ist die Geschwindigkeit aber grösser, dann genügt nur die *Aushebung eines entsprechend weiten Grabens*, der sich dann ebenso, wie das vorher erwähnte nicht in seiner ganzen Breite ausgehobene Profil, allmählig erweitert und zum Hauptstrombette ausbildet. Die Ansichten, wie breit dieser Graben gemacht werden soll, sind sehr verschieden. Pechmann sagt: bei Flüssen bis zu 100 Fuss Breite gibt man dem Durchstichsgraben 8 bis 12 Fuss, bei Flüssen von 300 Fuss Breite 20 bis 25 Fuss, und bei grossen Flüssen von 1000 Fuss Breite und darüber eine Weite von 30 bis 40 Fuss. Schemerl gibt nur im Allgemeinen ein Ausmass von 18 bis 24 Fuss hiefür an. Wiebeking verlangt für den Graben $^1/_{30}$ bis $^1/_{15}$ und Tulla $^1/_{25}$ bis $^1/_{10}$ der Breite des alten Bettes.

So verschieden auch diese Angaben sind, so mögen sie doch auch alle richtig sein, denn es ist hiebei wahrscheinlich immer die Gattung des Bodens, die Geschwindigkeit des Wassers und die Länge des Durchstiches mit berücksichtigt, indem alle diese Autoren angeben, dass die Durchstiche bei Aushebung des Grabens von dieser Breite auch gelungen sind. Wahrscheinlich, beinahe sicher ist es jedoch auch, dass bei Strömen von hinlänglicher Geschwindigkeit eine etwas grössere oder geringere Breite des Durchstichgrabens auf das Gelingen gar keinen Einfluss hat, höchstens, dass dasselbe etwas verzögert wird.

Bei den in letzterer Zeit ausgeführten Durchstichen hat man dem Graben $^1/_{20}$ bis $^1/_{12}$ der Normalbreite des Stromes gegeben. So z. B. wurde der Neuenburger Durchstich am Oberrhein nahe unterhalb der französischen Grenze nur mit einem 40 Fuss breiten Graben ausgehoben, während die Normalbreite des Rheines daselbst 800 Fuss beträgt. Der Durchstich schnitt jedoch eine sehr scharfe Serpentine ab, der Unterschied des Gefälles war sehr gross und das Gelingen des Durchstiches hat auch bestätigt, dass die Aushebung des Grabens eine genügende war.

Es entsteht nun die Frage, ob dieser Graben genau in die Mitte des beabsichtigten neuen Strombettes gelegt werden soll? Sind beide Seiten ganz symmetrisch, so ist gewiss kein Grund vorhanden, ihn anders als in die Mitte zu legen. Ist der Durchstich gekrümmt, so wird der Angriff am concaven Ufer stärker sein, als am convexen; hiernach wird man in diesem Falle den Graben näher an das convexe Ufer legen. Ist endlich die Gattung des Bodens in der Fläche des künftigen Bettes verschieden, so legt man den Graben näher an jene Seite des Ufers, an welcher sich die festere Bodengattung befindet, weil man dann auf eine den gewählten künftigen Uferlinien entsprechende Erweiterung des Profils rechnen kann.

Die Tiefe dieses in Rede stehenden *Grabens* kann offenbar nur bis zum Grundwasser oder nur sehr wenig unter dasselbe fallen. Das Grundwasser findet sich aber in der ganzen Ausdehnung des Grabens nicht in derselben Höhe, indem es mit dem Wasserspiegel der nächstgelegenen Stromstrecke übereinstimmt, und ist demnach am oberen Ende des Kanals höher als unten. Es wird demnach die Arbeit am leichtesten, wenn man die Ausgrabung an der untern Seite beginnt, damit das Grundwasser frei abfliessen kann. Das Oberwasser muss dagegen während der Arbeit bei allen Wasserständen abgeschlossen bleiben, weil dieselben beim Eintritt den noch unvollkommenen Kanal verwüsten und die weitere Fortsetzung der Arbeit erschweren würden, wesshalb man dort *einen hinreichend starken Querdamm stehen lässt*, welcher seiner Zeit durchgestochen werden muss. Auch kann man zu gleichem Zwecke zu beiden Seiten des Grabens in angemessener Entfernung von den Uferlinien Deiche oder sogenannte Leitdämme errichten, Taf. XIV, Fig. 108, welche den Zweck haben, den Graben vor Ueberschwemmungen zu schützen, und später das Fluthprofil zu beschränken und dadurch die Strömung im Kanal zu verstärken. Die Sohle des Durchstichgrabens muss gleich bei der Aushebung dasselbe Gefälle erhalten, welches der Strom, welcher hindurch gehen soll, in der Oberfläche annimmt.

Ein sehr wirksames Mittel, die Vertiefung eines Durchstiches zu befördern, ist ein noch in der Mitte der Sohle des Durchstichgrabens ausgehobener, 5 bis 6 Fuss weiter Graben (Cunette), oder auch nur eine ununterbrochene Reihe an einander hängender Gruben, welche durch schmale, stehengelassene Erdwände getrennt sind, welche man so tief als nur möglich unter das Niveau des Grundwassers zu bringen trachtet. Das in den Graben eindringende Wasser des Stromes wird dieser Zwischenwände leicht Meister werden, findet dann im Durchstichgraben eine vertiefte Rinne und die Erweiterung wird hiedurch viel schneller vor sich gehen. — Da die Seitenwände des Durchstichgrabens bestimmt sind, vom Wasser untergraben zu werden und einzustürzen, so wäre es unstreitig am zweckmässigsten, sie senkrecht zu machen; allein selten erlaubt dies die Beschaffenheit des Erdreichs, indem dasselbe während der Ausgrabung nachstürzen würde, und man muss sich demnach begnügen, sie nach der Gattung des Erdreichs so steil als möglich zu machen, damit sie nur bis zum Einlassen des Stromes sich halten, und bei zu schnellem Einstürzen der Ufer die schon an sich sehr mässige Tiefe des Grabens nicht noch mehr vermindert werde. Besonders aus dieser letzten Ursache gibt man nach der Lockerkeit des Bodens $^1/_2$, bei Sand auch 1 bis $1^1/_2$ der Höhe zur Anlage. Auch wäre es nicht unangemessen, die Seitenwände in stufenweisen Absätzen allmählig zurücktreten zu lassen.

Die ausgegrabene Erde muss, wenn sie nicht zur Herstellung der besagten Leitdämme verwendet wird, einige Fuss weit vom Durchstichsgraben entfernt werden, denn wenn man sie zu nahe am Rande des Grabens legte, würde sie gleich bei der ersten Erweiterung des Grabens nachstürzen, wodurch der Fluss in der Ausarbeitung seines neuen Bettes sehr gehemmt werden möchte. Es wäre aber auch unverzeihlich, diese über die zukünftigen Uferlinien hinwegzubringen, weil die Wegschaffung derselben der Fluss schon selbst übernimmt.

Man hat häufig versucht, durch Verbreiterung der oberen Mündung des Durchstichgrabens, durch sogenannte *Trichter*, den Eintritt einer grösseren Wasserquantität in denselben zu veranlassen. Der Zweck wurde hiedurch ganz verfehlt, denn abgesehen davon, dass dieser Trichter nicht mehr Wasser in

den Graben führen kann, als er in seinem schmälsten Querprofile aufzunehmen im Stande ist, entstehen auch gleich wegen der hiedurch entstehenden Ungleichheit des Grabenprofils Unregelmässigkeiten in der Strömung, welche partielle Verflachungen und Vertiefungen verursachen, die nur Nachtheile bringen.

Ist die Aushebung des Durchstichgrabens in der vorbeschriebenen Weise erfolgt, so muss nun der *Querdamm,* welcher an seinem oberen Ende stehen geblieben ist und das Wasser des Stromes abhält, in denselben zu dringen, *durchstochen werden.*

Der beste Zeitpunkt zur Durchstechung dieses Dammes ist bei einem sehr kleinen Wasserstande, und unmittelbar bevor man ein Hochwasser erwartet. Der Damm wird hiezu nach und nach geschwächt, und durch Ausgraben und Ausbaggern so weit erniedrigt, als diess das bestehende kleine Wasser nur zulässt, oder wenn möglich auch ganz beseitigt, ehe noch das Wasser stark hereinströmt. Kommt ein höheres Wasser, so wird ein Theil des Wassers ganz willig diesen neuen Weg einschlagen, und weil es hier mit einer grösseren Geschwindigkeit fliesst, und in dem Masse zunimmt, als es das Erdreich auswäscht, nach und nach sein Bett erweitern. Würde man diesen Damm beim höchsten Wasserstande durchstechen wollen, was schon öfter geschah, so kann man, wenn der Damm auch allmählig geschwächt wird, denselben nur bis auf eine geringe Tiefe unter dem Hochwasser beseitigen und das Wasser stürzt, wie ein Wasserfall, in den neuen Graben, was zwar ein schönes interessantes Schauspiel gewährt, jedoch grosse Auskolkungen und Unregelmässigkeiten gleich anfangs in dem neuen Bette verursacht, die man dann zum Theil nach dem Verschwinden des Hochwassers zu beseitigen bemüht sein müsste. — Fällt das Hochwasser, so hört der Uebersturz, da der Damm nur bis auf eine gewisse Höhe beseitigt werden konnte, auf, eine weitere Erniederung desselben kann theils wegen seiner grösseren Stärke, die er weiter unten haben muss, theils wegen der etwa schon entstandenen Unregelmässigkeiten nicht in dem Masse als der Fluss fällt, vorgenommen werden, und wenn dies auch gelingen könnte, so sind schon die jedenfalls entstandenen grossen Unregelmässigkeiten Ursache genug, an der Regel festzuhalten, nie bei einem Hoch-, sondern nur bei einem Niederwasser den Damm zu durchstechen.

Nachdem der Damm durchstochen und das Wasser in das neue Bett getreten ist, kommt es darauf an, dem Flusse, so weit es nothwendig und möglich ist, zu Hülfe zu kommen, eine fortwährend starke Strömung dort zu erhalten, um den Erfolg zu sichern und zu beschleunigen. Ein solcher Erfolg zeigt sich sehr selten gleich, oft vergeht eine lange Reihe von Jahren, bis die Ausbildung des neuen Stromlaufes beendet ist. Während dieser Zeit darf man, wenn die Ausbildung langsam vor sich geht, die erforderlichen Aufräumungen und die künstliche Auflockerung des Grundes nicht vernachlässigen. Diese geschehen bei nicht sehr festem Boden durch das Durchführen eines auf der Sohle liegenden Schiffsankers oder eines grossen und hinlänglich beschwerten eisernen Rechens, welchen man entweder an einen Kahn anbindet, und durch diesen oder unmittelbar, durch an beiden Ufern vorgespannte Pferde, hin und herschleppt. Sollte der Grund fester sein, z. B. wenn ein Thon- oder gar Felsenboden im Durchstiche vorkommt, so muss zu kräftigeren Massregeln geschritten werden, und man wird durch Ausbaggern oder Sprengen dieselben bis zur erforderlichen Tiefe beseitigen.

Um momentan einen grösseren Stau und ein vermehrtes Eintreten des Wassers in das neue Bett zu bewirken, ist die künstliche Durchbrechung der Eisdecke im neuen Bette besonders wirksam. Es gelingt dadurch zuweilen, den Ablauf des Wassers in dem neuen Bette so zu verstärken, dass, da in dem alten Arme das Eis lange liegen bleibt, sich dort immer mehr anhäuft und dieser demnach beinahe ganz gesperrt wird, das Hochwasser den neuen Weg beinahe ausschliesslich zu verfolgen gezwungen ist. Es fehlt auch nicht an Beispielen, dass in solchem Falle die Durchstiche, wenn sie auch bisher ganz unwirksam waren, sich in Kurzem zu Hauptarmen ausbildeten.

Nicht immer kann ein Durchstich ausgeführt werden, ohne dass man vor seiner Einmündung am oberen Ende Bauten errichtet, welche den Eintritt des Flusses in denselben erleichtern und befördern. Diese werden aber, besonders an grossen Strömen, schwierig und kostbar und sind, wenn sie nicht mit grosser Vorsicht angewendet und ausgeführt werden, nicht nur ohne sicheren Erfolg, sondern oft auch schadenbringend und für das Unternehmen sehr ungünstig. Sind sie aber nach der hierauf zu erklärenden Weise mit Vorsicht angewendet, so üben sie einen Stau unmittelbar vor der Einmündung des Durchstiches aus, vermehren dadurch künstlich das Gefälle im neuen Bette und bewirken durch diese vermehrte Geschwindigkeit, ja selbst bei einer ge-

ringeren Geschwindigkeit des Flusses, eine schnellere Ausbildung des neuen Bettes.

Taf. XIV, Fig. 111 zeigt eine bei a angebrachte Schöpfbuhne. Wird eine solche unbeachtet des Durchstiches gleich in der diesen Buhnen entsprechenden Länge und Höhe ausgeführt, so würde sie alsbald einen unverhältnissmässig hohen Stau hervorbringen. Ist der Durchstich noch nicht so weit ausgebildet, dass er eine diesem Staue entsprechende Wassermenge aufnehmen kann, so überrinnt, wenn die Ufer und das Werk nicht die Höhe des gestauten Hochwassers haben, diese die Buhne, es bildet sich vor ihrem Kopfe ein starker Uebersturz, der sowohl die Strömung als die Tiefe daselbst sehr vergrössert, und hiedurch die Tendenz des Wassers in das neue Bett zu fliessen, nicht nur gar nicht vermehrt, sondern sogar schwächt. Ausserdem geschieht, wenn das Werk auch nicht überronnen wird, ein starker Angriff durch die Wirblung des Wassers auf die Wurzel im vorderen Schulterraume, und wenn es überronnen wird, auch im rückwärtigen Schulterraum der Buhne, und ein solcher, vereint mit einer grossen Vertiefung vor dem Kopfe, wird das Werk nur zu bald in grosse Gefahr versetzen. Stellt man aber, nachdem sich der Durchstich etwas schon erweitert hat, das Werk nicht gleich in der beabsichtigten Länge und Höhe her, so dass anfangs sich nur ein ganz geringer, dem Profile des schon etwas ausgebildeten Durchstiches entsprechender Stau bildet, so wird derselbe die sich vor ihm bildende überschüssige Wassermenge leicht aufnehmen und abführen, sofort sein Profil schneller vergrössern können. Verlängert und erhöht man in dem Masse, als die Vergrösserung des Profils stattfindet, allmählig die Buhne, und erbaut man, wenn ein Ausweichen durch das Nichtvorhandensein eines festen und hohen Ufers nach dem entgegengesetzten Ufer zu besorgen ist, in demselben Masse eine Schutzbuhne, so wird sich der Durchstich schnell und ohne alle Gefahr des Misslingens ausbilden.

Besser, sicherer, aber auch kostspieliger erreicht man denselben Zweck, wenn man die Schöpfbuhne in grosser Länge recht regelmässig so stromaufwärts führt, dass sie zuletzt noch in einer angemessenen Länge mit dem Stromstriche parallel ist. In diesem Falle ist die Schöpfbuhne ein Separationswerk an der oberen Mündung des Durchstiches.

Ist der Durchstich ein zusammengesetzter, wie Taf. XIV, Fig. 109 oder 111 a d, so ist es unumgänglich nothwendig, hievon die oberste Abtheilung a b zuerst auszuführen, weil, wenn man die untere c d vor der oberen a b dem Flusse öffnen wollte, dieser entweder gar nicht oder in so schräger Richtung in dieselbe einströmen würde, dass er die Ufer treffen, dieselben angreifen und sogleich schwer zu verbessernde Unregelmässigkeiten anrichten könnte. Aber auch selbst dann, wenn man die oberste Abtheilung zuerst ausführt, soll man mit der zweiten und wenn noch andere vorhanden sind, auch mit den folgenden nicht ohne Nothwendigkeit eilen, dieselben eine nach der andern dann erst ausführen, bis sich die vorhergehende schon zum Theil ausgebildet hat, und der Fluss bei b durch das Einströmen des im Durchstiche a b fliessenden Wassers wenigstens zum Theil eine Tendenz erhält, in die untere Abtheilung c d einzudringen. An sehr breiten Flüssen kann selbst nach vollkommener Bildung der ersten Abtheilung der Fall eintreten, dass der Fluss an der Einmündung der folgenden vorüberströmt, weil er, indem er aus jener heraustritt, in dem breiten Raume, den er hier findet, sich abwärts beugt und an ihm vorübergeht. Hier muss der Stromstrich durch eine Schöpfbuhne g aufgefangen und in die zweite Abtheilung einzudringen gezwungen werden, welches mit der Unterstützung des bereits in der ersten Abtheilung nach dieser Richtung fliessenden Wassers nicht sehr schwer sein wird.

Soll eine Flussstrecke, welche mehrere unmittelbar auf einander folgende Krümmungen enthält, gerade geleitet werden, so soll man nicht ohne unvermeidliche Nothwendigkeit mehr als zwei, höchstens drei Krümmungen mit einem zusammengesetzten Durchstiche durchschneiden, und zwar weil nicht allein durch das successive Ausführen der einzelnen Abtheilungen das Unternehmen ungemein verzögert wird, sondern auch, weil die bereits vollendeten Abtheilungen des Durchstiches für so lange, bis nicht auch die übrigen fertig sind, einer wesentlichen Gefahr ausgesetzt bleiben können. Keine untere Abtheilung kann mit Hoffnung eines glücklichen Erfolges ausgeführt werden, bis jede unmittelbar oberhalb liegende bereits wenn nicht den grössten, doch einen grossen Theil des Flusses aufgenommen hat. Die Eröffnung des unterhalb ausgehobenen Durchstichgrabens muss auch desswegen so lange verzögert werden, bis sich der obere ziemlich erweitert hat, weil die Erd- und Geschiebmassen, welche der Fluss aus den oberen Abtheilungen besonders im Anfange in grosser Menge mit sich führt, sonst in den unten gelegenen liegen lassen könnte. Man muss daher immer die Linie der Durchstiche so bald als mög-

lich in die vorige Flussbahn zurückführen, und von dort wieder eine neue Geradeleitung beginnen.

Taf. XIV, Fig. 111 stellt eine an einem bedeutenden Flusse wirklich ausgeführte Geradeleitung vor. Hätte man diese nach der Richtung x x x x vorgenommen, so hätten sechs Abtheilungen eines anderthalb Stunden langen Durchstiches gemacht werden müssen, deren jede erst hätte ausgeführt werden können, wenn die obere bereits einen grossen Theil des Flusses aufgenommen gehabt hätte. Es wären mehrere Jahre zur Vollendung dieser Arbeit erfordert worden, ihr Gelingen wäre während dieser Zeit vielfachen Gefahren ausgesetzt geblieben und die Schifffahrt oft und lange unterbrochen worden. Die Geradeleitung wurde jedoch mittelst zweier zusammengesetzter Durchstiche a d und e h ausgeführt, wovon der erste bei d die natürliche Flussbahn wieder berührt, und dadurch der zweite Durchstich e h ganz unabhängig von dem ersten gemacht werden konnte. Es wurde auf diese Art die Möglichkeit erlangt, diese Arbeit ohne Unterbrechung der Schifffahrt und ohne Unfall im Laufe eines einzigen Jahres zu vollenden.

Hat ein Durchstich einmal eine starke Strömung aufgenommen, so darf man ihn keineswegs sich selbst überlassen, vielmehr ist in dieser Zeit eine ganz besondere Aufmerksamkeit auf ihn und ein kräftiges Einwirken auf seine volle Ausbildung noch erforderlich, damit er innerhalb der beabsichtigten Uferlinien bleibe, nicht etwa dieselben durchbreche und sich übermässig verbreite, keine Uferbrüche verursache und nicht einen ganz unregelmässigen Lauf annehme. — Die Steinschüttungen sind hier am leichtesten anzuwenden, und man versieht wenigstens die stärkstbedrohten Punkte mit denselben.

Bei der Ausführung von Durchstichen hat man fast immer die Absicht, das alte Strombett zur Verlandung zu bringen. Sobald der Strom sich entschieden in das neue Bette wirft, geschieht diese Verlandung durch die wegen der geringeren Wassermenge in dem Altbette verminderte Geschwindigkeit zum Theil von selbst, aber eine regelmässige und vollständige Verlandung wird entweder sehr spät, oder wenn hiezu nicht besondere Nachhülfe angewendet wird, auch gar nicht eintreten. Ganz allgemein zeigt sich eine sehr starke Verlandung zuerst in der oberen Mündung jedes verlassenen Stromarmes, in der untern ist sie schwächer aber doch merklich, in der Mitte pflegt sie dagegen ganz zu fehlen. Jedenfalls muss man immer eine Rinne von hinreichender Capacität der Verlandung offen erhalten, durch welche das trübe Wasser ungehindert in den alten Stromarm eintreten und denselben nach und nach ausfüllen kann. Die Ausfüllung des verlassenen Flussbettes kann dadurch sehr beschleunigt werden, wenn man dasselbe, sobald es von selbst hinlänglich seicht geworden ist, mit Flechtzäunen von frischen Weiden durchschneidet und jede bei kleinem Wasserstande trocken gewordene Stelle bepflanzt. Wenn auf solche Weise allmählig ein gleichmässig dichtes Weidengestrüppe entstanden ist, so legen sich der feine Sand, der Schlamm und die Erde zwischen denselben nieder, die Erhöhung des Bodens schreitet schnell fort und wird bald zu einer besseren Benutzung brauchbar werden.

Es ist unstreitig, dass in jedem Durchstiche eine viel grössere, manchmal sogar nachtheilbringende Geschwindigkeit, als die gewöhnliche des Flusses entstehen muss, weil der in einer längeren Linie stattfindende Fall hier auf eine kürzere übertragen wird. Allein dieser Fall und folglich auch die Geschwindigkeit vermindern sich in der Folge, indem sie sich, wenn die Geradeleitung nicht eine Länge von Meilen beträgt, auf eine grössere Strecke so sehr ausdehnen, dass selten von einem Nachtheile hiedurch bei kurzen Durchstichen die Rede sein kann. Die Ursache soll hier näher betrachtet werden.

So lange der Durchstich das Gefälle, welches er bei seiner Eröffnung hat, behält, so lange wird unstreitig die Geschwindigkeit in demselben viel grösser sein, als sie ehemals in der Flusskrümmung war. Allein diese Geschwindigkeit theilt sich auch dem unmittelbar oberhalb angrenzenden Flussgebiete a b, Taf. XIV, Fig. 112, in einer bedeutenden Strecke mit, weil das in b c schneller fliessende Wasser jenes oberhalb b langsamer fliessende mitreisst, und hiedurch in- und oberhalb b so lange auf die Vertiefung des Flussbettes wirkt, bis sich der Fall daselbst auf eine grössere Länge des Flusses vertheilt. Das nun über b c schneller fliessende Wasser trifft bei c das langsamer fliessende, welches daher das erstere in seinem Laufe aufhält, in dieser Weise eine Rückwirkung auf eine längere Strecke aufwärts im Durchstiche gegen f ausübt, und daselbst wegen der nun plötzlich verminderten Geschwindigkeit eine Anlandung und Erhöhung des Flussbettes g d hervorbringt. Auf diese Weise setzt sich die vermehrte Geschwindigkeit selbst Schranken. Wenn das Flussbett aus leichtem beweglichen Material besteht, so ist diese Veränderung meistentheils schon zu Stande gekommen, ehe noch der Durchstich seine vollkommene Breite erreicht hat. Dieses findet bei einzelnen Durchstichen immer statt,

aber nicht bei einer Reihe derselben, welche sich auf eine vielleicht Meilen lange Strecke ausdehnen. Es wird sich die anfänglich vermehrte Geschwindigkeit auch hier in der Folge etwas vermindern, aber doch wird sie bedeutend grösser bleiben, als in den nächstliegenden Theilen des Flusses.

Bei Herstellung eines Durchstichs werden immer bedeutende Erd- und Geschiebmassen dem Strome zur Weiterbeförderung zugewiesen, welche ohne Zweifel gross genug sind, um in den niederen Gegenden nachtheilige Verflachungen hervorzubringen. Man glaubte zuweilen sogar solche Geschiebmassen in den unterhalb gelegenen Strecken wieder vorzufinden, und fand desshalb Ursache, die Ausführung der Durchstiche als gefährlich darzustellen. Jeder Strom führt theils von seinen Seitenzuflüssen, theils von seinen Ufern solche übermässig grosse Quantitäten Material mit sich, dass diese gegen die aus dem Durchstiche gelösten Erdmassen kaum in Betracht kommen können. Wenn man ferner bedenkt, dass man durch Herstellung des Durchstiches dem Strome ein weit grösseres Bett, als er sich ausarbeiten soll, zur Niederschlagung seines Materials übergibt, so kann gewiss nicht bezweifelt werden, dass die Herstellung eines Durchstichs in Bezug auf die den unteren Stromtheilen zugeführten Erd-, Sand- und Kiesmassen eher vortheilhaft als schädlich ist. Ebenso ist auch noch nie nachgewiesen worden, dass Durchstiche, nach der Ausführung derselben, höhere Ueberschwemmungen in den unteren Gegenden dieses Flusses, als früher hervorgebracht hätten.

Coupirungen *).

§. 56.

Soll von zwei Stromarmen einer geschlossen werden, so geschieht dieses durch quer in denselben gelegte Anlagen, Dämme, welche in dem zu schliessenden Arme die Strömung entweder nur mässigen, worin alsdann die Anlandung befördert wird, oder denselben gleich absperren. Zu solchem Zwecke hergestellte künstliche Dämme nennt man Coupirungen. Die erstere, wenn auch nicht die gewöhnlichere, ist jedoch die sicherere Art.

Die Stärke der Strömung in jedem Arme einer Stromspaltung hängt von der Leichtigkeit ab, mit welcher sich das Wasser in demselben bewegt. Da beide Arme zusammen die ganze Wassermenge des Hauptstromes weiter befördern, so vermehrt sich die Capacität des einen in demselben Maasse, als man die des andern beschränkt. Wenn beide Arme neben einander unverändert lange Zeit bestehen, so wird natürlicher Weise keiner von beiden eine überwiegende Tendenz haben, den ganzen Strom in sich aufzunehmen. — Jede künstliche Verengung oder allenfalls auch Erweiterung des einen Armes, wenn sie auch geringfügig ist, stört schon das bestandene bisherige Gleichgewicht, und es wird ein Arm mehr, der andere weniger Wasser als bisher abführen. Wird aber ein Arm ganz abgesperrt, so wird in dem Masse, als die Absperrung nach und nach erfolgt, der andere Arm die Wasserquantität des ersteren aufnehmen und sich zum einzigen Hauptarme ausbilden, wobei jedoch für die Verlandung des ersten Armes gesorgt werden muss. Man darf den Strom nie zu stark in Angriff nehmen, sondern nur durch ein behutsames Einwirken ihn nach und nach zurückzudrängen suchen. Die Gelegenheit hiezu findet sich gewiss in den meisten Fällen, und die Erfolge treten dann oft schneller ein, als man erwartet. Man muss aber mit ununterbrochener Aufmerksamkeit jede Untiefe, die sich im Bette des Armes oder dessen Ufer zeigt, sogleich mit Zäunungen oder leichten Werken nicht nur sicherstellen, sondern hiedurch auch die Anlandung befördern helfen.

Die Coupirungen müssen immer eine solche Höhe haben, dass sie vom höheren Wasser überfluthet werden, damit der abgesperrte Arm sich verlanden könne. Bei Anwendung des Packwerksbaues müssen Coupirungen, wenn sie dann nicht etwa durch eine Steindecke gesichert werden, diejenige Höhe erhalten, in welcher die Weidenpflanzen, welche ihre Krone sichern soll, gedeihen können. Bei Steinschüttungen kann man jede beliebige Höhe wählen und auch Coupirungen herstellen, die fortwährend vom Wasser überronnen werden, und nur wenige Fuss über die Sohle des Stromes emporragen. Diese letzteren sind auch die besten Anlagen solcher Art. Es bewirken sodann die Coupirungen nicht eine plötzliche Sperrung der Arme, sondern verengen nur deren Profil und vermindern ihre Capacität, befördern demnach die Anlandung. Sie sind keinen starken Angriffen ausgesetzt, und brauchen auch nicht so fest zu sein, wie bei grösserer Höhe.

Hat man Steinmaterial in hinreichender Menge und Grösse, so ist es am geeignetsten, die Coupirungen aus solchem herzustellen, weil diese Arbeit keinen Schwierigkeiten unterworfen ist und man in dem Masse — als die Verlandung vor sich geht — auch entsprechend Erhöhungen ausführen kann. Man schüttet in diesem Falle den Damm sehr zweckmässig unmittelbar hinter den tiefsten Stellen im Arme

*) Hagen's Wasserbau.

auf, und sorgt durch fortgesetztes Peilen dafür, dass der Rücken der Steinschüttung in stets gleicher Höhe liegt und das beabsichtigte Profil regelmässig gebildet wird. Die obere Dossirung kann ziemlich steil sein, die untere muss man aber recht flach halten, so dass sie nach der Stärke des Stromes die drei- bis fünffache Anlage erhält. Die Krone erhält nur 3 bis 6 Fuss zur Breite. Die Höhe muss so gewählt werden, dass sie keinen förmlichen Wassersturz, sondern nur vor sich einen Stau erzeugen kann.

Sollen Coupirungen höher, als das kleine Wasser aufgeführt werden, so concentrirt sich das Gefälle ganz an der Stelle, wo die Coupirung liegt; es entsteht ein starker Wasserdruck, und wenn das Wasser über dieselbe steigt, eine heftige Strömung und ein heftiger Uebersturz. Man kann durch zwei oder mehrere hinter einander gelegte Coupirungen, welche aber die Kosten vermehren, die hiedurch entstehende Gefahr wesentlich mässigen, indem auf diese Weise das Gefälle vertheilt wird.

Was die *Lage der Coupirung* betrifft, so soll dieselbe, da in der Mitte des abzusperrenden Armes die Tiefe immer am grössten ist, wegen der sich vermehrenden Kosten nie dahin gelegt werden. An den Mündungen des Armes ist die Tiefe gewöhnlich bedeutend geringer, und es ist die Wahl der Lage an der oberen und unteren Mündung bezüglich der Verlandung des Armes ziemlich gleichgültig; denn liegt sie an der oberen Mündung, so können nur die leichteren Stoffe über die Coupirung getrieben werden und die Verlandung bewirken, während die schwereren sich nur auf der Sohle des Bettes bewegenden Geschiebe nicht zur Verlandung des Armes beitragen hönnen. Liegt hingegen die Coupirung am unteren Ende des Armes, so wird in dem Arme selbst schon eine verminderte Geschwindigkeit stattfinden müssen, und es können demnach wie früher auch nur die leichteren und nicht die schweren Stoffe die Verlandung bewirken. Jedenfalls muss aber die Baustelle so gewählt werden, dass, weil die Coupirung an die Ufer fest anschliessen muss, diese höher als das Werk sind, damit kein Durchbruch znr Seite erfolgen kann. In den seltensten Fällen wird die unterste Spitze der Insel eine solche Beschaffenheit im vorerwähnten Sinne haben, dass man es wagen dürfte, das Werk hinzulegen. Auch kommt das Gefälle in Betracht, welches in dem zu coupirenden Stromarme liegt; Taf. XIV, Fig. 113 a zeigt einen solchen abzusperrenden Stromarm. Wenn man nun eine Coupirung anlegt, so wird sich an derselben bei kleinem Wasser das ganze Gefälle concentriren, weil die Strömung im Arme ganz aufhört, und es wird sich der obere und untere Theil desselben in das Niveau des Stromes vor und hinter der Insel setzen. Legt man die Coupirung aber in a an, so hat man im ganzen Arme Unterwasser; dagegen hebt sich der Wasserstand darin bis zum Oberwasser, wenn die Coupirung an der unteren Mündung in b erbaut wird. Liegt der untere Theil der Insel unter dem Oberwasser, wie Taf. XIV, Fig. 113 b im Längenprofile zeigt, so darf man das Werk nicht an die untere Mündung legen, weil das Wasser über die Insel abfliessen würde, und man muss entweder mit der Anlage der Coupirung so weit stromabwärts gehen, dass kein Umgehen des Werkes stattfinden kann, oder so weit Leitdämme stromaufwärts führen, bis dieses verhindert wird. — Will man z. B. die Krone des Werkes etwa 2 Fuss über den niedrigsten Wasserstand legen, so muss, wenn das Werk an die untere Mündung des Armes gelegt werden soll, dasselbe noch um das Gefälle vergrössert werden, welches bei dem angenommenen Wasserstande in dem Arme stattfindet, während, wenn das Werk an der oberen Mündung zu liegen kommt, bei gleichen Wassertiefen, dasselbe eine um das Gefälle geringere Höhe erhalten und demnach minder kostspielig ausfallen wird.

Die *Richtung der Coupirung* ist gewöhnlich in geraden Linien normal gegen den Strom. Es könnte aber auch die Coupirung ausser der Absperrung des Armes noch einen andern Zweck haben, welcher eine schiefe Lage des Werkes gegen die Ufer erfordern würde. Es ist aber jede schiefe Lage zu vermeiden, weil hier ganz dieselben Uebelstände, die bei den declinanten Buhnen erwähnt wurden, eintreten möchten. Selbst wenn das Werk normal liegt, leiden die Ufer und die Verbindung des Werkes mit denselben, und es ist demnach sehr vortheilhaft, das Werk entweder in einem stromaufwärts gekehrten Bogen, oder in geraden und stromaufwärts gebrochenen Linien, Taf. XIV, Fig. 114, zu construiren, weil in diesen Fällen das überstürzende Wasser nie das Ufer treffen kann. Auch können die Coupirungen gleichzeitig als Leinpfadsdämme dienen, und ihre Richtung darf dann, damit die Pferde nicht zu sehr einem schrägen Zuge ausgesetzt sind, nicht viel von der Richtung des Fahrwassers abweichen. Um durch das überstürzende Wasser einen zuversichtlichen Uferbruch zu vermeiden, wird die Coupirung durch ein Anschlusswerk a, Taf. XIV, Fig. 115, unterstützt, welches das Wasser so weit staut, dass der Uebersturz gefährlich zu werden aufhört. Um dem Angriffe auf

die Ufer vorzubeugen und den überstürzenden Strom möglichst in die Mitte des Bettes zu weisen, werden die Coupirungen in der Mitte ungefähr einen Fuss oder bei breiten Armen noch tiefer gehalten, als an beiden Enden.

Die Construction derselben stimmt mit der der Buhnen ganz überein, nur sind die Schwierigkeiten hier grösser, indem schon der Bau der Heftigkeit des Stromes ausgesetzt ist, und gewöhnlich einer zugleich eintretenden starken Vertiefung begegnet werden muss. Das fertige Werk, welches der ganzen Gewalt des Stromes zu widerstehen hat, muss sodann besonders gegen einen Durchbruch gesichert werden, welcher in Folge der Auskolkungen an der unteren Seite durch den Uebersturz des Wassers zu befürchten ist.

Sind die Coupirungen massiv, d. i. bestehen sie aus einer Steinschüttung, so müssen sie in der Krone und in den oberen Theilen der Dossirungen gepflastert werden. Die Breite ihrer Krone ist in diesem Falle je nach der Stärke des Stromes 6 bis 12 Fuss, ihre stromabwärts gekehrte Dossirung erhält die drei- bis vierfache Höhe zur Anlage. Auch erhalten sie zuweilen eine eigene Bettung zur Sicherung der Sohle, sonst aber geschieht ihre Herstellung in der schon besprochenen Weise, nur darf die Steinschüttung nicht von einem oder von beiden Ufern aus gegen einander gleich in der beabsichtigten Höhe ausgeführt werden, sondern die Schüttung muss allmählig durch die ganze Breite des Stromes in ihrer Höhe wachsen. Um sie dicht zu machen und einem Durchfliessen des Wassers, dem sie sehr unterworfen sind, vorzubeugen, wird die stromaufwärts gekehrte Dossirung längs ihrer ganzen Ausdehnung mit einer Erdschicht überdeckt.

Die im Packwerksbau ausgeführten Coupirungen erhalten eine grössere Kronenbreite, und zwar muss diese wenigstens der ganzen Höhe des Werkes gleich sein, bisweilen macht man sie aber auch um die Hälfte grösser. Die Dossirungen erhalten wie beim Packwerksbau die einfache Höhe zur Anlage, ebenso gilt hier auch alles, was vom Buhnenbau besonders wegen Sicherung des Flussbettes gegen ein Auswaschen gesagt wurde.

Bei *der gewöhnlichen Art des Baues* wird derselbe der Beschleunigung wegen von beiden Ufern gleichzeitig begonnen, und gegen die Mitte gleichmässig fortgesetzt. Diese Art hat jedoch grosse Uebelstände, denn abgesehen, dass durch das beiderseitige Einengen des Profils in der Mitte eine sehr heftige Strömung und hiedurch eine grosse Vertiefung entstehen, wird der regelmässige Fortgang der Arbeit in dem Augenblicke gestört, sobald sich die schwimmenden Lagen berühren. Jedenfalls müssen kräftige Vorkehrungen getroffen werden, um während der Zeit des Baues das Entstehen einer Vertiefung zu hindern oder wenigstens zu vermindern, wozu besonders Senklagen anzuwenden sind. Die Kosten derselben kann man dadurch wesentlich ermässigen, dass man die Senklage nur an denjenigen Stellen stark und mit gröbstem Material bedeckt, an welchen die Coupirung zum Schlusse gebracht werden soll. Unterlässt man die Massregel der Sicherung der Sohle, so setzt man sich der Gefahr aus, dass eine starke Vertiefung des Bettes eintritt, die mit dem vorräthigen Material nicht ausgefüllt werden kann, oder die eine so heftige Strömung veranlasst, dass die gewählte Constructionsart gar nicht mehr zu Ende zu bringen ist. Sobald die Lagen sich von beiden Seiten aus berühren, muss man bei Anwendung sehr dicker Lagen durch Aufbringen von grossen Massen Beschwerungs-Materials und mit kräftigem Gebrauch der Handramme das Herabsinken der Lagen selbst, wenn die einzelnen Lagen hiedurch etwas gelockert werden sollten, zu befördern, und zugleich das Werk in den andern Theilen so zu erhöhen trachten, dass es die beabsichtigte Höhe erreicht.

Nicht immer wird es aber gelingen, das Werk so bis auf den Grund zu schliessen, und eine darunter noch stattfindende Strömung so weit zu verhüten, dass sie nicht die Faschinen einzeln oder sogar in Massen noch forttreibe. Dann muss man zu gröberem Beschwerungs-Material seine Zuflucht nehmen, Steine und Senkfaschinen auf die schwimmenden Lagen bringen, um so und mit Hülfe der Handrammen den Schluss des Werkes zu bewirken. — Geht dieses auch auf diese Weise nicht, so versucht man durch Senkfaschinen, oder selbst auch durch alte schwer belastete Fahrzeuge, welche an der oberen Seite des noch nicht geschlossenen Werkes versenkt werden, die Schwächung des Stromes zu bewirken, um möglicher Weise dann die Schliessung in einer oder der andern Art vornehmen zu können. Auch kann man, vorausgesetzt dass der Schluss schon bewirkt sei, und nur unten noch eine Durchflussöffnung bestehe, dieselbe mittelst einer stromaufwärts gerichteten Faschinenlage sperren. Sie wird nach Taf. XIV, Fig. 116 a und b vor der Coupirung, also im ziemlich stehenden Wasser, erzeugt, sodann mässig beschwert, worauf sie bald vom Strome erfasst, um ihre feste obere Achse gedreht und fest an die Durchflussöffnung gepresst wird. Die Strömung hört

sodann auf, und man kann entweder die Coupirung regelmässig oder durch Versenkung von Material unmittelbar oberhalb dieser versenkten Lage schliessen.

Wenn bei dieser Bauart der Coupirungen eine Verzögerung des Schlusses derselben stattfindet, kann es sehr leicht vorkommen, dass in der Lücke sich eine so grosse Vertiefung ausbildet, dass der Strom hiedurch vorzugsweise angezogen wird und der zu schliessende Arm eine bedeutend grössere Wassermenge abführt, als vor Beginn des Baues.

Bei reichlichem Materialvorrath und bei genügenden Arbeitskräften, wie auch nöthigenfalls durch Nachtarbeit bei mondhellen Nächten, gelingt es gewöhnlich, das Werk zum Schlusse zu bringen, aber es geshieht auch, dass man wegen des durch eine eintretende grosse Vertiefung entstehenden Mangels an vorräthigem Material eine Unterbrechung, welche zu den gröbsten Zerstörungen Anlass gibt, eintreten lassen muss. Es ist demnach bei dergleichen Bauten dringend nothwendig, für das genügend erforderliche Material so reichlich zu sorgen, dass es selbst unter ungünstigen Umständen ausreicht. — Der Bau der Coupirungen darf nur dann begonnen werden, wenn mit grosser Wahrscheinlichkeit auf die Dauer eines günstigen Wasserstandes gerechnet werden kann; nur der unvermuthete Eintritt der Hochwässer könnte eine Unterbrechung entschuldigen. Ereignet sich dies dennoch, so bleibt, damit die Zerstörung so gering als möglich ausfalle, nichts anderes übrig, als den fertigen Theil durch starke Belastung so zu comprimiren und zu sichern, dass die Beschränkung des Profils eine möglichst geringe bleibt.

Hagen gibt eine *besonders zu empfehlende Anordnung* für die als Packwerke aufzuführenden Coupirungen. Taf. XIV, Fig. 117 zeigt dieselbe. Beide Arme der Coupirung werden direct gegen einander geführt, so dass sie sich zu einem Damm von gleicher Breite vereinigen. Der Unterschied gegen die vorbeschriebene Construction besteht nur darin, dass der Bau beider Theile des Werkes nicht gleichzeitig ausgeführt wird, und sonach in jedem derselben die Lagen gehörig versenkt werden können. Man beginnt den Bau an demjenigen Ufer, wo der stärkste Angriff besorgt wird, und führt ihn von hier nur so weit vorwärts, dass er noch keine starke Verengung des Profils veranlasst. Dieser Theil des Werkes muss jedoch vor dem Kopfe eine recht flache, das ist mindestens vierfache Anlage erhalten. Die letzte Lage muss gehörig mit Steinen beschwert werden, ihre Dossirung, sowie auch nach Umständen der ganze auf diese Weise hergestellte Bau, ersetzt die Senklage, welche zur Sicherung des Bettes jedenfalls erforderlich sein würde. Der andere Theil der Coupirung, welcher in gewöhnlicher Weise ausgeführt wird, darf nicht früher begonnen werden, als bis der erste entweder ganz beendigt, oder doch so weit gediehen ist, dass eine Berührung der beiderseitigen schwimmenden Lagen nicht mehr zu besorgen ist. Diese Methode hat den grossen Vortheil, dass man an der gehörigen Verlängerung der Lagen nicht gehindert wird, und dass beim Eintritt der stärksten Profilsverengung die Lagen des zweiten Theiles über den bereits fertigen Theil greifen, wodurch ein Ausspülen des Grundes nicht möglich ist. Die Fig. 117, Taf. XIV zeigt an der linken Seite den ersten bereits fertigen und mit Steinen beschwerten Theil des Baues, an der rechten Seite dagegen die noch schwimmenden Lagen des zweiten Theiles.

Auch wurden *Coupirungen aus Senkstücken* schon gebaut; diese Herstellungsweise bei Beobachtung gewisser Vorsichtsmassregeln ist gewiss nicht nur zulässig, sondern in der That auch mit gutem Erfolge und mit Vortheil angewendet worden. Ist im Vergleiche des zu schliessenden Armes der Querschnitt der einzelnen Senkstücke nur unbedeutend, so unterliegt die Versenkung keinen Schwierigkeiten, und man muss nur trachten, keine zu grossen Stossfugen zu erhalten oder dieselben durch eigens versenkte Faschinen auszufüllen, indem sich sonst eine heftige Strömung, die leicht eine starke für das Werk verderbliche Vertiefung verursachen könnte, durchzieht. Die einzelnen Senkstücke können aber mit einander in gar keine Verbindung gebracht werden. — Oft legt man mehrere Schichten Senkstücke über einander und muss für eine gehörige Abwechslung der Fugen unter einander sorgen, was jedoch den grossen Nachtheil hat, dass eine allenfalls oberhalb einer Stossfuge zweier Senkstücke entstandene Vertiefung des Bettes sich nicht mehr ausfüllen, und die untere Stossfuge selbst sich nicht mehr schliessen lässt. Man muss demnach die untern Fugen oder Rinnen durch Nachfüllen von schwerem Material vollständig schliessen, bevor man noch die folgende Lage der Senkstücke aufbringt.

Funk hatte eine eigenthümliche Anwendung des Senkstückbaues zur Coupirung von Flussarmen versucht. Er hatte die Absicht, den rechten der beiden Arme der *Weser* in der Nähe von *Wietersheim,* etwa eine Meile unterhalb von *Minden,* mittels eines einzigen Senkstückes auf einmal zu schliessen. Es wurde ein Senkstück von 85 Fuss Länge, 12 Fuss Kronenbreite, an beiden Seiten mit einfacher ge-

böschter Anlage und mit 8 Fuss mittlerer Höhe 200 Fuss oberhalb der Stelle, wo die Coupirung liegen sollte, auf geeigneter Rüstung am linken Ufer, d. i. auf der Insel, erbaut. Um sie an gehöriger Stelle fest zu halten, waren zwei Pfahlreihen von 15—18 Zoll starken buchenen Pfählen in 1½ Fuss lichter Entfernung von einander, von Fahrzeugen aus eingerammt. Auf jedem Ufer sollen etwa 70 Menschen gewesen sein, die mittels Tauen das Senkstück zu bewegen und nöthigenfalls festzuhalten hatten. Als es schwamm, ragte es zwei Fuss über das Wasser heraus, das linke Ende wurde festgehalten, dagegen das rechte, damit es sich schwenken konnte, angezogen. Kaum aber in Bewegung gebracht, erfasste es der Strom sogleich, und vollführte selbst die beabsichtigte Schwenkung. Als es jedoch quer über den Fluss lag, staute sich das Wasser oberhalb so sehr, dass die Insel, die früher noch 1½ Fuss über dem Wasser war, plötzlich 1 Fuss hoch überfluthet wurde, wodurch die daselbst gewesenen Arbeiter erschreckt und auf ihre Rettung bedacht, das Tau, welches sie wahrscheinlich auch nicht hätten halten können, losliessen. Auf der andern Seite wurde das Tau fortgerissen, das Stück schwamm schnell herunter, erreichte mit dem linken Ende zuerst die Pfahlreihen, welche nicht den geringsten Widerstand leisteten und unter lautem Krachen abbrachen, worauf das Senkstück erst etwa 100 Fuss unter der Insel in dem ungetheilten Stromstriche am rechten Ufer auflief, wo es liegen blieb, indem an ein Zurückbringen, im ganzen Zustande, natürlich nicht zu denken war. — Sowohl die als Packwerke als auch aus Senkstücken erbauten Coupirungen sind keineswegs wasserdicht, und es muss auch hier wie bei denen aus Steinschüttungen hergestellten, vor der Coupirung eine Erdschüttung, die manchmal bei 6 Fuss Stärke in der Krone hat, und wenigstens die einfache Höhe zur Anlage erhält, längs ihrer ganzen Länge angebracht werden.

Seitenzuflüsse und Stromspaltungen.

§. 57.

Sowohl die Vereinigung zweier Stromarme als auch die Spaltung derselben, ist in mancher Beziehung sehr wichtig, und hat schon zu mancherlei Untersuchungen und Bauausführungen Veranlassung gegeben. Hier sollen nun beide kurz erwähnt werden.

Fast in allen Ländern hört man über die Verheerungen, welche an der Zusammenmündung zweier Flüsse entstehen, bittere Klagen führen und diese immer lauter ertönen, weil erstere von Jahr zu Jahr grösser und verderblicher werden.

Um diesen Verheerungen zu begegnen, muss man zuerst die einzelnen Wirkungen, welche durch die Zusammenmündung zweier fliessenden Gewässer nothwendiger Weise hervorgebracht werden, dann die Ursache und Grösse derselben genau kennen, um hiernach die Mittel zur Abwendung oder wenigstens zur Verminderung der schädlichen Wirkung wählen zu können.

Betrachtet man die Zusammenmündung zweier Flüsse, so dringen sich unwillkürlich nachstehende Fragen auf*), welche beantwortet sein wollen und zwar:

1) Nach welcher Richtung wird der vereinigte Strom vom Vereinigungspunkte an weiter zu fliessen, die Tendenz haben?

2) Welche Stosskraft (Bewegungsmoment) wird der Strom nach der Vereinigung erhalten?

3) Mit welcher mittleren Geschwindigkeit wird sich das Wasser beider Flüsse nach der Zusammenmündung im vereinigten Strome weiter fortbewegen? Endlich

4) Welchen Querschnitt (Breite und Tiefe) soll das Bett des vereinigten Stromes erhalten, damit in demselben die Wassermengen der beiden Flüsse, mit Rücksicht auf die nun erlangte mittlere Geschwindigkeit Platz finden, und ohne nachtheilige Wirkungen abfliessen können?

Wäre, Taf. XV, Fig. 118, AB der eine und DE der zweite der zusammenmündenden Flüsse, M die unmittelbar vor dem Zusammenfluss im Profile FG nach der bekannten Art ermittelte Wassermenge des Flusses AB in Kubikfussen, welche mit der mittleren Geschwindigkeit C durchfliesst. Ebenso bezeichnen m die Wassermenge, c die mittlere Geschwindigkeit in dem zweiten Flusse DE. Setze man noch das Gewicht eines Kubikfusses Wasser gleich p, und g als den Fallraum eines Körpers in der ersten Sekunde = 15 Fuss.

Es ist aus der Hydraulik bekannt, dass die Stosskraft oder das Bewegungsmoment eines fliessenden Wassers gleich ist dem Gewichte der ganzen Wassermasse, multiplicirt mit der Geschwindigkeit derselben, dividirt durch 2g.

Bezeichne man die Stosskraft des Flusses AB mit K, so wäre nach diesem Satze $K = \frac{p\,M\,C}{2\,g}$, und ebenso jene des Flusses DE, $k = \frac{p\,m\,c}{2\,g}$.

*) Försters Bauzeitung.

Verlängert man sich nun die resultirende Stosskraft K des Flusses AB von b gegen a, bis selbe mit jener ea des Flusses DE zusammentrifft, so ist der von den beiden, die Richtung der Bewegungs-Momente darstellenden Linien ba und ea eingeschlossene Winkel α der eigentliche Confluenzwinkel der zusammenmündenden Flüsse. An dem Punkte a wirken nun die zwei Kräfte K und k unter dem Winkel α; man wird demnach die Richtung und die Grösse der hieraus resultirenden Stosskraft R des Stromes nach der Vereinigung durch Verzeichnung leicht finden, wenn man das Kräftenparallelogramm adfi construirt, indem man ad = K und ai = k macht, wo dann die Diagonale af = R die Richtung und Grösse der Stosskraft im vereinigten Strome anzeigen wird.

Um nun dieses Bewegungsmoment und dessen Richtung durch Rechnung zu finden, denke man sich die Kraft K = ad als die Mittelkraft der beiden senkrecht auf einander wirkenden Kräfte ap und al, dann ebenso k = ai als die Mittelkraft von ar und an, und wenn der Winkel eaf mit β bezeichnet wird, so ist wegen der Congruenz der Dreiecke:

$$ap = ar \text{ oder } ad \sin(\alpha - \beta) = ai \sin\beta$$
$$\text{und } k \sin\beta - K \sin(\alpha - \beta) = o \text{ - - - - I.}$$
$$\text{oder } k \sin\beta + K \cos\alpha \sin\beta - K \sin\alpha \cos\beta = o$$
$$\sin\beta (k + K \cos\alpha) = K \sin\alpha \cos\beta \text{ und}$$
$$\operatorname{tang}\beta = \frac{K \sin\alpha}{k + K \cos\alpha} \text{ und}$$

wenn man statt K und k die Werthe setzt

$$\operatorname{tang}\beta = \frac{M\,C \sin\alpha}{m\,c + M\,C \cos\alpha} \text{ - - - - - II.}$$

Aus dieser Gleichung findet man durch Rechnung, wenn man sich den Confluenzwinkel, wie früher erklärt, ermittelt hat, den Winkel β, unter welchem nämlich die Stosskraft des vereinigten Stromes wirkt, oder nach welcher Richtung derselbe weiter zu fliessen die Tendenz erhält.

Aus der Figur ist:

$$R = af = al + an = k \cos\beta + K \cos(\alpha - \beta).$$

Diese, sowie die Gleichung I zum Quadrat erhoben, beide zusammen addirt und abgekürzt, gibt

$$R^2 = k^2 \cos^2\beta + K^2 \cos^2(\alpha - \beta) + 2\,K k \cos\beta \cos(\alpha - \beta)$$
$$o = k^2 \sin^2\beta + K^2 \sin^2(\alpha - \beta) - 2\,K k \sin\beta \sin(\alpha - \beta)$$

$$R^2 = k^2 + K^2 + 2\,k\,K \cos\alpha \text{ und}$$

statt K und k die Werthe gesetzt

$$R = \frac{p}{2g}\sqrt{m^2 c^2 + M^2 C^2 + 2\,M\,C\,m\,c \cos\alpha} \quad \text{III.}$$

Aus dieser Gleichung kann die Grösse der Stosskraft des Stromes gleich nach der Vereinigung der beiden Flüsse berechnet werden.

Bezeichnet man die mittlere Geschwindigkeit des vereinigten Stromes mit C', so findet man aus der Gleichung für das Bewegungsmoment

$$R = p\,\frac{(M + m)\,C'}{2g}$$
$$C' = \frac{2g\,R}{p\,(M + m)} \text{ und}$$

wenn statt R der Werth aus der Gleichung III gesetzt wird

$$C' = \sqrt{\frac{m^2 c^2 + M^2 C^2 + 2\,m\,c\,M\,C \cos\alpha}{(M + m)^2}} \quad \text{IV.}$$

woraus die mittlere Geschwindigkeit des Wassers im vereinigten Strome gleich unterhalb der Confluenz gefunden wird.

Um nun noch die aufgestellte vierte Frage, den Querschnitt des Bettes für den zusammengesetzten Strom, zu berechnen, setzt man voraus, dass die Normalbreite der beiden Flüsse vor ihrer Zusammenmündung B und b, ihre mittlere Tiefe T und t und ihre Querschnitte F und f seien; ebenso die des zusammengesetzten Stromes B', T' und F'.

Es wird jedenfalls

$$F' = \frac{M + m}{C'} \text{ und}$$

statt C' den Werth gesetzt

$$F' = \sqrt{\frac{(M + m)^4}{m^2 c^2 + M^2 C^2 + 2\,m\,c\,M\,C \cos\alpha}} \quad \text{V.}$$

oder wenn man statt M und m die Querschnittsflächen einführt, ist:

$$F' = \sqrt{\frac{(F\,C + f\,c)^4}{f^2 c^4 + F^2 C^4 + 2\,f\,c^2\,F\,C^2 \cos\alpha}} \text{ VI oder}$$

$$F' = B'T' = \sqrt{\frac{(B\,T\,C + b\,t\,c)^4}{b^2 t^2 c^4 + B^2 T^2 C^4 + 2\,btc^2 BTC^2 \cos\alpha}} \text{ VII.}$$

Aus den beiden Gleichungen V und VI kann man die Querschnittsfläche des vereinten Stromes gleich unterhalb der Vereinigung und aus der Gleichung VII die Normalbreite des Stromprofils berechnen, wenn die mittlere Wassertiefe desselben bekannt, oder nach Umständen angenommen ist.

Aus den bisher entwickelten Gleichungen lassen sich nachstehende Folgerungen ziehen:

a. Die Verlängerung der resultirenden Stosskraft af zeigt uns die Richtung an, nach welcher der vereinigte Strom zu fliessen die Tendenz hat. Derselbe wird seine Ufer nur dann nicht angreifen, wenn sie parallel zu dieser Richtung liegen, im Gegentheile würde aber der vereinigte Strom auf das

eine oder andere Ufer fortwährend anfallen, dasselbe abbrechen und Veranlassung zu Serpentinen oder Flussverwilderungen geben. Man muss demnach dahin trachten, die Ufer wenigstens unmittelbar unterhalb der Zusammenmündung in die Richtung von a f zu bringen.

b. Aus der Gleichung II für die Tangente des Winkels sieht man dass im Falle M = m und C = c ist, tang $\beta = \frac{\sin \alpha}{1 + \cos \alpha}$ wird, folglich $\beta = \frac{1}{2} \alpha$ sein muss; d. i. die Richtung des vereinigten Stromes wird in der Halbirungslinie des Confluenzwinkels α liegen, welches der Natur der Sache vollkommen entspricht.

c. Wird die Stosskraft des einmündenden Nebenflusses so klein, dass man das Produkt m c gegen M C cos α vernachlässigen kann, so wird nach der Gleichung II tang β = tang α, somit auch $\alpha = \beta$; d. h. der vereinigte Strom wird sich alsdann nach der Richtung des Hauptflusses weiter bewegen, welche Erscheinung auch überall stattfindet, wo ein mächtiger Strom einen unbedeutenden Nebenfluss aufnimmt.

d. Die Gleichung III gibt die Grösse der Stosskraft des Stromes nach der Vereinigung an, und beweist den wichtigen Satz, dass diese kleiner ist, als die Summe der Stosskräfte der beiden Flüsse vor ihrer Zusammenmündung war, und dass diese Kraft um so kleiner wird, je grösser der Confluenzwinkel α ist, indem ein Theil der Kraft des Wassers durch das Zusammenstossen desselben unter den Winkel α verloren geht. — Ist aber α = o und sodann cos α = 1 so wäre dann $R = \frac{p}{2g} (m c + M C)$; d. h. die Stosskraft im vereinten Strome ist gleich der Summe der Stosskräfte der vereinten Flüsse vor deren Vereinigung, weil sich alsdann beide Flüsse eigentlich nur parallel neben einander fortbewegen.

Da es unmöglich ist, den Confluenzwinkel beider Flüsse auf Null zu bringen, so soll man wenigstens trachten, denselben so klein, als nur immer thunlich zu machen.

e. Die mittlere Geschwindigkeit des Stromes nach der Vereinigung aus der Gleichung IV wird um so kleiner, je grösser der Confluenzwinkel α wird.

f. Die Querschnittsfläche F′ des Bettes im vereinigten Strome wird um so grösser, je grösser der Confluenzwinkel α wird, und es wird dieser Querschnitt nur dann der Summe der Querschnitte der beiden Flüsse vor ihrer Vereinigung gleich sein, wenn α = o und C = c wäre.

Wollte man dieselben Entwicklungen unter den Voraussetzungen machen, dass die Beschaffenheit der Ufer dem Strome die Bildung seines Bettes in der Richtung der resultirenden Stosskraft nicht gestattet, sondern ihn zwingt nach einer andern Richtung fortzufliessen, so entsteht ein Anprallen des Stromes an das vortretende Ufer, wodurch sowohl seine Stosskraft, als auch seine Geschwindigkeit vermindert werden, wesshalb auch sein Querprofil grösser gemacht werden muss. Nehmen wir Taf. XV, Fig. 119 an, dass die Stosskraft des vereinigten Stromes a f in ihrer Verlängerung das Ufer in dem Punkte a′ unter einem Winkel γ trifft, so wird, wenn man die Kraft R = a f in zwei Kräfte a g und a s zerlegt, der Theil der Stosskraft a s, welcher senkrecht gegen das Ufer wirkt, von der Festigkeit desselben aufgehoben, und es bleibt dem Wasser nur das parallel mit dem Ufer wirkende Bewegungsmoment: R′ = a g = a f cos γ = R cos γ. Setzt man nun statt R den in der Gleichung III ermittelten Werth desselben, so kann man sich ganz so wie früher das R′, C′, F′ und endlich auch B′ und T′ für den hier angenommenen Fall berechnen.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass je kleiner der Winkel α, desto zweckmässiger die Richtung der beiden Flüsse gegen einander sei; ohne besondere Nothwendigkeit soll derselbe nie über 45 Grade betragen. Allein oft nähert sich derselbe dem rechten Winkel, oder ist wohl gar ein stumpfer, so dass der kleine Fluss dem grösseren beinahe ganz entgegenströmt. Eine fehlerhafte Einmündung dieser Art ist immer von den nachtheiligsten Folgen begleitet. Beide Flüsse stören sich dann wechselseitig in ihrem Laufe, es entsteht eine Verminderung der Geschwindigkeit durch die zu verschiedenen Zeiten eintretenden Anschwellungen, und hiedurch erzeugen sich an der Zusammenmündung Ablagerungen und Verflachungen. — Vorzüglich wirkt bei gleichem Gefälle der grössere Fluss bei seinem Anschwellen immer höchst nachtheilig auf das Flussbett des kleineren, indem er ihn zurückstaut. Dieser wird nicht nur dadurch gehindert sein Flussmaterial fortzuführen, sondern der grössere legt noch eine Menge desselben vor und sogar in die Mündung des kleineren Flusses hinein. Aehnliche Wirkungen kann der kleinere Fluss auf den grösseren hervorbringen, wenn er, was häufig der Fall ist, der schnellere ist, und mehr Material mit sich führt. Diese wechselseitige Störung der Flüsse, und Erhöhung ihrer Bette, sind

Ursache, dass wenn die Ufer bei ihrer Vereinigung nicht genügend hoch sind, immer Ueberschwemmungen und grosse Nachtheile für die Schifffahrt hervorgebracht werden. Dergleichen nachtheilige Wirkungen sieht man leider nur zu oft bei fehlerhaften Einmündungen, als dass es nothwendig wäre, hier besondere Beispiele hievon anzuführen.

Solchen fehlerhaften Einmündungen muss aber abgeholfen werden und das Mittel hiezu richtet sich natürlich nach der Oertlichkeit.

Der in einen grösseren Strom mit fehlerhafter Richtung einmündende Fluss kann an seinem Ende ein so weites Bett haben, dass man innerhalb seiner Mündung ihm eine fehlerfreie Richtung geben kann. Die Fig. 120, Taf. XV stellt diesen Fall dar. Es muss hier der Fluss durch ein hinlänglich hohes und starkes Bauwerk (Damm) a b gegen den andern hin, welcher ihn aufnimmt, getrennt werden, damit ersterer selbst bei Hochwasser gezwungen ist, die ihm gegebene Richtung beizubehalten. Von der andern Seite muss der einmündende Fluss durch Buhnen c c auf seine Normalbreite beschränkt und gehalten werden, sich hier sein neues mit dem Damme a b paralleles Ufer zu bilden. Die Spitze d wird entweder abgebrochen, oder man überlässt diese Arbeit dem Flusse selbst.

Findet eine solche Erweiterung des Flussbettes nicht statt, so muss die Mündung des Flusses weiter abwärts verlegt und auf diese Weise der spitze Winkel, in welchem beide Flüsse sich vereinigen sollen, hervorgebracht werden, was nur durch einen Durchstich geschehen kann. Taf. XV, Fig. 121 stellt ein Beispiel dieser Art dar. Es ist unläugbar, dass dies die vortheilhafteste Verbesserungsweise ist, denn man kann hier den Einmündungswinkel so klein machen als man es für gut findet, und da das von b nach c und von c bis a stattfindende Gefälle auf die kürzere Linie a b übertragen wird, so vermehrt sich dadurch die Geschwindigkeit des einmündenden Flusses, und die Ueberschwemmungen können um so sicherer vermieden werden. Die so schädlichen Ablagerungen an der Zusammenmündung kann man sehr mässigen, wenn man beide Flüsse recht spitzwinklig zusammenführt, so dass die Tiefe der Stromrinne beider Gewässer noch vor der Vereinigung, nach dem Vereinigungspunkte hin sich regelmässig ausbilden kann. Zu diesem Zwecke errichtet man an der Spitze a zwischen dem grösseren Strome und dem möglichst spitz in ihn hineingeleiteten kleineren Fluss eine Trennungsbuhne (Separationswerk), welche von Wolltmann zuerst angewendet und vielfach mit grossem Vortheil, besonders bei Vereinigung kleiner, viel Geschiebe enthaltender Gebirgsflüsse mit schiffbaren Strömen, angewendet wurde. Am vortheilhaftesten wird die Einmündung dann sein, wenn die beiden Stromstriche in ihrem Vereinigungspunkte so zu sagen gar keinen Winkel bilden, was nur dann möglich wird, wenn der grössere Strom eine Krümmung bildet und dem kleineren eine solche Krümmung und Richtung gegeben werden kann, dass derselbe nach der Vereinigung die Tendenz erlangt, dieselbe Krümmung, welche der grosse Fluss hat, fortzusetzen. Gestatten Ortsverhältnisse eine solche vortheilhafte Anlage, so soll man hievon jedenfalls Gebrauch machen, nur darf natürlicherweise die Krümmung des grösseren Flusses nicht schädlich sein.

Sollte endlich der ungünstige Fall eintreten, dass Taf. VIII, Fig. 55 ein nahe der Mündung liegendes und nicht zu entfernendes Hinderniss, z. B. eine Brücke oder ein Gebäude etc., das Bett des Flusses unverrückbar und die jetzt angegebenen Methoden nicht anwendbar macht, so bleibt nichts anderes übrig, als die Einmündung durch eine Trennungsbuhne a b zu verbessern. Da diesem Bauwerke keine Richtung gegeben werden kann, welche dasselbe dem Angriffe des einmündenden Flusses gänzlich entzieht, und es einer grossen Höhe bedarf, um auch bei Hochwässern seinem Zwecke entsprechen zu können, so muss es in vorzüglicher Stärke erbaut werden. Es erhält nach der Grösse der Geschwindigkeit des Flusses 18 bis 24 Fuss Kronenbreite und gegen den Anfall des Flusses die doppelte auch dreifache Höhe zur Anlage. Der Fuss desselben wird, wenn eine Unterspülung zu besorgen ist, oft durch Pfahlwerke oder durch Senkfaschinen, Senkkörbe u. dgl. verstärkt. Die Dossirungen werden mit grossen Steinen belegt, und sorgfältige Ausführung des Werkes ist eine nothwendige Bedingung, um die Dauerhaftigkeit desselben zu sichern. Es muss diese Trennungsbuhne, da der Fluss eine Wendung zu machen gezwungen ist, gekrümmt und dabei vermieden werden, dass die Buhne die Normalbreite des grösseren Flusses schmälere. Sollte letzteres jedoch unvermeidlich sein, was höchst selten der Fall sein wird, weil der Fluss an dieser Stelle fast immer mehr als seine Normalbreite besitzt, so muss das jenseitige Ufer, wenn es nothwendig ist, durch ein Deckwerk c d vor einem Abbruche bewahrt werden.

Soll ein neben einem Strome liegender Hafen, Taf. XV, Fig. 122, welcher nur stehendes Wasser enthält, vor Versandung sicher gestellt werden, so erhält er seine Einfahrt stromabwärts, die auch vom Strome durch eine declinante Buhne getrennt ist. —

Durch das überstürzende Wasser bildet sich im Einfahrtskanale eine tiefe Rinne und die Mündung behält weit vollständiger ihre volle Tiefe, als wenn man den Einfahrts-Kanal stromaufwärts legen wollte. Die declinante Buhne weiset die Geschiebe vom Hafen ab, so dass daselbst nur die mit dem stehenden Wasser eingedrungenen schwimmenden Stoffe zum Niederschlage kommen. Durch die stromabwärts gekehrte Anlage erlangt man noch weiter den Vortheil, dass das Ein- und Auslaufen der Schiffe viel weniger schwierig ist, indem sie nicht von der Strömung an der Seite gefasst, gedreht oder gar an das andere Ufer geworfen werden können, wie dies bei anders gestellten Einfahrten der Fall sein kann.

§. 58.

Die künstliche Spaltung eines Stromes wird nur höchst selten oder gar nie vorkommen, dagegen kann sich eine solche von selbst bilden, wenn ein Strom sich ganz überlassen bleibt, allenfalls eine Landzunge durchbricht, oder durch kolossale Ablagerungen Inseln bildet. In keinem Falle wird eine Spaltung vortheilhaft sein, weil dadurch der Kultur mehr Gelände entzogen und zur Unterhaltung der Ufer ein grösserer Aufwand erfordert wird, als wenn die ganze Wassermasse in einem gemeinsamen Bette vereiniget ist. Zuweilen treten die beiden Stromarme gar nicht mehr mit einander in Verbindung, sondern bilden Zweige des Hauptarmes, die gewöhnlich in das Meer einmünden und in dessen Nähe sich abermals spalten. Dergleichen Stromspaltungen sind der Grund so vieler Verwilderungen der Strommündungen, weil bei derartigen Verzweigungen eines Stromes in der Regel der nachtheilige Fall eintritt, dass die einzelnen Zweige sich gerne versanden und den Abfluss der Hochwässer hemmen, wie dies die Flüsse Weichsel, Rhein, Donau u. a. m. zeigen.

Bei Stromspaltungen bleibt gewöhnlich keiner von den Armen des Flusses unverändert der Hauptarm, denn sonst würde der zweite oder die andern Arme vorzugsweise der Verlandung ausgesetzt bleiben, und der erstere müsste den Strom immer stärker anziehen und ihn endlich ungetheilt aufnehmen; bei den verschiedenen Wasserständen ist es abwechslungsweise der eine oder der andere Arm, welcher den Strom aufnimmt. Dadurch geht in einem Arme eine Verlandung vor sich, während der andere den Hauptstrom bildet, die Verwilderung und Veränderung der Flussbette schreitet immer mehr vor und es ist sehr schwierig, beide Arme immer gleichmässig — ohne dass die Schifffahrt leidet — offen zu erhalten oder, wie es oft gewünscht wird, eine Vertheilung der Wassermengen in einem bestimmten Verhältnisse eintreten zu lassen. Bei Regulirung einzelner Stromarme und namentlich bei Beschränkung ihrer Breite zeigt sich oft ein wesentlich verschiedener Erfolg gegen ähnliche Anlagen im ungetheilten Strome, weil es hier keine bestimmte Wassermenge unter allen Umständen wie dort, gibt, und das Wasser in dem andern Arm ausweichen kann, indem sich seine Wirkung nur bis zum Trennungspunkte erstreckt.

Hat man die Absicht, einen Arm zur Verlandung zu bringen, so geschieht dies, wie schon erwähnt, durch Anlage von Coupirungen.

VI. Abschnitt.

Regulirung ganzer Ströme.

Allgemeine Bemerkungen über die Regulirung der Ströme.

§. 59.

Nachdem in dem Vorhergehenden die Mittel, welche zur Erreichung der verschiedenen Zwecke des Strombaues erfordert werden, einzeln angeführt, so wie auch ihre Anwendung und Ausführung beschrieben worden sind, so soll nun auch der Regulirung der Flüsse im Ganzen Erwähnung geschehen.

Die Eigenschaften eines zweckmässig und unschädlich geleiteten, vollkommen regelmässigen Flusses sind, dass er, wenn auch nicht überall gerade, was der Natur des Flusses auch durchaus nicht entspricht, doch in nicht zu grossen Krümmungen, in einem gleichförmig breiten und tiefen Bette fliesse, die Stromrinne so ziemlich in der Mitte habe und nirgends seine Ufer beschädige oder schädliche Ueberschwemmungen verursache. Diese Eigenschaften findet man jedoch in der Natur, einzelne Stellen ausgenommen, nie alle bei einem Flusse vereinigt. Es würde aber unmöglich und auch ganz unnöthig sein, sie einem Flusse in seiner ganzen Ausdehnung durch Kunst verschaffen zu wollen; man kann sich nur nach Bedarf und Möglichkeit dieser Vollkommenheit nähern, indem man einzelne Uebelstände des Flusses beseitigt.

Die in einem geneigten Bette nie rastende Bewegung des Wassers wird fortwährend auf die Veränderung der Ufer wirken, und es können daraus sowohl für das Eigenthum der Uferbewohner, als auch für die Schifffahrt grosse Nachtheile herbeigeführt werden. Man muss sodann durch künstliche Anlagen der willkürlichen Veränderung des Strombettes Grenzen setzen und die Ufer fixiren, kurz dem Flusse durch Einbauten so viel als möglich jene Eigenschaften aufdrängen, die, wie oben gesagt, ein unschädlicher und regelmässiger Fluss haben muss.

Der Zweck der Stromregulirungen kann im Allgemeinen folgender sein:

1) Die Erreichung der Unschädlichkeit der Flüsse für das Land, welches sie durchströmen.

2) Die Erreichung ihrer Schiffbarkeit, nämlich die Herstellung einer bequemen Stromrinne von hinlänglicher Breite und Tiefe.

3) Die Entsumpfung anliegender Ländereien, so wie die Bewässerung derselben.

Der hier in dem dritten Punkte ausgesprochene Zweck der Stromregulirungen wird in einem eigenen Kapitel der »Entwässerungen und Bewässerungen« besprochen werden, daher hier nur von den zwei ersten angegebenen Zwecken der Stromregulirungen die Rede sein soll.

Jeder Regulirung muss die Ausarbeitung eines wohldurchdachten Stromregulirungs-Projektes vorangehen, und ehe hiemit begonnen werden kann, müssen die erforderlichen Messungen, besonders die Aufnahme der Stromkarte, das Nivellement und die Tiefenmessungen ausgeführt sein. Ferner muss man ausser den verschiedenen Wasserständen und ihrer Dauer, um darnach die Höhe der Werke mit Sicherheit bestimmen zu können, nicht nur die Natur des Flusses kennen, sondern auch die bereits bestehenden Bauten, die Zwecke, welche man durch sie erreichen wollte, so wie deren Wirkung sich eigen gemacht haben.

Bei jedem Flusse liegt die Ursache einer nachtheiligen Wirkung entfernt von der Stelle, wo die Schädigung eintritt, und die Ursachen selbst sind oft Wirkungen von andern Ursachen, so dass diese und jene in wechselseitiger Verbindung stehen. Man kann keine derselben entfernen, indem man sie nur einzeln betrachtet und behandelt, man muss immer einen ganzen Flussbezirk in's Auge fassen, und einen

harmonischen, den ganzen Bezirk umfassenden Entwurf zu seiner Verbesserung aufstellen; denn sollte auch anfangs nur ein Theil des Entwurfes in Ausführung kommen, so ist ein solch umfassendes Projekt dennoch nothwendig, weil sonst leicht Bauwerke entstehen würden, welche, indem sie vielleicht an der Stelle, wo sie stehen, anfangs ihrem Zweck zu entsprechen scheinen, doch auf die übrigen Theile des Flusses nachtheilig einwirken, oder aus Mangel an Uebereinstimmung in der Folge verderblich werden könnten.

Um den Entwurf und die Ausführung eines solchen allgemeinen Regulirungsplanes zu erleichtern, muss man einen Fluss in mehrere kleine, von einander ganz unabhängige Bezirke theilen, um jeden derselben als ein unabhängiges Ganze betrachten, und behandeln zu können. Jeder dieser Bezirke muss aber an seinem oberen Ende durch eine normale Strecke oder durch eine Stelle begrenzt sein, welche keinen Veränderungen unterworfen ist, und über welche hinab die Verheerungen und Unordnungen des oberhalb liegenden Bezirks sich nicht fortpflanzen können. Man findet solche Stellen an jedem Flusse. — Es sind Stellen, welche natürliche feste Ufer haben, oder sich in einem regelmässig fehlerfreien Zustande befinden, oder Strecken, deren Ufer durch Bauwerke verwahrt sind, wie an Städten, Brücken u. s. w. Für jeden dieser besonderen Bezirke entwerfe man einen ihn ganz umfassenden Plan, um innerhalb eines solchen Bezirkes den Fluss, so weit es die Umstände gestatten, der vollkommenen Regelmässigkeit zu nähern. Man bestimme die Richtung des Flusses wie auch die der zukünftigen Ufer, und entwerfe diesem Zwecke gemäss alle Bauten, welche entweder jetzt oder in der Zukunft ausgeführt werden sollen.

Es dürfte in diesem Falle am zweckmässigsten sein, die Ausführung der Regulirungsarbeiten bei der Ausmündung des Stromes oder dort, wo er die Landesgrenzen verlässt, also mit der untersten Abtheilung entsprechend zu beginnen, und in dem Masse, als sich hier die Rectification ausbildet, mit derselben stromaufwärts fortzuschreiten, weil dann der Strom Kraft haben wird, die Stoffe weiter zu befördern, welche sonst vielleicht zu noch grösseren Verflachungen und zu späteren grösseren Auslagen Veranlassung geben könnten. — Auch werden auf diese Art die Verlandungen der verlassenen unteren Stromarme möglichst begünstigt, weil das vom Flusse weggespülte Erdreich einen Theil des Materials dazu bietet. — Hingegen bei Stromarmen, die ihr Wasser aus einem Hauptstrome empfangen, und bei verschiedenen Wasserständen, theils karg, theils reichlich, im Verhältniss der Wassermasse des Hauptstromes versorgt werden können, scheint es räthlicher, die Regulirung von oben, von der Abzweigung an, zu beginnen und stromabwärts die Arbeiten fortzusetzen, weil der Erfolg hier ein wesentlich verschiedener von dem des Hauptstromes sein kann, indem das Wasser in dem Arme auszuweichen Gelegenheit findet.

Viele Hydrotekten befolgen die Regel, unter allen Umständen die Regulirung eines Stromes von oben herab durchzuführen, und bemühen sich, die Richtigkeit derselben nachzuweisen. Es ist gewiss, dass Stromregulirungen sowohl von ab- nach aufwärts als auch umgekehrt glücklich durchgeführt wurden, und nur in den Umständen liegt es, ob man von oben oder von unten beginnen soll.

An Flüssen, welche oft und schnell ihren Lauf und ihr Bett ändern, wodurch der zweckmässigste Plan zu den veränderlichen Ortsverhältnissen leicht unpassend werden kann, findet obiges Verfahren schon einige, wenn auch nicht unüberwindliche Schwierigkeiten; aber auch, wenn den angeführten einzelnen Abtheilungen nicht eine solche mässige Ausdehnung gegeben werden kann, dass die Verbesserung derselben binnen ein oder zwei Jahren ausführbar wäre. In diesem Falle muss man trachten, die früher besprochenen unveränderlichen Grenzen und Abschnitte des Flusses durch Kunst hervorzubringen. Erlauben die Ortsverhältnisse auch dieses Verfahren nicht, so bleibt kein anderes Mittel, als eine solche allzugrosse Flussstrecke theilweise von oben herab zu verbessern, so dass ein unterer Theil nicht eher vorgenommen wird, als bis die Bauten im nächst oberen ihrem Zwecke entsprochen haben, damit etwa entstehende Unordnungen sich nicht in das noch unregulirte Bett abwärts fortpflanzen können. Bei solchen Umständen wird es zur Erleichterung der Projektirungsarbeiten zweckmässig sein, wenn man den Plan einer unterhalb liegenden, aber durch keine unveränderte Stelle begrenzten Abtheilung einer Flussstrecke erst dann entwirft und ohne Verzug ausführt, wenn die oberhalb liegende Abtheilung derselben bereits dauerhaft verbessert ist.

Bei einem Strome, der grossen Veränderungen unterworfen ist, muss man eilen, nach der Aufstellung des Projektes den Bau auszuführen, weil das Projekt später nicht mehr passend sein könnte. Das Festhalten an einem früheren Plane, der vielleicht vor Jahren sehr zweckmässig war, ist, nachdem wesent-

liche Aenderungen in dem Strombette eingetreten sind, durchaus unstatthaft, und vermehrt nicht nur die Kosten, sondern macht oft die Erreichung des Zweckes unvollständig oder auch unmöglich. Oft ist nur ein einziges Hochwasser, welches zwischen der Aufnahme des Stromes und der Einleitung des Baues stattgefunden, Ursache von wesentlichen Veränderungen des Stromes, so dass man von dem früheren Plane abgehen muss. — Man muss überhaupt von den Localverhältnissen, wie sie zur Zeit des Baues gerade stattfinden, den grössten Nutzen zur Erreichung seines Zweckes ziehen. Hieraus ergibt sich die wichtige Regel, kein Stromregulirungs-Projekt festzustellen, wenn nicht sogleich Aussicht auf Ausführung desselben vorhanden ist. Da jedoch immer eine Zeit zur Aufstellung, Prüfung und Genehmigung des Projektes erforderlich ist, und bei dem gewöhnlichen Geschäftsgange verlangt wird, dass auch die Kostenüberschläge, welche möglichst eingehalten werden müssen, vorher eingesendet werden sollen, so ist es Pflicht des Ingenieurs, hiebei schon diejenigen Veränderungen zu berücksichtigen, welche wahrscheinlich bis zur Zeit, da die Genehmigung erfolgen dürfte, besonders wenn Hochwässer in dieser Zeit einzutreten pflegen, vorkommen werden.

Sobald der Bau begonnen werden kann, oder wenigstens die Genehmigung dazu ertheilt ist, muss vor Allem dahin gewirkt werden, solchen Veränderungen, welche auf den ganzen Bauplan von Einfluss sind, sogleich durch geeignete Massregeln sicher vorzubeugen, und zwar vorzugsweise dann, wenn die beabsichtigte Stromregulirung eine solche Ausdehnung erhalten soll, dass sie in einem Jahre nicht beendigt werden kann.

Das erste, worauf der Hydrotekt Rücksicht nehmen muss, ist die Bestimmung der zweckmässigen Richtung des Flusses. Es ist keineswegs nothwendig, dass der Fluss in geraden Linien oder in allzu flachen Bögen geleitet wird, wozu auch sehr selten die Gelegenheit vorhanden sein dürfte. Man kann ohne Nachtheil für die Uferlinien beliebige Curven, ob Kreislinien oder andere Bögen wählen, nur wird man scharfe Krümmungen oder förmliche Winkel in den Uferlinien sorgfältig vermeiden müssen, weil sonst immer ein besonderer Angriff gegen das Ufer und auch Unregelmässigkeiten im Strombette entstehen würden. Ferner muss man vermeiden, entgegengesetzte Krümmungen oft wechseln zu lassen; es müssen vielmehr, so weit es geschehen kann, die Krümmungen sich auf lange Strecken fortziehen, damit sich der tiefe Stromschlauch gehörig ausbilden kann, weil sowohl die geraden Stromstrecken, besonders aber ihre Uebergänge in eine Krümmung, oder die Uebergänge einer Krümmung in eine andere, am schwersten zu reguliren und vor Verflachungen zu sichern sind. Eine Stromkrümmung hat immer eine grössere Tiefe als eine gerade Strecke. Eine gerade Stromstrecke soll immer die Tangente zur Krümmung bilden, und zwei entgegengesetzte Krümmungen müssen in ihrem Berührungspunkte eine gemeinschaftliche Tangente haben. Eine andere Rücksicht, welche man bei Bestimmung der Lage des Strombettes beobachten muss, ist, dass sich dasselbe so viel wie möglich der Strömung des Hochwassers anschliessen soll, damit durch dieses nicht jedesmal Sand- und Kiesbänke an gewissen Stellen abgesetzt werden, welche das kleinere Wasser später wieder fortzutreiben hätte.

Bei starken Verwilderungen des Stromes, namentlich wenn vielfache Arme sich gebildet haben, würde die Regulirung übermässig kostbar werden, wenn man das neue Strombett sogleich durch Einbaue vollständig einschliessen wollte. In diesem Falle muss man zuerst feststellen, welcher von den Armen den Hauptstrom aufzunehmen hat, und welche zur Verlandung gebracht werden sollen; anfänglich sind dann nur jene Bauten in Ausführung zu bringen, welche diesen ersten Zweck fördern. Hat sich sodann der Hauptstrom einigermassen ausgebildet, so nimmt man eine neue Aufnahme desselben vor, ermittelt sorgfältig alle Tiefen u. s. w., und entwirft erst dann das vollständige Projekt; denn es trifft sich meistens, dass derjenige Arm, den man wegen seiner Richtung oder anderer Eigenschaften zur Aufnahme des Stromes wählen muss, so enge und seicht ist, dass er weder für die Abführung des Wassers, noch für die Schifffahrt genügt, und man zunächst auf die Verbreiterung und Vertiefung desselben nach schon bekannter Weise hinwirken muss, wodurch man gleichzeitig die Nebenarme nach und nach zur Verlandung bringt. Findet der Hauptstrom in dem ihm angewiesenen Bette derartige Hindernisse, dass seine Kraft nicht hinreicht, sie aus dem Wege zu schaffen, so muss man ihm zu Hülfe kommen, und entweder durch mechanische Hülfsmittel das schwere Geschiebe aus seiner geschlossenen Lage bringen, dass es der Strom forttreiben kann, oder wenn dieses nicht genügt, grosse Steine unmittelbar herausnehmen oder endlich den gewachsenen Felsboden im Bette mit Pulver sprengen. Da beide Operationen sehr kostbar sind, so ist es nothwendig, sie schon beim Entwurfe des allgemeinen Regulirungsplanes entsprechend zu berücksichtigen.

§. 60.

Ein Fluss kann sowohl durch Zerstörung seiner Ufer und des anliegenden Grundeigenthums, als auch durch Ueberschwemmungen schädlich werden.

Ist die Richtung des Stromstriches und der Stromrinne eine fehlerhafte, d. i. trifft sie das Ufer, so werden hiedurch nach Massgabe der Ausbildung dieses Fehlers entweder bloss Uferabschälungen oder auch Bruchufer verursacht. Im ersten Falle genügen oft nur Uferdeckwerke, um einer weitern Abschälung der Ufer vorzubeugen, im letzteren muss man durch Einbauten den Stromstrich und die Stromrinne zu entfernen trachten.

Eine zu grosse Breite des Flusses wird fast immer Ursache grosser Verwilderungen und Ueberschwemmungen; denn sie begünstigt einerseits zu sehr die unregelmässige Richtung des Stromstriches, der Stromrinne, der ganzen Strombahn so wie die Zerstörung der Ufer, andererseits lagern sich, weil durch zu grosse Breite dem Strome Kraft benommen wird, gar zu viele Stoffe in einem solchen Bette ab, erhöhen dasselbe, und verursachen dadurch Ueberschwemmungen. Eine Beschränkung auf die Normalbreite des Stromes ist das einzige Mittel, um diesen Uebelständen dauernd abzuhelfen. Es wird hiedurch das Wasser eingeengt, dieses erhält eine grössere Geschwindigkeit und wird gezwungen, sein Bett zu vertiefen; in Folge dessen fällt die Oberfläche des Wassers, dasselbe fliesst sodann geschwinder ab und gibt keine Veranlassung mehr zu den vorerwähnten Uebelständen. Ist die neue Uferlinie, in welche der Fluss zurückgewiesen werden muss, so nahe an dem alten natürlichen Ufer, dass von diesem bis zu jener Linie Buhnen erbaut werden können, so kann man die Einengung des Flusses durch Erbauung von solchen bewirken. Ist aber der Zwischenraum zwischen dem alten und neuen Ufer so gross, dass die Buhnen eine zu grosse Länge erhalten müssten, so muss man die neue Uferlinie durch Dämme bilden, welche man entfernter als die Normalbreite beträgt, von einander stellen, und welchen man durch an ihren Fusslinien eingebaute Buhnen, deren Köpfe in der beabsichtigten Uferlinie liegen, ein Vorland, das der Fluss zwischen den Buhnen ausfüllen wird, verschaffen kann. Damit sich jedoch der rückwärtige abgesperrte Theil verlanden kann, muss der Zutritt des Hochwassers durch die Dämme (unmittelbar hinter den Buhnen) ermöglicht werden. — Welches von beiden Mitteln vorzuziehen ist, muss die Vergleichung der Kosten entscheiden. An Stellen, wo die Flussbette oft den zehnfachen Raum der Normalbreite und darüber einnehmen, kann selten ein anderes Mittel als das letztere angewendet werden. Dass, wenn es die dem Flusse zu gebende zweckmässige Richtung erlaubt, man eines der beiden Ufer nach Möglichkeit benützen, und mit Buhnen, dagegen nur das andere mit einem Damme versehen wird, versteht sich von selbst.

Für alle Bauten dieser Art erfordert die Menge und die Eigenschaft des Materials, welches ein Fluss mit sich führt, die sorgfältigste Berücksichtigung; denn die Ufer eines Flusses, welcher nur Sand und Schlamm mit sich führt, sind leicht in einem regelmässigen Zustande zu erhalten, während dies bei reissenden Flüssen, welche vieles und schweres Material mit sich fortwälzen, sehr schwierig ist. Nach jedem Hochwasser lassen letztere eine grosse Menge Material in ihrem Bette liegen, welches dann oft dem Stromstriche eine andere Richtung gibt und ihn veranlasst, die Ufer anzugreifen. Solche Flüsse sind daher unaufhörlichen Veränderungen unterworfen, und man kann sie nur dann in einem guten Zustande erhalten, wenn man ihre Ufer so viel als möglich unangreifbar und alle zu deren Schutze errichteten Bauten so stark macht, dass der Fluss eher die liegengebliebenen Steine, Sand und Kiesbänke fortzuschaffen gezwungen wird, als er die Ufer und die an denselben liegenden Bauwerke anzugreifen und zu beschädigen vermag. Die Mittel hiezu sind freilich sehr kostspielig. Fehlen sie demnach, oder ist der Werth der zu schützenden Grundstücke nicht gross genug, so baue man lieber gar nicht, oder beschränke sich an den unumgänglich nothwendigen Stellen nur auf die unentbehrlichsten Schutzbauten.

Die Art, wie man die Linth, einen sehr reissenden Fluss in der Schweiz, dessen Corrections-Beschreibung später folgt, auf eine dauerhafte Weise gebändigt hat, bietet ein merkwürdiges und in vielen Fällen nachahmungswerthes Beispiel dar.

Inseln und Sandbänke sind meistentheils eine Folge von zu grosser Breite des Strombettes, und auch oft die Wirkung der Uferabbrüche. Vergrössern sich die Inseln, so geben sie Anlass zu Uferabbrüchen und zu Flusskrümmungen. Es ist nothwendig, ihnen schon in ihrer Entstehung zu begegnen. An einem oft unbedeutenden Gegenstande, der im Flusse liegen bleibt, kann sich Sand anhäufen, der den Grund zu einer grösseren Sandbank oder zu einer Insel legt. Hat sich der Stromstrich an diesem Hindernisse noch nicht getheilt, oder der Fluss sich durch Abbrechen der Ufer noch nicht seitwärts Raum verschafft, so reicht gewöhnlich die Herausnahme jenes Gegenstandes hin, um die Sandbank in ihrem Beginne wieder

zu entfernen. Ist aber diese schon weiter fortgeschritten, oder gar bereits zu einer Insel geworden, dann sind wirksamere Mittel nothwendig. — Die Entfernung kleinerer Inseln geschieht durch Anwendung von Einbauen. Bildet ein Arm eine gefährliche Krümmung, so muss derselbe geschlossen werden; bilden jedoch beide Arme grosse und schadenbringende Krümmungen, so muss die Insel durchstochen werden, und der Strom wird sein neues Bett in der Mitte der Insel zwischen beiden Armen erhalten.

Flusskrümmungen sind sowohl immerwährende Ursachen von Uferbrüchen und andern Verwüstungen, als auch von verderblichen Ueberschwemmungen, weil in besonders engen Krümmungen leicht Eisstopfungen entstehen können, welche den Fluss in seinem Laufe hemmen. Um solche Ufer zu schützen, sind die erforderlichen Bauten aus Ursachen, die schon bei den Durchstichen erwähnt, sehr kostenverschlingend. Das einzige und auch das wohlfeilste Mittel zur Abhülfe einer Verwilderung und der allenfalls verursachten Ueberschwemmungen eines Flusses ist in den meisten Fällen, die Krümmungen zu durchstechen und den Fluss gerade zu leiten; denn die in Krümmungen ohnedies kostspieligen Schutzbauten verlangen ausserordentliche Erhaltungs- und Ausbesserungskosten.

Fehlerhafte Einmündungen kleinerer Flüsse in grössere sind, wie schon erwähnt, häufige Ursachen von Ueberschwemmungen und bilden Hindernisse für die Schifffahrt. Wie diesen zu begegnen ist, wurde schon gesagt. Es ist sehr schwer, ja fast gar nicht möglich, immer die Zusammenmündung zweier Flüsse so einzuleiten, dass sich an ihrer Vereinigung gar kein Geschiebe ablagere, besonders wenn der einmündende Fluss ein sehr reissender ist und viel und schweres Geschiebe mit sich führt. Am zweckmässigsten wird es in diesem Falle sein, dem Hauptstrome selbst an dieser Stelle eine grössere Geschwindigkeit und hiedurch eine grössere Kraft zu verschaffen, was dadurch geschehen kann, dass man ihn an jenen Stellen künstlich einengt.

Natürliche niedere Ufer sind, wo sie vorkommen, Ursachen von Ueberschwemmungen. Sind niedere Ufer eine Folge von zu grosser Breite eines Flusses, so muss durch die Beschränkung desselben auf seine Normalbreite, das Bett des Flusses vertieft werden; ist eine zu grosse Breite des Flusses aber nicht die Ursache der zu niederen Ufer, so müssen, um einer Ueberschwemmung zu begegnen, dieselben erhöht oder wohl neue künstliche Ufer durch Dämme gebildet werden. Ob zu dieser letzteren Massregel geschritten werden soll, hängt grösstentheils von dem Umstande ab, ob die Ueberschwemmungen zu der Jahreszeit eintreten, in welcher die Felder mit Früchten bedeckt sind, oder ob sie früher, nur beim Schmelzen des Schnees und bei Eisgängen stattfinden. Im ersten Falle sind gewöhnlich förmliche Eindeichungen nothwendig.

Fehlerhafte Uferbauten, besonders Deichengen, sind nur zu oft Ursache verheerender Ueberschwemmungen, Uferbrüche und anderer Verwilderungen. Solche Uferbauten erkennt man leicht aus ihren Wirkungen. Sie müssen entfernt oder in zweckmässige umgestaltet werden.

Sowohl fehlerhafte Uferbauten als auch Deichengen entstehen, wenn ohne hinlängliche Kenntniss, ohne vorhergegangene Untersuchung, entweder nach blossem Augenmasse oder nach einseitigen Ansichten Bauten ausgeführt werden, welche den Fluss in Unordnung bringen und seinen Lauf stören. Am gefährlichsten können aber fehlerhaft angelegte Flussdeiche werden. Enthalten sie Vorsprünge, welche den Lauf des Flusses hemmen, oder enge Stellen, welche Eisstopfungen veranlassen, dann sind sie um so gefährlicher, weil das hoch über die Terrainhöhe der angrenzenden Bezirke zwischen den Deichen sich erhebende Wasser des Stromes, sobald es die Dämme durchbricht, mit unwiderstehlich zerstörender Gewalt sich über die Niederungen ergiesst. Es ist schon bei den Deichen ein fürchterliches Beispiel der Folgen fehlerhafter Bauten dieser Art angegeben worden, und traurige Folgen ähnlicher Baufehler, wenn auch minder verheerend und schrecklich, hat die Geschichte des Wasserbaues unzählige Male aufzuweisen, und verkündet dadurch laut die Nothwendigkeit, dem Wasserbaue die erforderliche Aufmerksamkeit zu schenken, und ihn nur geschickten Händen anzuvertrauen.

Hier ist der Ort, um noch der *Wildbäche* zu erwähnen, die, weil sie ihr Bett immer erhöhen, meistens von Mauern eingefasst werden müssen. Diese erhalten wenigstens den dritten Theil ihrer Höhe zur Dicke und ziehen, um nöthigenfalls erhöht werden zu können, auf keiner Seite auf. So sind die Ufer der Talfer bei Botzen, der Fersina bei Trient u. dgl. versichert. Der Raum zwischen beiden Mauern, d. i. das Bett der meisten dieser Wildbäche, ist zur Stunde schon so mit Gerölle angefüllt, dass diese Bäche um viele Fusse, stellenweise sogar um einige Ruthen höher als das angrenzende Land fliessen, was auch bei grösseren Flüssen Oberitaliens stattfindet und eine sehr traurige Aussicht in die Zukunft bietet. —

Bei diesen Wildbächen kann nicht anders geholfen werden, als indem man ausserhalb des angefüllten Bettes eine dritte Mauer erbaut, und dem Wildbach zwischen dieser und der bereits stehenden Mauer ein neues Bett eröffnet.

Die Schützung der Ufer vor Abbruch ist überhaupt von weniger Belang, wenn der Fluss durch nicht werthvolles Terrain eines und desselben Besitzers fliesst, weil der Abbruch auf einem Ufer meistens durch die Verlandung an dem andern wieder aufgewogen wird, und alsdann der Besitzer also nur den geringen Verlust hat, dass die frisch verlandete Stelle eine Zeit lang keinen Ertrag abwirft. Anders ist es, wenn die Ufer verschiedenen Besitzern angehören, oder gar Theile verschiedener Staaten sind. Im Allgemeinen ist es jedes Besitzers Sache, seine Ufer und sein Eigenthum zu schützen, und der Staat hat keine Verpflichtung, das einzelne Interesse eines Privaten zu wahren, aber nur zu häufig fordert das Gesammtinteresse eine solche Betheiligung des Staates, weil durch den Abbruch der Ufer der Strom mehr und mehr verwildert und endlich ein zusammenhängender Strombau nöthig wird, wo Jahre vorher ein Uferbau ausgereicht haben würde. — Dies ist der Grund, wesshalb der Staat sich wenigstens eine specielle Oberaufsicht über die Uferbauten vorbehalten muss und die Privaten zur Unterhaltung, wohl auch zum Neubau ihrer Ufertheile im Sinne des entworfenen Flussregulirungs-Projektes anzuhalten berechtigt ist. In Fällen, wo die Kosten dieser Unterhaltungen oder Neubauten im Verhältniss zu dem zu schützenden Objekte sehr hoch ausfallen, wird der Staat auch mit Geldmitteln eintreten müssen, um sich vor schwereren Opfern, welche spätere Strombauten erfordern würden, zu sichern.

§. 61.

Gewöhnlich werden die Stromregulirungen ausschliesslich im *Interesse der Schifffahrt* vorgenommen, und wenn auch andere Rücksichten die nächste Veranlassung dazu geben, so bleibt die Berücksichtigung des Schifffahrts-Interesses doch immer ein wichtiger Nebenzweck unter andern Hauptrücksichten. Die vorzüglichsten Bedingungen für die Schiffbarkeit eines Flusses sind: ein hinlänglich geräumiges, tiefes und von allen Gefahren für Schiffe freies Flussbett, keine zu grossen und zu scharfen Krümmungen des Stromes, bequeme und sichere Ziehwege, und eine nicht zu grosse Geschwindigkeit.

Von welcher Grenze *ein Fluss schiffbar genannt werden kann,* ist sehr relativ. Für kleinere Fahrzeuge kann ein Fluss allerdings ganz gut schiffbar sein, ohne dass ihn die grösseren Fahrzeuge eines andern Flusses befahren können, für welche er alsdann unschiffbar ist.

Ein grösseres und tiefer tauchendes Schiff kann man viel wohlfeiler transportiren als ein kleineres, wesshalb man bei der Schiffbarkeit eines Flusses hauptsächlich darauf sehen muss, den Gebrauch möglichst grosser und tief gehender Schiffe zu befördern. Die kleinsten Schiffe, welche man für den Handel zu bauen pflegt, haben eine Breite von 6 ½ bis 7 Fuss und eine geringste Länge von 33 Fuss, welche sich bis auf 60 Fuss steigern kann, und fassen mindestens eine Ladung von 140 Centner, wobei sie gegen 2 Fuss tief tauchen.

Obwohl im Allgemeinen sehr schwer zu bestimmen ist, welche die geringste Ladung sei, bei der die Schifffahrt noch hinlängliche Vortheile gewährt, so scheinen doch die angegebenen Masse die äusserste Grenze bezüglich der Grösse der Schiffe zu sein, bei welchen sich ein Vortheil für den Flusstransport im Vergleiche gegen die Landfracht mit Berücksichtigung aller Nebenumstände im Allgemeinen herausstellt, obgleich an Flüssen von sehr kleiner Geschwindigkeit Kähne, welche mit nur 60 Centner beladen sind, von zwei Menschen fortgezogen werden, und jedenfalls auch den Vortheil gewähren müssen, die Eigenthümer derselben zu ernähren. — Auf grösseren Flüssen haben die Schiffe eine Breite bis zu 23 und 24 Fuss, eine Länge bis zu 220 und 230 Fuss, und einen Tiefgang von 2 bis 3, und bei ganz grossen Flüssen von 4 bis 4 ½ Fuss.

Ein Fluss kann nun als schiffbar betrachtet werden, wenn sein Bett wenigstens viermal breiter als jene Schiffe, mit welchen er befahren werden soll, und seine geringste Tiefe in dieser geforderten Breite um ein Drittel grösser als der Tiefgang der Fahrzeuge ist.

Ein Nebenzweig der Schifffahrt ist die *Flossfahrt;* es ist für dieselbe eine Tiefe von 16 bis 18 Zoll, und eine Breite von 12 Fuss hinreichend, wobei es gleichgültig, ob das Wasser immer einen regelmässigen Lauf habe, oder ob es von Zeit zu Zeit aufgestaut wird, wie dies bei einigen Flüssen der Fall ist. Da die Flossfahrt nie flussaufwärts stattfinden kann, so wird sie durch eine grosse Geschwindigkeit nicht nur nicht verhindert, sondern im Gegentheile beschleunigt und erleichtert.

Die im Vorhergehenden angeführten Ursachen der Ueberschwemmungen und Uferbeschädigungen sind grösstentheils auch Hindernisse der Schifffahrt.

Was zu deren Verhütung angeführt worden ist, gehört auch zum Theile hierher, und es soll hier nur das erwähnt werden, was speciell die Regulirung der Flüsse zur Erlangung ihrer Schiffbarkeit betrifft.

Befinden sich *hervorragende Steinblöcke*, Felsriffe u. s. w. im Flussbette, welche sich durch Aufräumen, Sprengen u. s. w. beseitigen lassen, so ist allerdings hiedurch eine dauernde Verbesserung der Stromrinne zu erwarten. Es bleibt jedoch dabei zu beachten, dass nach Beseitigung eines solchen grösseren Hindernisses, der Wasserspiegel oberhalb, da das Wasser früher gestaut war, sich um etwas senken wird, welches daher nur in dem Masse erfolgen darf, als noch eine genügende Fahrtiefe für die Schiffe verbleibt. In der Alle wurden zu Ende des vorigen Jahrhunderts sehr grosse Steinriffe von Granitblöcken durch Sprengen beseitigt, und dadurch eine fahrbare Rinne eröffnet, wobei sich aber der Wasserspiegel so senkte, dass bei niedrigem Wasserstande von Neuem andere, früher tiefer gelegene und nicht hinderlich gewesene Blöcke, der Schifffahrt Hindernisse darboten.

Bei Untiefen kommt es darauf an, ob die Verflachung aus Geschieben besteht, die der Strom gewöhnlich mit sich führt; in diesem Falle wird eine Aufräumung keine dauernde Vertiefung ergeben, wenn nicht gleichzeitig die Ursache, welche die Ablagerung an dieser Stelle herbeiführt, beseitiget wird. Bei stehendem Wasser, wo die Ursache zur Bildung der Untiefen fehlt, sind Baggerungen von nachhaltigem Erfolge. Eine Vertiefung des Strombettes muss aber durch die Kraft des Stromes selbst bewirkt werden, indem man den Fluss durch neue Ufer einschränkt, und eine Vergrösserung der Geschwindigkeit erlangt, welche die mitgeführten Geschiebe nicht zur Ablagerung kommen lässt, sondern weiter fortführt. Bei Hochwasser nimmt dann der Fluss die in seinem Bereiche befindlichen Geschiebe, welche der vergrösserten Geschwindigkelt nicht widerstehen können, auf, und führt sie in der Richtung seiner grössten Strömung mit sich fort; er lagert sie aber wieder da, wo sich seine Strömung verringert, ab, und bringt, wenn an solchen Stellen nicht genug Tiefe für die Schifffahrt vorhanden ist, für diese gefährliche Untiefen hervor.

Es frägt sich nun, *welches Gefälle darf ein schiffbarer Fluss* ohne Gefahr für die Schifffahrt *haben?* Eine strenge Beantwortung dieser Frage ist durchaus unmöglich, indem die Art des Schifffahrtbetriebes, sowie locale Verhältnisse, und besonders der Wasserreichthum des Stromes dabei sehr in Betracht kommen. Bei noch nicht regulirten Strömen findet die Schifffahrt, wenn auch mit einigen Beschwerden, z. B. verstärkter Vorspann, langsamerem und vorsichtigerem Fahren, bei einem Gefälle von 1 : 600 auch 1 : 500 statt; bei regulirten Strömen soll jedoch das Gefälle, und zwar nur auf kurze Strecken, wenn überall die erforderliche Wassertiefe vorhanden und der Fahrweg nicht scharf gekrümmt ist, nie mehr als 1 : 800 betragen. Auf grösseren Strecken wäre auch dieses zu viel und man gibt gewöhnlich nur 1 : 1400 bis 1 : 1800. Bei einem Gefälle von 1 : 2000 kann die Bergfahrt in sehr günstigem Falle mit Hülfe der Segel ohne Pferdezug ermöglicht werden, und bei einem Gefälle von 1 : 10000, wo die Geschwindigkeit nur sehr geringe ist, kann die Segelschifffahrt vollkommen ausgeübt werden.

Nach Wiebeking's Angaben wird bei einer Geschwindigkeit von 7 Fuss als letzte Grenze, sich bei der Bergfahrt der Flusstransport gegenüber der Landfracht noch als vortheilhaft herausstellen.

Im Allgemeinen ist das Segel bei Flussschiffen nur ein untergeordnetes Hülfsmittel zur Bewegung. Für die Thalfahrt gibt der Strom selbst die bewegende Kraft, die Richtung wird dem Schiffe mit dem Steuer gegeben. An denjenigen Stellen, wo das Gefälle sehr gering ist und die Kraft des Stromes zur Bewegung nicht mehr hinreicht, hilft man sich entweder durch Fortschieben mittels Stangen, oder auch durch vorgespannte Menschen oder Pferde.

Bei der Bergfahrt wird das Segel häufiger benützt, als bei der Thalfahrt; doch nur bei günstigem Winde und mässiger Strömung genügt es allein zum Forttreiben des Schiffes stromaufwärts. Gewöhnlich sind vorgespannte Pferde die bewegende Kraft, wozu aber ein bequemer Leinpfad bestehen muss, da, wo dieser fehlt, kein anderes Mittel bleibt, als das Fortschieben mit Stangen, oder das Ziehen an einer Leine durch Menschen, welches beides sehr beschwerlich ist. Hat hingegen ein Strom eine beträchtliche Tiefe, und werden die Schiffe durch Dampf-Schleppschiffe (Remorqueur) stromauf geschleppt, dann kann die Anlage eines Leinpfades unterbleiben. Die Dampfboote haben ausser dem viel schnelleren Fahren noch den Vortheil, dass sie bei einem höheren Wasserstande, wenn der vorhandene Leinpfad unter Wasser ist, noch fahren können.

Ein Pferd, welches im Schritte geht, zieht im stehenden Wasser eine Last von 1200 Centner. Beträgt die Geschwindigkeit des Wassers 3 Fuss, so zieht es nur 300 Centner, und steigt die Geschwin-

digkeit auf 9 bis 9½ Fuss, so zieht es nur 76 Centner. Ein Mensch würde im stehenden Wasser 120 Centner, bei 3 Fuss Geschwindigkeit höchstens 35 Centner, und bei 9½ Fuss Geschwindigkeit 8 Centner ziehen können.

Das starke Gefälle, welches ein Fluss durch einen grossen Theil seiner Länge hat, welches wie schon erwähnt, der Schifffahrt hinderlich ist, kann dadurch unschädlich gemacht werden, dass man dasselbe an einzelnen Stellen stark concentrirt, d. i. unterhalb einer Stromschnelle ein Wehr erbaut. Dieses hebt nicht nur die starke Strömung auf, sondern es kann hiedurch noch der Vortheil einer grösseren Wassertiefe, wo diese mangelt, erreicht werden. Für den Durchgang der Schiffe wird alsdann eine Kammerschleusse zu erbauen sein, worüber das Nöthige später an passender Stelle gesagt werden wird. Solche Anordnungen von Wehren und Schleusen, welche sich auf die eigentliche Stromregulirung nicht beziehen, vermehren die Anlage- und Erhaltungskosten sehr, und verursachen bei dem Durchgang der Schiffe grossen Aufenthalt, welcher immer, besonders aber bei Flüssen, die sehr wasserarm sind, und nur dann befahren werden, wenn sie bei starkem Regen anschwellen, auch oft sehr nachtheilig ist. In solchem Falle, und wenn grosse Gefälle nur an einzelnen Stellen vorkommen, dürfte es angemessener erscheinen, keine Wehre und Schleusen zu erbauen, sondern ohne Benützung von solchen, nur durch eine entsprechende Regulirung die Schifffahrt zu sichern.

Wenn aber ein starkes Gefälle auf einer nicht allzulangen Strecke vorhanden ist, so lässt sich dieses auf eine grössere Strecke vertheilen, indem man den Fluss oberhalb und unterhalb der Stromschnelle auf eine entsprechende Länge einschränkt, wodurch die Geschwindigkeit in der Stromschnelle vermindert, und auch für die Schifffahrt eine grössere Wassertiefe gewonnen wird. Wird eine Stromschnelle durch ein Felsenriff hervorgebracht, so kann oft das kostspielige Sprengen desselhen umgangen oder doch auf ein geringes Mass zurückgeführt werden, wenn man den Fluss unterhalb desselben so einschränkt, dass über dem Riff eine grössere Wassertiefe hervorgebracht wird.

Auch kann die Schifffahrt so bewirkt werden, dass man den Fluss in seinem ganzen natürlichen Zustande belässt, aber neben demselben einen vollständigen Kanal aushebt, und zur Ausgleichung des Gefälles Kammerschleusen in demselben erbaut. Dieses Verfahren ist sehr kostbar, gewährt aber den grossen Vortheil, dass die geringste Wassermasse zur Erhaltung der Schifffahrt genügt, was sich daher vorzugsweise für kleine Flüsse mit starkem Gefälle empfiehlt.

Ist der Strom in mehrere Arme gespalten, und sollen mit Ausnahme eines Armes, der nicht den Hauptstrom besitzt, jedoch wegen seiner Lage sich zu einem solchen ausbilden soll, die andern geschlossen werden, so ist es schwierig das Schifffahrtsinteresse zu wahren, wenn die erforderliche Tiefe in dem abzuschliessenden früheren Hauptarme ohnedies nur nothdürftig vorhanden war, und, was in solchen Fällen unvermeidlich ist, seine Tiefe sich durchaus nicht vermindern darf. Es muss sodann dem Arme des zukünftigen Hauptstromes durch kräftige Verbauungen in den andern, das nöthige Wasser zugeleitet werden, und wenn es dem ersteren stellenweise an erforderlicher Tiefe fehlt, so muss man gleichzeitig durch Baggerung eine Rinne für den Durchgang der Schiffe künstlich eröffnen, welche sich mit der Zeit verbreitern und vertiefen wird. Natürlich wird anfangs allerdings grosse Vorsicht der Schiffer, oder selbst die Anwendung von einigen Hülfsmitteln nothwendig sein, um das Schiff in die Rinne einzuführen.

Leinpfade (Ziehwege, Hufschlag), welche ein Pfad für die Pferde des Schiffzuges sind, sind ein unentbehrliches Bedürfniss für die Fahrt stromaufwärts. Sie sollen nirgends durchbrochen sein, und es müssen über Bäche, welche den Leinpfad durchschneiden, Brücken gebaut und über sumpfige Stellen ein hinlänglich fester Weg hergestellt werden. An kleinen Flüssen, welche nur mit Schiffen, von einem Pferde gezogen, befahren werden, ist für die Leinpfade eine Breite von 6 Fuss hinreichend. Für zwei neben einander gespannte Pferde braucht man aber 10 bis 12 Fuss, und wenn die Richtung, in welcher die Pferde ziehen müssen, eine schiefe ist, und überdies zwei oder mehrere Pferdepaare hinter einander angespannt werden müssen, so muss nach Umständen der Leinpfad noch breiter gemacht werden. Die Oberfläche desselben muss fest genug sein, dass sie bei nassem Wetter das Fortschreiten der Pferde nicht erschwere, und durch Ueberschwemmungen nicht leicht beschädiget werde. — Leinpfade sollen so hoch über dem Flusse liegen, dass sie von der grössten Wasserhöhe, bei welcher die Schiffe noch fahren können, nicht überschwemmt werden. — Oft werden Leinpfade, welche über den niedersten Wasserstand eine ziemliche Höhe haben, von Stützmauern getragen, was, da die Pferde nicht selten durch einen plötzlichen Ruck stark rückwärts gerissen werden

und über die Stützmauer hinabgleiten können, höchst gefährlich sein kann. Es sind desshalb solchen Stützmauern Böschungen, welche an der dem Angriffe des Flusses ausgesetzten Stelle mit Steinen beworfen oder auch gepflastert sind, weil sie die Pferde jener Gefahr nicht aussetzen, bei weitem vorzuziehen.

Die Leinpfade sollen immer gleichlaufend mit der Richtung des Fahrwassers sein, oder wenn dies überall durchzuführen nicht möglich ist, so soll die Abweichung hievon keine zu bedeutende sein, weil sonst eine zu schiefe Richtung des Zuges erfolgen würde. Die Zugleine, welche immer am Maste des Schiffes so befestigt sein muss, dass sie nicht in das Wasser eintaucht, darf nicht zu kurz sein, weil auch in diesem Falle ein schräger Zug ausgeübt und dadurch der Transport erschwert würde.

Die Entfernung der Leinpfade vom Ufer darf nicht zu gross sein, indem sonst mehrere Uebelstände für die Schifffahrt hervorgehen würden. Für grössere Ströme ist eine grössere Entfernung als für kleinere Flüsse zulässig, und je mehr die Richtung des Leinpfades mit der des Fahrwassers convergirt, desto grösser kann die Entfernung desselben vom Ufer sein, jedoch je heftiger die Strömung und je enger das Fahrwasser sind, um so nachtheiliger ist eine solche grössere Entfernung. Man muss schon bei Entwerfung des Stromregulirungs-Projektes die Lage des Leinpfades nie unberücksichtigt lassen, und selbst mit Aufopferung mancher anderer bedeutender Vortheile sich immer bemühen, das Fahrwasser möglichst nahe an den Leinpfad zu bringen.

Hie und da ist man gezwungen, wenn der Höhenunterschied des Wassers bedeutend ist, die Ufer jedoch sehr flach sind, zwei Leinpfade herzustellen, und zwar einen dicht neben dem Flussbette des kleinsten Wassers, der nur von diesem benützt wird, und einen andern in einer entsprechenden Entfernung für ein höheres Wasser.

Auf grösseren Strömen verlangt die Schifffahrt gewöhnlich in der Nähe grosser Städte an passenden Stellen *Anlandungsplätze* und *Hafenbassins* mit den nöthigen *Lagerräumen.* Sie verlangen eine freie, die Schifffahrt nicht beirrende Lage, bequeme Zufuhr, und tiefes, aber möglichst ruhiges Wasser.

Aus dem Gesagten ergibt sich, dass man durch die Stromregulirung durchaus nicht jeden beliebigen Erfolg herbeiführen kann, sondern dass die Natur des Flusses, die Verhältnisse des Bettes, die Vertheilung des Gefälles, die Wassermenge, sowie die Anlagskosten oft enge Gränzen bedingen und am sichersten die zweckmässigste Art der Regulirung der Ströme und des Schifffahrtsbetriebes bestimmen.

§. 62.

In grösseren Städten, durch welche selbst nur grössere Bäche oder kleinere Flüsse fliessen, werden Rectificationen manchmal nur zum Zwecke der Fortschwemmung des Cloakenunraths vorgenommen. Diese erfordern unbedingt, dass man mit dem Wasser geize, keine, auch nicht die allermindeste Abzapfung durch Mühlgräben u. s. w. dulde, die bestehenden Nebenabzüge sogleich kassire und den Strom so einenge, dass er zur Zeit des niedersten Wasserstandes in einem möglichst schmalen und möglichst tiefen Gerinne fliesse, indem eine breite Wasserspiegelfläche die Verdunstung begünstiget, während ein zweckmässig entsprechendes Profil, bei demselben Gefälle, die Geschwindigkeit und folglich die Kraft des Wassers vermehrt, und den Fluss in Stand setzt, sein Bett immer rein zu erhalten. Derlei Gewässer sollen eigentlich dreierlei Flussbette haben.

a. Eines für das kleinste Wasser, welches dem im §. 22 erklärten, zweckmässigsten Stromprofile ähnlich ist und sorgfältig glatte Ufer besitzt, damit der träge sich fortwälzende Unrath möglichst geringe Ursache zu einem Aufenthalt finde.

b. Ein zweites Profil für das Mittelwasser mit sanft ansteigenden, wenn möglich gepflasterten oder doch wenigstens mit Rasen belegten, aber keineswegs mit Strauchwerk bewachsenen Ufern, und endlich

c. ein geräumiges Profil für das Hochwasser. — Hat der Fluss nur zwei Wasserstände, nämlich den niedersten und den höchsten, so genügen auch zwei Bette. Können die Ufer, um die Sonnenstrahlen abzuhalten, mit hochwachsenden Bäumen eng bepflanzt werden, so ist dieses jedenfalls vortheilhaft. Die in den Fluss sich ergiessenden Ableitungskanäle müssen möglichst schief einmünden und so tief gehalten werden, dass ihre Sohle von dem niedersten Wasserspiegel immer überronnen bleibt.

§. 63.

Als Schluss dieser allgemeinen Bemerkungen über die Regulirung der Ströme, soll die Reihenfolge der Bauten an einem Beispiele gezeigt, sowie auch die Regulirung einzelner Stromstrecken, wovon die ersteren aus Hagens Wasserbau entnommen sind, besprochen werden.

Die Fig. 123, Taf. XV zeigt eine fehlerhafte Flussstrecke und man setzt die Absicht voraus, sämmtliche Bauten ohne Unterbrechung in einem Sommer auszuführen. Es würde hier am entsprechendsten sein, noch vor Erbauung jener Werke, welche den Strom in den linken Arm drängen sollen, durch Herstellung eines Deckwerkes am linken Ufer bei a dem Uferbruche zu begegnen, und gleichzeitig das Weidengesträuche auf der Insel bis zur künftigen Uferlinie auszuroden. Sodann sind die drei oberen mit b bezeichneten Buhnen anzulegen, wodurch die Veranlassung aufgehoben wird, welche den Strom in den rechten Arm vorzugsweise hineindrängt. Diese Bauten werden die Regulirung einigermassen einleiten, sonst aber keine wesentlichen Veränderungen herbeiführen. Nun muss der rechte Arm, welcher der bisherige Schifffahrtsweg gewesen, geschlossen werden, was durch die Coupirung c geshieht; gleichzeitig jedoch muss die Ausbaggerung einer Rinne d e in der Sandbank vorgenommen werden, um die Schifffahrt nicht zu hemmen. Es bildet sich nunmehr eine viel stärkere Strömung in diesem Arme, und es müssen sogleich die Buhnen f ausgeführt werden. Ist dieses geschehen, so muss man beobachten, ob der Strom unterhalb der Insel sich mehr dem rechten oder dem linken Ufer nähere, und es wird davon abhängen, ob man zuerst die Buhnen g oder die gegenüber liegenden h erbaut; die mit i bezeichneten können zuletzt ausgeführt werden.

Ist keine Aussicht vorhanden, den Bau in einem Jahre zu vollenden, so wird dennoch die Reihenfolge der angegebenen Bauten für dieses Beispiel unverändert bleiben. Die Deckung des Ufers bei a, die Ausrodung des Weidengesträuches auf der Insel, sowie die Erbauung der Buhnen bei b sollen jedenfalls im ersten Jahre zur Ausführung kommen. Auch wäre es gut, wenn die Coupirung c im ersten Jahre in geringer Höhe, noch unter dem kleinsten Wasser, hergestellt und im folgenden Jahre mit den andern Arbeiten erst auf die volle Höhe gebracht werden würde. Wenn dies jedoch nicht geschehen kann, so wird diese Conpirung erst im nächsten Jahre begonnen, und alle anderen Arbeiten werden in derselben Weise fortgesetzt, wie sie früher angegeben wurden. — Die Buhnen i, sowie auch deren andere einzelne, welche nicht vom Strome getroffen werden können, werden natürlicher Weise viel schwächer hergestellt, als jene, welche einem starken Strome zu widerstehen haben.

Tafel XVII, Fig. 125 zeigt eine Stromstrecke, welche bei kleinem Wasser für die Schifffahrt sehr gefährlich gewesen, indem eine Felsbank durch das Bett strich und eine starke Stromschnelle bildete, wesshalb bei kleinem Wasser wegen geringer Tiefe die Schifffahrt ganz unterbrochen werden musste, bei grösserem Wasserstande aber sehr häufig Unglücksfälle vorkamen. Nachdem man die Ueberzeugung gewonnen hatte, dass der gewachsene Felsen unter dem rechten flachen Ufer noch höher als im Strombette lag, und eine Verlegung des Letzteren oder ein Durchstich nicht günstigere Verhältnisse erwarten liess, so machte man den Anfang damit, die bisherige Schifffahrtsrinne dnrch Aussprengen zu verbreitern und ihr die erforderliche Tiefe zu geben, während durch die Anlage von drei Buhnen am linken Ufer oberhalb der Felsbank, der Strom gehörig in diese Rinne hineingewiesen wurde. Die Sprengungsarbeiten konnten jedoch wegen häufiger Unterbrechungen durch die Schifffahrt, nur langsam fortschreiten, daher blieb diese Stelle hinter den andern Regulirungsarbeiten an demselben Strome zurück, und weil die Strömung in einer tiefen Rinne zwischen Klippen, welche zum Durchfahren der Schiffe benützt wurde, das Herabfahren der Schiffe sehr gefährlich machte, und sie gegen das linke Ufer und gegen die davor liegenden Klippen trieb, entschloss man sich zur Anlage eines Parallelwerkes längs der linken Seite der Fahrrinne, so weit diese concav ist mit gehörigen Anschlüssen an das Ufer, und zur Erzielung einer grösseren Wassertiefe, zur Einbauung einer Anzahl von Buhnen, welche den Strom verengten und in die Höhe trieben. Der Erfolg war ein günstiger.

Ein anderes auffallendes Beispiel ist Taf. XVII, in der Fig. 126 dargestellt. In einen Fluss mündet an einer flachen Krümmung, auf der concaven Seite, ein Bach mit starkem Gefälle, der viel Geschiebe ablagert, welches den Thalweg des Flusses auf die andere Seite dränget, ein. Das Bett des Flusses wurde so verengt, dass bei kleinem Wasser eine förmliche Stromschnelle sich bildete, welche für die Bergfahrt sehr beschwerlich, und für die Thalfahrt nicht ohne Gefahr war. Die Mündung des Baches war bei kleinem Wasser stromaufwärts gerichtet, weil das vorzugsweise bei hohem Wasser herabkommende Geschiebe sich auf der unteren Seite, d. i. in der Richtung der alsdann stromabwärts stattfindenden Strömung, abgelagert hatte. Bei Regulirung dieser Stelle kam es besonders darauf an, dem Bache eine gehörige Mündung zu geben, damit das Geschiebe, sobald es in das Strombett tritt, sogleich vom Strome gefasst und fortgeführt würde. Es wurde hiezu dem

Bache ein neues stromabwärts gerichtetes Bett eröffnet, und das aus demselben ausgehobene schwere Material zur Bildung eines Dammes benützt, der ein Separationswerk zwischen Strom und Bach darstellt, damit die Verschüttung des ersteren verhindert werde. Auf der andern Seite des Stromes wurde die Bucht durch einige Buhnen verbaut, welche sehr bald einen starken Angriff auf die Kiesbank verursachten, so dass das Strombett in kurzer Zeit sich ansehnlich verbreitete, und die heftige Strömung aufhörte.

Die Figuren 124 a und b auf Taf. XVI zeigen endlich eine Strecke des regulirten Weichselstromes unterhalb Thorn, und zwar zeigt die Fig. a die Situation der Strecke vor der Regulirung im Jahre 1836 und die Fig. b dieselbe Strecke nach Anlage der Regulirungsarbeiten im Jahre 1855. Theils die grossen Verwüstungen und Ueberschwemmungen, welche die Weichsel in vielen Gegenden des preusischen Staates anrichtete, theils die Beseitigung der Schifffahrtshindernisse haben die Veranlassung zur Regulirung dieses Stromes gegeben.

Gleich unterhalb Thorn erweitert sich das Thal der Weichsel bedeutend, die Höhenränder desselben treten auf beiden Seiten trichterförmig zurück und entfernen sich unterhalb Thorn schon ½ Meile von einander, welche Entfernung stromabwärts immer mehr zunimmt. Ein Deichsystem, in einer im allgemeinen der Weichsel parallelen Richtung mit einer 12 Fuss breiten, und über dem Nullpunkt des Pegels an den höheren Stellen 22 bis 25 Fuss, an den niederen Stellen aber nur 16 bis 18 Fuss hohen Krone, ist bestimmt, dieses Thal vor Ueberschwemmungen zu schützen. Alle höheren Wasserstände als 16 Fuss, welche durchaus nicht aussergewöhnlich sind, traten daher in die Niederung ein und überschwemmten sie, indem der Schutz der Deiche kein vollkommener war. Gleich unterhalb Thorn theilte sich der Strom wie die Fig. 124 a zeigt, in drei Arme. Der rechtseitige Arm lag am Fusse des Thalrandes, der linkseitige zwischen der Stronzker Kampe (Insel) und dem Ufer von Klein-Niescewken. Unterhalb der Confluenz dieser Arme spaltete sich der Strom an der Kosziniczer Kampe (Insel) und unterhalb der oberen Spitze der lezteren noch einmal, die Alt-Thorner Kampe abschneidend. Endlich lag eine Spaltung zwischen der Koszniczer und Jeroschker Kampe. In Folge dieser Unregelmässigkeit des Stromes legten sich zum grössten Nachtheile für die Schifffahrt, hohe ausgedehnte Sandfelder in den Strom. Es wurde daher hier bald zur Regulirung des Stromes geschritten. Zunächst kam es darauf an, den rechtseitigen Arm an der Ziegelei Kampe, wie den linkseitigen Arm an der Stronsker Kampe, durch Coupirungen zu schliessen, welche aufgeführt wurden. Hiernach vermehrte sich die Wassermenge im Hauptarme; auch die Strömung wurde grösser, und die Sandfelder in demselben leisteten der Strömung weniger Widerstand. Um aber den Angriffen der Ufer des Hauptstromes durch die verstärkte Strömung vorzubeugen, wurden Einschränkungswerke (Buhnen) im Hauptarme angelegt. Bald nach Ausführung jener beiden Coupirungen folgte die Anlage der Coupirungen der beiden rechtseitigen Arme zwischen der Kosziniczer Kampe und dem Deiche gegen Przisieck, sowie der Coupirung des Armes zwischen der Kosziniczer und der Jeroschker Kampe. Die Ufer des Hauptarmes wurden demnächst nothdürftig durch Einschränkungswerke — leichtere Buhnen, Schlickfänge — gegen die vermehrte Strömung geschützt, und in angemessener Höhe mit Weiden bepflanzt. Zum vollständigen Ausbau des Hauptstromes fehlt noch, wie auch aus der Zeichnung zu ersehen ist, eine grössere Anzahl von Einschränkungs-Werken, welche nach und nach zur Ausführung kommen dürften.

Das nächte Ziel für die Schifffahrt, ein zu allen Zeiten hinreichendes Fahrwasser zu schaffen, wurde erreicht. Die Erhaltung der Werke ist bei ihrer zum Theil entfernten Lage kostspielig. Die durch Einschränkungswerke nicht gesicherten Ufer werden nothdürftig durch Defensivwerke von geringen Dimensionen geschützt.

Die Geradeleitung der Linth und die Austrocknung der Thäler zwischen dem Wallenstädter und Zürcher See *).

§. 64.

Es ist dieses ein Unternehmen gewesen, welches bestimmt war, gränzenloses Elend, das sich seit einer langen Reihe von Jahren über zwei einst glückliche und blühende Thäler verbreitet hatte, zu entfernen, und welches seinen Zweck vollkommen erreichte. Die Geschicklichkeit und Sachkenntniss, mit welcher es entworfen, die Vollkommenheit, mit welcher es ausgeführt wurde, und einzelne mit glücklichem Erfolge nachgeahmte Anwendungen, machen es für den Hydrotekten besonders merkwürdig und lehrreich.

Hoch in den Gebirgen des Kanton Glarus entspringt die Linth (Glarner Linth) und fliesst, durch viele reissende, ungeheure Geschiebmassen fortwäl-

*) Pechmann's Jahrbücher der Baukunde.

zende Gebirgsbäche verstärkt, dem schönen weiten Thale zu, welches sich von Mollis und Näfels, dem Schauplatze eines von den Glarnern im Jahre 1388 erfochtenen glänzenden Sieges, bis an den Zürcher See ausdehnt. Hier öffnet sich, Taf. XVII, Fig. 127, nordwärts gegen den Wallenstädter See hin ein anderes Thal, an dessen Ende die Stadt Wesen liegt. Ein kleiner Fluss, die Maag, auch die Wesener Linth genannt, leitete vor der Ausführung des Unternehmens, welches der Gegenstand dieser Beschreibung ist, die Gewässer, die aus dem Weisstannenthal und von den um den See liegenden Bergen sich in den See ergossen, in die Glarner Linth, mit welcher sie sich unterhalb Mollis, an der sogenannten Ziegelbrücke, vereinigte.

Wie jeder Fluss, welcher mit einem grossen Gefälle aus einem engen Thale in ein weites hervortritt und in diesem an seinem Gefälle verliert, daselbst seine Geschiebe liegen lässt und sein Bett erhöht, so geschah dieses auch hier in einem sehr hohen Grade. Die Bewohner des Thales wussten sich auf keine andere Weise gegen die Folgen dieser Erhöhung zu verwahren, als dass sie die Ufer theils durch Stein- theils durch Holzbauten (dort Wuhren genannt) erhöhten. Diese Erhöhungen mussten oft wiederholt werden, weil jedes Hochwasser neue Geschiebmassen herbeiführte, und so kam es endlich, dass der grösste Theil des Linthbettes auf einem breiten, beinahe das ganze Thal durchschneidenden, unregelmässigen, um mehrere Fusse über die Thalsohle sich erhebenden Damme floss. Wie sehr das Flussbett und die Umgebungen desselben durch die Länge der Zeit sich erhoben hatten, bewies die Entdeckung von Grundmauern alter Gebäude, welche in der Gegend der Ziegelbrücke 12 Fuss unter dem gewöhnlichen Wasserstande lagen; weiter abwärts in der Gegend des oberen Buchberges entdeckte man alten 10 Fuss tief liegenden Waldboden, mit vielen abgehauenen Baumstämmen, und einen an der Windecke sogar 16 Fuss unter der Oberfläche festgewurzelten Baumstamm. — Sobald ein Hochwasser eintrat, durchbrach der Fluss beinahe immer da und dort seine niedrigen, von den Thalbewohnern vergebens befestigten Ufer, und stürzte sich verheerend in die Ebene. Auf diese Weise wurde das Thal theils allmählig in Sumpf und Moor verwandelt, theils mit Sand und Kies überschüttet.

Die Beschränkung der Alpenwirthschaft, eine der wichtigsten Hilfsquellen dieser Gegend, war eine unmittelbare Folge dieser Verheerungen; denn mögen die Alpen noch so ausgedehnt und fruchtbar sein, so können dennoch ihre Besitzer nicht mehr Vieh darauf ernähren, als sie im Thale zu überwintern vermögen, dessen Grundstücke, die allein das Winterfutter geben, auch die Grösse und Ausdehnung der Viehwirthschaft bestimmen oder beschränken müssen. Es musste sich demnach die Anzahl des Viehes in dem Masse immer vermindern, als der Umfang und der Ertrag der zur Erzeugung des Winterfutters brauchbaren Grundstücke abnahm.

Die traurigsten Wirkungen aber brachte diese Erhöhung des Flussbettes in dem Thale hervor, welches sich von der Linth bis an den Wallenstädter See ausdehnt, und in der Ebene, welche das obere Ende des Sees begränzt und die Stadt Wallenstadt umgibt. Die Maag, welche die Gewässer des Sees in die Glarner Linth leitete, verlor nach und nach ihr Gefälle, bis am Ende die Linth durch die Maag ihre Hochwässer statt dem Zürcher- dem Wallensee selbst zuführte. Eine allgemeine Versumpfung der ganzen Ebene zwischen Wesen und der Linth, und der Gegenden um Wallenstadt, war die unvermeidliche Folge dieses gehemmten Abflusses, welcher Zustand soweit fortschritt, dass die Ebene zum Theil mit Wasser bedeckt wurde und dadurch dem See anzugehören schien, dass die nieder liegenden Strassen der beiden Städte nie mehr vom Wasser befreit wurden, die Keller damit angefüllt blieben, und allmählig die unbewohnbar gewordenen unteren Stockwerke der Häuser verlassen werden mussten. Dieser fürchterliche Zustand hatte auch traurige Wirkungen auf den Gesundheitszustand der Einwohner; dieselben hatten allgemein ein sehr kränkliches Aussehen, die Kinder waren in einem erbärmlichen Zustande, der häufig in Blödsinn überging, und die gefährlichen Fieber, welche sich nicht mehr auf diese Thäler beschränkten, sondern über das ganze Linththal, über die Ufer des Zürcher Sees, ja selbst über die nahen Berggemeinden sich ausdehnten, waren epidemisch geworden.

Eine schleunige Abhülfe war hier um so nöthiger, als das Uebel immer fortschritt. Schon im Jahre 1784 hatte Hauptmann Lanz von Bern den Vorschlag gemacht, die Linth in den Wallensee zu leiten, wo sie ihr Geschiebe niederlegen, und dann von diesem befreit, durch die Maag an der Ziegelbrücke wieder in ihr eigenes Bett zurückkehren sollte. Es ist unbekannt, warum damals dieser Vorschlag nicht ausgeführt wurde. Das aber immer mehr zunehmende Elend der Bewohner dieser Thäler bewog endlich im Jahre 1804 die Tagsatzung der schweizerischen Eidgenossenschaft, die Austrocknung der

Sümpfe am Wallensee und an der Linth zu beschliesen. Eine Kommission, bestehend aus dem badischen Ingenieur-Hauptmann Tulla, dem Herrn Escher aus Zürich, den Architekten Osterried aus Bern und Schindler von Glarus, verfasste den Bauplan, welcher mit Ausnahme der Hauptidee, die dem Hauptmann Lanz von Bern gebührt, Tulla's Werk war.

Die Hauptsache des Projektes ging dahin, die Leith von der Näfelser Brücke an, längs des Wallenberges in den Wallenstädter See zu leiten, von wo sie in der gerade geleiteten Maag wieder in das eigene Flussbett der Linth an der Ziegelbrücke, welches von dort an, um einen hinlänglichen Fall zu erhalten, vertieft werden sollte, geführt, sodann in gerader Linie bis unter den oberen Buchberg, und von da nach einer mässigen Biegung wieder gerade bis zum Schlosse Grünau, endlich von dort in ihrem bisherigen Bette in den Zürcher See geführt werden sollte.

Das Nivellement der Linth, von der Ziegelbrücke bis an den Zürcher See, gab folgende Resultate, wobei, sowie bei der ganzen Regulirungsbeschreibung, das Schweizer Mass, 1 Schweizer Fuss gleich 10 Schweizer Zollen und $1.^{0537}$ Schweizer Fuss gleich einem Wiener Fuss, angenommen wurde.

	alte Flusslänge.	Fall in derselben.
Vom Zürcher See bis Grünau .	8930	$3.^{8}$
Von Grünau bis zum Ausfluss des Rieselgiessens	7450	$2.^{55}$
Vom Rieselgiessen bis zum Einflusse der Späthlinth	8122	$9.^{00}$
Von der Späthlinth bis zum Fahrhause	6419	$5.^{55}$
Vom Fahrhause bis zum Abfluss des Hängelgiessens	7087	$8.^{00}$
Vom unteren Ende des Hängelgiessens bis zum oberen Ende desselben	5154	$5.^{4}$
Vom Hängelgiessen bis zum Biltner Bach	5808	$7.^{4}$
Vom Biltner Bach bis zur Sebastianskapelle	5847	$9.^{25}$
Von der Sebastianskapelle bis zur Ziegelbrücke	7754	$13.^{00}$
Summa . . .	62571	$63.^{95}$

Es kam nun darauf an, dieses Gefälle auf die ganze Linth in ihrer neuen Flussbahn zweckmässig und möglichst gleichförmig zu vertheilen. Der niederste Stand des Wallenstädter Sees lag vor der Tieferlegung 62 Fuss über dem mittleren Wasserstande des Zürcher Sees. Sein höchster Wasserstand stieg 6 Fuss über seinen niedersten, folglich lag sein mittlerer Wasserstand 3 Fuss über seinem niedersten, und 65 Fuss über dem Mittelwasser des Zürcher Sees. Sollte der Zweck, Wesen und Wallenstadt vom Wasser zu befreien, erreicht werden, so war eine Erniederung des Wasserspiegels vom Wallenstädter See um 6 Fuss nothwendig, und er sollte folglich 59 Fuss über dem Wasserspiegel des Zürcher Sees zu liegen kommen.

Von Grünau, von wo aus die Linth in ihrem bisherigen Bette nach dem Zürcher See in einer Länge von 8930 Fuss fliessen sollte, glaubte man, den bisherigen Fall von $3.^{8}$ Fuss unverändert lassen zu müssen. Es betrug der gerade neue Lauf des Flusses von Grünau bis zum Wallenstädter See ungefähr 49000 Fuss, folglich würde man, wenn der Fall von 56 Fuss von Grünau bis zum Wallenstädter See gleichförmig auf die Länge vertheilt werden sollte, auf 1000 Fuss Länge $1.^{143}$ Fuss Gefälle erhalten. Da der Lauf der neuen Linth vom Wallenstädter See bis zur Ziegelbrücke 10000 Fuss beträgt, so würde diese Länge einen Fall von $11.^{43}$ Fuss erfordern, und da der Wallenstädter See um 6 Fuss gesenkt werden sollte, und die Maag vom See bis zur Ziegelbrücke fast gar keinen Fall besitzet, so musste der Wasserspiegel des Flusses an jener Brücke, um der Linth jenes Gefälle zu verschaffen, $17.^{43}$ Fuss oder beinahe um 18 Fuss gesenkt werden.

Es war jedoch beim Beginne der Arbeiten, so günstig sich auch Alles gestaltete, die Möglichkeit noch ungewiss, die Linth um 18 Fuss daselbst zu vertiefen, dabei war selbst im Falle der Möglichkeit kein Zweifel, dass hiezu ein längerer Zeitraum erforderlich wäre, als die dringende Nothwendigkeit einer baldigen Hülfe hiezu gestatten würde. — Man nahm daher vorläufig die mögliche Vertiefung nur zu 12 Fuss an. Dadurch blieben für das Gefälle der Maag 6 Fuss und auf 1000 Fuss nur noch $0.^{6}$ Fuss. Die nun an dieser Stelle verminderte Geschwindigkeit machte eine Erweiterung des Profils des neuen Flussbettes nothwendig.

Da man hoffte, bei der Ziegelbrücke die Sohle um weitere 6 Fuss vertiefen zu können, so hat man diese 6 Fuss Gefälle nicht, wie es sonst hätte sein müssen, auf die ganze 39000 Fuss lange Strecke von

der Ziegelbrücke bis Grünau vertheilt, sondern nur auf die oberen Kanäle bis gegen den Hängelgiessen hinab, in welchen der grösseren natürlichen Neigung wegen die Vertiefung erst eigentlich nothwendig war, und von dort an den anfangs bestimmten Fall unverändert beibehalten.

Der Kanal, welcher die Linth von der Näfelser Brücke in den Wallensee leiten sollte und nach dem in der Nähe befindlichen Orte »*Molliser Kanal*« genannt wurde, besteht aus zwei geraden Linien. An der vorspringenden Ecke des Wallenberges vereinigen sich die geraden Strecken dieses Kanals unter einem Winkel von 127 ½ Graden durch einen Kreisbogen, welcher in der Mittellinie der Wasserstrasse einen Halbmesser von 1175 Fuss erhielt. Die Einmündung in den See wurde an einer seichten Stelle ausgeführt. Der Kanal sollte die Bestimmung haben, die Geschiebe der Linth in den See zu führen; es war somit nothwendig, sein Gefälle gleichmässig zu vertheilen, damit nicht irgendwo ein Theil vom Geschiebe liegen bliebe, und es musste eine solche Grösse des Gefälles erreicht werden, dass dem Wasser hinlängliche Geschwindigkeit zum Fortschaffen des Materials verschafft werden könnte. Die Länge der Kanallinie betrug bis zum Wasserspiegel des Sees vor der Senkung 9550 Fuss, wozu jedoch die Breite des noch unter Wasser stehenden Seeufers, das nach der Senkung des Sees trocken wurde, mit 3450 Fuss gerechnet werden muss. Mithin betrug die ganze Kanallänge 13000 Fuss. Der Fall von der Näfelser Brücke bis zum See war 38 Fuss und mit den 6 Fuss, um welche der See gesenkt werden sollte, hätte dem Kanale eine Neigung von 44 Fuss gegeben werden können, wenn nicht hievon 2 Fuss hätten abgezogen werden müssen, um welche die Linth bei der Näfelser Brücke tiefer zu liegen kommen sollte. Es blieb sonach für den Molliser Kanal ein Gesammtgefälle von 42 Fuss, daher auf 1000 Fuss, $3._{23}$ Fuss oder 32 Zolle.

Der Näfelser Kanal, welcher von der Näfelser Brücke aufwärts bis zum Anfange der Correction sich hinzieht, hat eine Länge von 6000 Fuss. Es kam darauf an, das auf dieser Strecke stattfindende Gefälle so zu vertheilen, dass der Fluss in eine regelmässige, bleibende Bahn gebracht würde. Das natürliche Gefälle dieser Flussstrecke war hier viel bedeutender, als das, welches dem Molliser Kanal gegeben werden konnte, es stieg bis zu 5 Fuss auf 1000 Fuss Länge. Der Fluss war folglich hier im Stande, grössere Geschiebe fortzuwälzen als im Molliser Kanale, denn es ist gewiss, dass wenn sie dahin gelangten, dort die verminderte Geschwindigkeit des Flusses nicht mehr im Stande gewesen sein würde, dieselben weiter bis in den See fortzuschaffen, und dass dadurch eben solche schadenbringende Anhäufungen hätten entstehen müssen, wie früher. Man hat diesem Uebelstande durch stufenweise zunehmendes Gefälle und durch eben solche Verbreiterung des Bettes abgeholfen. — Auf je 1000 Fuss hatte der Molliser Kanal 32 Zolle Fall. Dem neuen nun anstossenden Flussbette oberhalb der Näfelser Brücke gab man auf die ersten 500 Fuss Länge 35 Zoll auf 1000 Fuss, in den nächsten 1000 Fuss 38 Zolle, in der folgenden 1000 Fuss langen Strecke 42 Zoll, in der nächsten gleich langen 46 Zoll, und dann unabgeändert für je gleiche Länge 50 Zoll oder 5 Fuss. Zugleich suchte man die Kraft des Wassers in den mehr geneigten Flussstrecken dadurch zu vermindern, dass man diesen durch Erweiterung ihres Bettes eine geringere Tiefe gab, weil sodann durch die verminderte Geschwindigkeit die Fähigkeit des Wassers, Geschiebe fortzurollen, vermindert wurde. Man erweiterte daher das neue Bett von der Breite von 72 Fuss, die es am Anfange des Molliser Kanals bei einem Gefälle von 32 Zollen hatte, bis dahin, wo es 5 Fuss erreichte, stufenweise bis zur Breite von 82 Fuss, und die Dämme wurden ebenso um 20 Fuss weiter von einander entfernt, als sie im Molliser Kanal von einander abstehen.

Der Lauf der Linth vom Wallensee bis *Grünau*, wo sie ihr altes Bett betritt, besteht aus geraden Linien, die durch Kreisbögen verbunden sind, deren kleinster Halbmesser 1600 Fuss beträgt.

Um die *Querschnitte der Kanäle* festzusetzen, wurden an schicklichen Stellen verschiedene Querschnitte des Flusses, und die in demselben stattfindenden Geschwindigkeiten gemessen.

Für den Molliser Kanal wählte man eine Stelle bei Mollis, wo die Linth in ein 80 Fuss breites Bett zusammengedrängt war: Hier fand man den Inhalt des Querprofils 370 □Fuss und die mittlere Geschwindigkeit $8._8$, folglich die Wassermenge 3256 Kubikfuss. Der höchste Wasserstand desselben Jahres war um 2 Fuss höher, der Querschnitt, den er ausfüllte, enthielt 528 □Fuss, die Geschwindigkeit war 9 Fuss, folglich die Wassermenge 4752 Kubikfuss. Bei einem um einen halben Fuss niederen Wasserstande als bei der frühern ersten Messung, wurde eine ähnliche an der Ziegelbrücke vorgenommen, und eine Wassermenge von 2144 Kubikfuss gefunden. Diesen Ergebnissen zufolge glaubte man, dem Molliser Kanal eine obere Breite von 72 Fuss,

eine untere Breite von 56 Fuss und eine Tiefe von 8 Fuss geben zu müssen, wodurch man einen Querschnitt von 512 □Fuss erhielt, durch welchen der Fluss, bei einer sich nach Berechnung ergebenden Geschwindigkeit (wenn er vollbördig ist) von 10 Fuss, eine Wassermenge von 5120 Kubikfuss in der Secunde fortzuführen im Stande sein würde. Für gewöhnliche Hochwässer war dieses Profil hinreichend, allein für aussergewöhnliche Hochwässer hielt man es für nothwendig, um diese Gegend vor Ueberschwemmungen sicherer zu bewahren, in Entfernungen von 25 Fuss von den Ueberborden, 7 bis 8 Fuss hohe Dämme, mit 6 bis 8 Fuss Kronenbreite, welche auf der inneren Seite zwei, auf der äusseren 1½fache Höhe zur Anlage hatten, zu bauen, wodurch bei vorausgesetzter Geschwindigkeit von 10 Fuss, das Profil fähig wurde, eine Wassermasse von 15000 Kubikfuss per Secunde abzuführen.

Da dieser Kanal sehr schnell strömendes Wasser und grosses Flussgeschiebe abzuführen bestimmt war, so mussten, um dessen Unzerstörbarkeit zu erzielen, sowohl Ufer als Sohle besonders gesichert werden. Die beiden Ufer des Kanals erhielten eine 45gradige Böschung, und wurden nebstdem, wie Taf. XVII, Fig. 128 zeigt, mit grossen Steinen verkleidet. Diese Steinverkleidung ist oben 1½, unten 5 Fuss dick, und die Sohle derselben reicht 2 Fuss unter die Sohle des Kanals. Ausserdem wurden diese Wände noch an ihrem Fusse durch ein 3 Fuss breites, aus grossen Steinen bestehendes Pflaster gegen Unterspülung gesichert. Um die Sohle des Kanals zu sichern und unverändert zu erhalten, wurden in entsprechenden Entfernungen, die sich durch die grössere oder geringere Festigkeit oder Lockerheit des Bodens bestimmten, durch die ganze Breite der Sohle des Bettes ungefähr 30 bis 50 Fuss breite Steinschwellen, welche ebenfalls aus einem Pflaster von sehr grossen Steinen bestehen, angelegt.

Der auf solche Weise ausgeführte Kanal hat später seinem Zwecke vollkommen entsprochen, und den grössten und verheerendsten Hochwässern, die oft eine Geschwindigkeit von 12 Fuss und darüber hatten, und eine ungeheure Menge grosser Geschiebmassen fortwälzen, ohne den geringsten Schaden zu leiden, widerstanden.

Für die Maag oder Wesener Linth wurde, wie wir gesehen, vorläufig ein Fall von 0.6 Fuss auf 1000 Fuss angenommen. Nach der Berechnung glaubte man dabei eine Geschwindigkeit von 4.5 Fuss annehmen zu können. Für eine Wassermasse von 9 bis 10000 Kubikfuss in der Secunde, welche man für gewöhnliche Hochwässer voraussetzt, war ein Querschnitt von 2000 □Fuss nothwendig. Man bestimmte demnach für das Flussprofil bei einer Tiefe von 8 Fuss, eine obere Breite von 266 Fuss, und eine untere von 250 Fuss. Um aber das umgebende Land vor ausserordentlichen Hochwässern zu schützen, wurden noch 6 Fuss hohe Dämme mit einem Abstande von 323 Fuss zwischen den inneren Kronenlinien erbaut. Unter der Voraussetzung, dass bei einem Wasserstande, welcher beinahe die Krone der Dämme erreichte, die Geschwindigkeit bis zu 5 Fuss in der Secunde steigen würde, konnte per Secunde eine Wassermasse von beinahe 20000 Fuss zwischen diesen Dämmen abfliessen.

Nachdem aber der Erfolg gezeigt hatte, dass die Vertiefung von 18 Fuss an der Ziegelbrücke wirklich erreichbar war, so verminderte man die obere Breite dieses Kanals bis zu 120 Fuss, musste jedoch den Abstand der Dämme, weil diese schon ausgeführt waren, belassen.

Nach ebenfalls angestellten Messungen bestimmte man die Querschnitte der Kanäle unter der Ziegelbrücke, welche eine obere Breite von 86, eine untere von 70, und eine Tiefe von 8 Fuss, folglich einen Querschnitt von 624 □Fuss erhielten. Die wahrscheinliche Geschwindigkeit nahm man zu 7 Fuss an, und erhielt daher eine Wassermenge von 4368 Kubikfuss. Zu beiden Seiten wurden aber gleichfalls 6 Fuss hohe Dämme mit einem Abstande ihrer inneren Kronenlinien von 200 Fuss erbaut, wodurch der Kanal die Fähigkeit erhielt, eine Wassermasse von 12264 Kubikfuss mit nur 7 Fuss Geschwindigkeit abzuführen. — Die Ufer dieser Kanäle bedürfen, weil sie kein Geschiebe fortzubringen haben, der Steinbekleidung nicht mehr, und sind daher nur von Erde. Auch entsprechen diese Kanäle vollkommen ihrem Zwecke und beweisen, wie wenig ein Fluss, selbst bei grosser Geschwindigkeit, seine Ufer angreift, wenn er kein Geschiebe mit sich führt.

Dieser Querschnitt wurde bis zum Grünauer Kanal beibehalten. Da das natürliche Bett des Flusses von hier ein geringes Gefälle bis zum Zürcher See hat, so wurde dasselbe, um eine grössere Wassermasse ableiten zu können, im Anfange seiner Krümmung um 10 Fuss, und bis zum Ende derselben um 20 Fuss erweitert, und diese Breite bis zum Zürcher See beibehalten.

Für die Hochwässer der Bäche, welche von den umgebenden Bergen herabkommen, wurden besondere Parallelgräben hinter den Dämmen ausgeführt, die in den Zürcher See einmünden, damit keine Geschiebe

in den Kanal gelangen. Diese letzteren werden schon vor Eintritt in die Parallelgräben durch einfach construirte (Thalsperren), steinerne Wehren, zurückgehalten.

Die Ausführung des Unternehmens zerfällt in vier Abtheilungen:

1) Die Ausführung des Näfelser und Molliser Kanals;

2) des Kanals von Wallensee bis an die Ziegelbrücke;

3) von der Ziegelbrücke bis an den oberen Buchberg;

4) vom oberen Buchberg bis in den Zürcher See.

Am interessantesten war die Ausführung der Kanalstrecke von der Ziegelbrücke abwärts, welche allein hier näher beschrieben werden soll. Hinsichtlich der Ausführung der übrigen Kanäle wird nur bemerkt, dass man wohl in der Hauptsache die Profile durch künstliche Abgrabungen und Anschüttungen herstellte, aber auch überall, wo es anging, die Kraft des Wassers benützte, um die gewünschten Erfolge zu erzielen, indem man theils da, wo die Linth eine ganz neue Bahn erhalten musste, ein Bett, so tief als es das zudringende Wasser erlaubte, ausgrub, und die weitere Vertiefung ihr selbst übertrug, theils indem man sie durch beschränkende Uferbauten auf einen schmalen Raum, die Normalbreite, zusammendrängte und ihr dadurch hinlängliche Kraft ertheilte, die von ihr zurückgelassenen Sand- und Kiesbänke zu durchgraben und fortzuführen.

Es wurde sogleich bei der Inangriffnahme des Unternehmens im Jahre 1807, von der Ziegelbrücke abwärts, ein 54 Fuss breiter Kanal ausgegraben, welcher mit einer Länge von 2500 Fuss sich der Stelle näherte, wo der Linthlauf eine kleine Biegung um die mittlere Windecke macht und das alte Flussbett wieder erreicht. — Taf. XVII, Fig. 129 stellt diese Strecke in einem grösseren Massstabe dar. — Es gelang, diesen Kanal an jenen Stellen, wo er durch feste Lehmerde geführt werden musste, um 3 bis 4 Fuss tiefer, als der damalige niederste Wasserstand der Linth war, auszugraben, indem man ihn als einzelne, durch möglichst schmale Zwischenräume von einander getrennte Gruben aushob, in welchen man des zudringenden Wassers leicht Meister werden konnte. Diese dünnen Wände konnten, als die Linth in den Kanal geleitet war, leicht durchstochen und niedergerissen werden. Mit der ausgegrabenen Erde wurden auf beiden Seiten die Dämme aufgeführt, um bei eintretendem Hochwasser die Wassermenge zusammengedrängt zu erhalten, und deren volle Wirksamkeit für die Vertiefung und Erweiterung des Flussbettes anzuwenden. Einige Schwierigkeit verursachten bei dieser Bildung des neuen Flussbettes die verschiedenen kleinen Bachbette und Nebenrinnen, von welchen es durchschnitten war. Man verbaute die kleineren derselben in der Richtung der zukünftigen Normalufer der Linth mit Steindämmen von entsprechender Böschungsanlage, und die andern ausgedehnteren Uferergänzungen wurden durch Faschinenbauten gemacht. Der Raum hinter diesen Bauten wurde bis an die Dämme hin mit ausgegrabener Erde bis zur Uferhöhe ausgefüllt.

Von der mittleren Windecke abwärts musste eine 2600 Fuss lange Strecke des alten Linthbettes beibehalten werden, und es war hier nur die Aufgabe zu lösen, dieser Strecke gerade und regelmässige Ufer ohne künstliche Ausgrabung und Anschüttung zu geben, welche Strecke sodann durch die Kraft des Flusses allein vertieft werden sollte. Zu diesem Zwecke wurden hier flussaufwärts gerichtete Buhnen angewendet, die man aus Faschinen herstellte. Diese Buhnen konnten aber theils wegen Hochwasser, theils wegen Mangels an Faschinen nicht in der Ordnung und in dem Zusammenhange ausgeführt werden, dass sie sogleich ein systematisches, dem Zwecke entsprechendes Ganze gebildet hätten; man baute immer zuerst diejenigen Buhnen, welche für den Augenblick am nothwendigsten waren, ohne den zukünftigen zweckmässigen Zusammenhang des Ganzen aus den Augen zu verlieren.

Zuerst (im Herbste 1807) wurde die Buhne 1 erbaut. Sie wurde durch den am rechten Ufer strömenden Flussarm, über die daselbst gelegene Sandbank, bis an die angenommene neue Uferlinie erbaut, wo sie noch den mittleren Stromarm zur Hälfte verschloss, und sich der linksseitigen, den dritten Stromarm bildenden Sandbank näherte. Sie bewirkte binnen kurzer Zeit die Erhöhung des Flussbettes im rechtsseitigen, durch sie abgeschnittenen Arme, griff die ihrem Kopfe gegenüber liegende Sandbank an und vertiefte den mittleren Flussarm von 2 bis auf 10 Fuss. Hierauf wurde die Buhne 2 erbaut; ihre Wirkung konnte erst nach Eröffnung des Ziegelbruckkanales vollkommen erfolgen, und durfte dann um so sicherer erwartet werden, weil die unterhalb vorspringende Felsecke der mittleren Windecke, als eine sie unterstützende Buhne betrachtet werden konnte. Gegen Ende des Oktobers wurde die Buhne 3, und nach dieser gleich die Buhne 4 gebaut. Sie bewirkten bald eine Vertiefung von 12 auf 20 Fuss, und den Anfang der Verlandung in dem zwischen ihnen

liegenden Raume. Im December wurden noch die Buhnen 5 und 6 hergestellt, und noch in demselben Monate trat an die Stelle der vor diesen Buhnen liegenden, mit Gras und Gesträuche bewachsenen Insel, ein 10 bis 12 Fuss tiefer Strom, von dessen Schnelligkeit sich eine baldige, flussaufwärts reichende Vertiefung erwarten liess.

Als der zu Ende gehende Winter den Wiederanfang der Arbeiten erlaubte, wurden die Buhnen 7, 8 und 9 erbaut, um bei dem nun bald zu erwartenden Hochwasser die Vertiefung dieser Flussstrecke vollständig zu bewirken, was um so nothwendiger war, als hievon die so wichtige Vertiefung an der Ziegelbrücke grösstentheils abhing. Ein alter Bau, welcher der Buhne 8 gegenüber lag, war schon vorher nach Möglichkeit abgebrochen, und musste später, weil seine tiefliegenden Fundamente die Wirkung der Buhnen hinderten, vollständig beseitigt werden. Diese Buhnen hatten sodann in kurzer Zeit sehr gute Erfolge, am Kopfe der Buhne 8 bildete sich eine Tiefe von 20, und am Kopfe der Buhne 5 von 23 Fuss. Auch ein alter Uferbau zunächst der Ziegelbrücke musste entfernt werden, um dem Wasser der Maag den Eintritt in den Kanal zu erleichtern; dem Wasser gab man daselbst seine Richtung durch die Buhne 10.

Mit diesen Buhnenbauten im Zusammenhange, hatte man es für nothwendig gefunden, von der Ziegelbrücke abwärts, einen 5000 Fuss langen Damm längs des linken Ufers des alten Flussbettes zu erbauen, welcher noch vor dem Eintritte der Hochwässer vollendet werden musste, weil sonst die Gegend von Nieder-Urnen so lange der Ueberschwemmung, welche durch die Verengung des Flussbettes durch Buhnen noch ausserdem vermehrt wurde, hätte ausgesetzt gewesen sein können, als die Vertiefung des neuen Bettes nicht erfolgt wäre.

Damit die Vertiefung, welche den Wasserabzug aus der Maag befördern musste, bald und in hinlänglichem Grade einträte, musste die Geradeleitung sobald als möglich weiter abwärts verlängert und der sogenannte Cöllen durchgegraben werden.

Den 15. März 1809 wurde der Ziegelbrückkanal der Linth eingeräumt, und das Wasser sank dadurch in den oberen Bezirken um volle 3 Fuss. Die alte Linth wurde hierauf am unteren Ende mit einer Steinschwelle geschlossen, in welcher aber eine kleine Oeffnung gelassen wurde, um die Geschiebe darin zurückzuhalten und so ihre Ausfüllung zu befördern.

Die an den Windecken erbauten Buhnen 1, 4, 5 und 6, hatten zwar den unteren Theil der zwischen ihnen liegenden Kiesbank weggetrieben, aber da oberhalb, an der Ausmündung des Ziegelbrückkanals, der Fluss noch in das alte Linthbett ausweichen konnte, den oberen Theil dieser Bank unangegriffen gelassen. Ein vom linksseitigen Damme flussaufwärts erbauter 200 Fuss langer Steinbau ergänzte die Wirkung der Buhnen und vernichtete die Kiesbank. Oberhalb der Buhne 2 wurde der Fluss noch durch eine neue Buhne beschränkt, und von der mittleren Windecke bis zur Buhne 6 eine Art Parallelwerk von Stein erbaut. Endlich wurden zwischen den Buhnen 1 und 7, und zwischen 7 und 8 noch zwei andere ausgeführt, um die Wirkung zu vervollkommnen und sicherer zum Ziele zu gelangen.

Bis zum Sommer dieses Jahres (1809) war der Ziegelbrückkanal, bis auf die durch den Fluss selbst noch zu bewirkende Vertiefung, vollendet, die Linth längs den Windecken in einer Länge von 2600 Fuss gerade geleitet, in eine regelmässige Bahn gebracht, und ihr Wasserspiegel seit dem Jahre 1808 um ungefähr 4 Fuss gesenkt. Am sichtbarsten war die Wirkung bei den nächsten Hochwässern. Die Strasse längs den Windecken stand gewöhnlich während des Hochwassers 4 Fuss tief unter Wasser; im Sommer 1809 blieb sie trocken.

Mit so günstigem Erfolge auch die Arbeiten ausgeführt worden waren, so sollten sie dennoch nicht von Unfällen befreit bleiben, welche gewöhnlich die Begleiter eines lange dauernden Flussbaues sind, und um so weniger vermieden werden können, weil sie meistentheils die Wirkung der Elemente sind, welchen der Hydrotekt nicht gebieten kann. — Das gegenwärtige Unternehmen konnte um so weniger davon befreit bleiben, da es an einem sehr reissenden Gebirgsstrome ausgeführt wurde, der jährlich durch das Schmelzen des Schnees in den Hochgebirgen ungemein anschwillt, und dann mit einer zerstörenden unwiderstehlichen Gewalt dahinströmt. Die Schneeschmelzung des Jahres 1809 hatte in den Gebirgen der Schweiz alle Bäche und Flüsse, folglich auch die Linth, zu einer seltenen Höhe gebracht, deren Wirkungen für eine kurze Zeit Misstrauen gegen einen guten Erfolg dieses Unternehmens erregten. Dieses Hochwasser nämlich ging nicht ohne Nachtheile für die Schutzwerke vorüber. — Die Steinschwelle, welche die Geschiebe von den Kanälen unterhalb der Ziegelbrücke abhalten sollte, wurde durchbrochen, die untere Hälfte dieses Kanals mit Geschieben angefüllt, und die Dämme desselben wurden beschädigt. Die Linth durchbrach die alten

Wuhren rechts und links vor der Einmündung des noch uneröffneten Kanals, stürzte in die Ebene, überschwemmte sie, oder floss zum Theile in dem neuen Kanale und dessen Hintergraben fort, und durchbrach den zwischen beiden befindlichen Damm an zwei Stellen um so leichter, weil er wegen seines fortwährenden Einsinkens in den Moorgrund, die entsprechende Höhe noch nicht erreicht hatte.

Aehnliche Unfälle und Dammbrüche sind mehre in den Jahren 1813, 1815 und 1817 geschehen. Der rechtsseitige Damm des fertigen Molliser Kanals wurde in einer mehrere tausend Fuss langen Strecke, am 4. und 5. Juli 1817, durch ein ungewöhnlich hohes Hochwasser überströmt und sehr beschädigt, wodurch der Raum zwischen demselben und dem Wallenberge in einen See verwandelt wurde.

Dennoch war der Erfolg des ganzen Unternehmens ein sehr günstiger. Schon während des ersten Zeitraumes der Ausführung dieses Unternehmens erwies sich ein Theil der wohlthätigen Wirkung desselben; denn drei Jahre (1810) nach dessen Beginne konnten sich die Bewohner der Thalebene zwischen Nieder-Urnen und Bilten schon eifrig mit der Kultur ihrer ehemals bei Hochwasser immer überschwemmten und zum Theile versumpften Fluren beschäftigen. Auch die Bewohner von Wallenstadt und Wesen gingen, selbst bei hohem Seestande, ruhig wieder in ihren Strassen umher, welche bis zu diesem Zeitpunkte seit 50 Jahren immer mehre Fuss hoch mit Wasser bedeckt gewesen waren. Nachdem im Jahre 1811 auch der Molliser Kanal der Linth eingeräumt war, befand sich dadurch mit einem Male die ganze Ebene von Näfels bis Nieder-Urnen, vor allen bis dahin so gewöhnlichen Beschädigungen, durch die nun aus dieser Niederung entfernte Linth, auf das Vollkommenste gesichert. Ihre Bewohner hatten nun nicht mehr zu befürchten, ihre Felder nach jeder Ueberschwemmung mit fusshohem Sande bedeckt zu sehen, und sie schritten nun auch freudig zu einem sorgfältigeren gartenähnlichen Anbau derselben. Als im Jahre 1813 die Geradeleitung der Linth oberhalb Mollis vollendet war, befand sich dadurch auch dieses Thal vor allen Verheerungen bewahrt. — Von Jahr zu Jahr wurde der Zustand immer besser, bis zuletzt die volle Senkung des Wallenstädter See's um 6 Fuss, und im Jahre 1828 um 8 Fuss, also um 2 Fuss mehr erfolgt war, als man beabsichtigt hatte. Ebenso verbesserte sich auch nach und nach der Gesundheitszustand, und heute gehört diese Gegend zu den gesündesten und fruchtbarsten der ganzen Schweiz. Die Ausführung begann im Jahre 1807 und war im Jahre 1827 vollendet. Die Kosten dieses Unternehmens hatten nahe an 1,000,000 Schweizer Franken betragen.

Inhalts-Verzeichniss

der

I. Abtheilung des Wasserbaues.

Der Strombau.

Mit 127 Seiten „Text“ und XVII Tafeln „Zeichnungen“.

I. Abschnitt.

Entstehung und Bildung der Gewässer.

Seite 4 bis 16.

Von dem Kreislaufe des Wassers, Seite 4–5. — Entstehung der Quellen, Bäche, Flüsse, Ströme; — die Verdunstung
§. 1. und der atmosphärische Niederschlag; — Sättigungsgrenze der Atmosphäre bei verschiedenen Wärmegraden; — Erwärmung und Abkühlung mit Wasser gesättigter Luftmassen, Folgen davon; Kultur- und klimatische Einflüsse auf Verdunstung und atmosphärische Niederschläge (auf die Regenbildung).

Quantität der Niederschläge, Seite 5–9. — Das Messen derselben, der ***Ombrometer*** oder Udometer (Regenmesser) und Begriff der Regenhöhe; — Messen des Hagels und Schnees, S. 5; — Einflüsse auf die Regenhöhe (Regen-
§. 2. menge) eines Orts, namentlich in Folge des Höhenunterschiedes, der Jahreszeit u. s. f.; — die Feststellung der mittleren jährlichen Regenmenge S. 6; — Tabellarische Zusammenstellung gemessener Regenhöhen der verschiedensten Orte der Erde S. 7–8; — Weitere Einflüsse auf den Unterschied der Regenmengen verschiedener Orte Seite 9.

Verdunstung, Seite 9–10. — Das Messen derselben, der *Atmidometer* (Admometer); — Messungen der Verdunstung an
§. 3. verschiedenen Orten und an einem Orte zu verschiedenen Jahreszeiten S. 9; — Einfluss der Temperatur auf die Verdunstung S. 10.

Quellenbildung, Seite 10–13. — Quantitativer Unterschied zwischen der jährlichen Regenmenge und Verdunstung eines
§. 4. Orts, namentlich die Rückwirkung der Quellenbildung darauf; — Einfluss der Lagerung der Erdschichten, der chemischen und mineralischen Beschaffenheit derselben auf die Quellenbildung S. 10–11; — Wasserleitende, undurchdringliche, absorbirende Schichten; unterirdische Quellen und Quellgründe, unterirdische Bach- und Flussbette, periodisches Versiegen von Flüssen und Seen (der Cirknitzer See), unterirdische Wasserläufe, Springbrunnen,
§. 5. intermittirende Quellen S. 12–13. — Verhältniss zwischen der Wassermenge eines Flusses und den Niederschlägen im Flussgebiete S. 13.

Entstehung und Eigenschaften der fliessenden Gewässer im Allgemeinen, Seite 13–16. — Bildung der Bäche, Flüsse, Ströme, des Oceans S. 13–14; Regen-, Gletscher-, Quellen-Wild-Bäche (Torrenti), Eigenschaften derselben S. 14; — Eigenschaften der Flüsse S. 14; — Begriff von Wasserscheide, von Fluss- oder Stromgebiet,
§. 6. Grösse des letztern S. 14, 15; — Theile und besondere Bezeichnungen an einem Flusse: Lauf, Quelle, Mündung, Bett, Sohle, Uferwände u. s. f. S. 15; — Bildung der Thäler, des Thalwegs und Einflüsse der fliessenden Gewässer auf deren Gestaltung, Abbruch und Ablagerung fester Massen; Aenderung des Strombettes: Vertiefungen und Erweiterungen oder Einengungen, Verlandungen und Erhöhungen desselben S. 15, 16.

II. Abschnitt.

Die Flüsse,

Eigenschaften und Beobachtungen.

Seite 17 — 40.

Von den verschiedenen Wasserständen, Seite 17 – 21. — Hochwasser, Mittelwasser und kleinstes (niederstes)
§. 7. Wasser; der Nullpunkt S. 17; — Einflüsse auf den Wasserstand wie Jahreszeit, Trockenheit, Temperatur u. s. f. S. 17; — Beobachtungen von Hoch- und Niederwasser an verschiedenen Orten und Flüssen S. 18; — Ursachen
§. 8. augenblicklicher Anschwellung der Flüsse und deren nachhaltige Speisung S. 18; — Wichtigkeit der Wasser-
stands-Beobachtungen und Vorrichtungen zum Messen derselben: der Pegel, Einrichtung und Gebrauch desselben
§. 9. S. 18, 19; — Wassertiefe und Messung derselben: die Peilstange, das Loth zugleich als Instrument zur Messung
§. 10. der Meerestiefe S. 19–20; — Begriff des Querprofils, Veränderungen desselben, Verfahrungsarten bei dessen Aufnahme S. 20, 21.

Der Stromstrich und das Gefälle, Seite 21 – 22. — Begriff 'des Stromstrichs oder Thalwegs, allgemeine Richtung
§. 11. desselben, Wichtigkeit der Kenntniss des Thalwegs, dessen Erkennen und Aufnahme S. 21, 22; — Begriff von
§. 12. Gefälle und der Zahlen (Grössen)-Ausdruck für dasselbe, dessen Aufnahme durch Nivellement von Festpunkten S. 22; — Verschiedenheit im Gefälle eines Flusses und Einflüsse darauf; Wasserstürze und Wasserfälle S. 22.

Aufnahme der Stromkarten, Seite 22 – 25. — Aufnahme des Längenprofils, des Querprofils und Berechnung des
§. 13. Flächeninhalts des letzteren, Sondiren des Flussbettes und Messen der erdigen Theile des Wassers; die Wasser-
§. 14. spiegelbreite, Stromweite, Normalbreite und Stromenge S. 22, 23; — Entwurf und Ausführung einer Stromkarte,
§. 15, 16. Anwendung verschiedener Massstäbe: Uebersichts- oder Hauptkarten $^1/_{10000}$ bis $^1/_{5000}$, Specialkarten $^1/_2$ Linie =
§. 17, 18. 1 Klafter, Projektspläne $^1/_{216}$ S. 23, 24, 25.

Stromgeschwindigkeit, Seite 25–30. — Begriff und Bezeichnung der Stromgeschwindigkeit, deren Einflüsse auf Gestaltung der Ufer und des Bettes, auf Uferbauten insbesondere und Wasserbauwerke überhaupt S. 25; — Messen
§. 19. der Geschwindigkeit und Unterschied zwischen der Geschwindigkeit des Wassers und eines Schiffes (freischwimmenden Körpers) S. 26; — Instrumente zum Messen der Geschwindigkeit und Verfahren hiebei: die Schwimmkugel, der Cabeosche (hydrometrische) Stab, das Log, das hydrometrische Rad, der Woltman'sche (hydrometr.) Flügel S. 26–29; — Messen des Stosses des Wassers und Instrumente hiezu: die hydraulische Schnellwage, die Wasserfahne, der Stromquadrant, die Pitot'sche Röhre S. 29, 30.

Die mittlere Geschwindigkeit, S. 31–33. — Unterschied der Geschwindigkeit an verschiedenen Stellen eines Querprofils, Abnahme von der Oberfläche nach dem Boden des Bettes, der Länge nach Abnahme von der Stromrinne oder dem Stromstriche (der grössten Tiefe) nach den Seiten S. 31; Tabellarische Zusammenstellung verschiedener Geschwindigkeitsmessungen in einem und demselben Profil (im Niederrhein oberhalb der Scheidung des Ysselstromes) S. 31; — Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit der Perpendikulare, Gleichung hiefür S. 32; — Versuche und Ansichten hierüber von: Ximenes, Brünnings, Funk, Eytelwein, Prony S. 32; — Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit eines ganzen Querprofils, der Gesammtwassermenge desselben und Gleichungen hiefür S. 32; — Anwendung auf ein Rheinprofil nach Wiebeking und zwei andere Methoden zur Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit eines Profils S. 33.
§. 20.

Bewegung des Wassers in Flüssen und Canälen, S. 33–35. — Allgemeine Anwendung der Theorien für die Bewegung des Wassers in regelmässigen Gerinnen (Behältern) auf die Bewegung des Wassers in Flüssen; praktischer Werth dieser Theorien S. 33; — Unregelmässigkeiten in der Bewegung des Wassers, Einflüsse hierauf S. 33; — Die gleichförmige Bewegung und die Beziehungen zwischen Gefälle, Geschwindigkeit, Inhalt des Profils und Wassermenge, Gleichungen hiefür S. 34; — Versuche und Resultate des Ingenieurs Oberst Dubuat hier-
§. 21. über S. 34 u. 35; — Anwendung dieser Gesetze und Werthe auf die ungleichförmige Bewegung S. 35.

Das zweckmässigste Flussprofil, Seite 35 – 37. — Der Theorie nach das Poligon mit möglichst vielen Seiten oder der Halbkreis S. 36; — Für die Praxis das Trapez vom kleinsten Umfang unter Voraussetzung eines gegebenen
§. 22. Erdböschungswinkels, eines gegebenen Flächeninhalts des Profils und einer bestimmten Wassermasse; Werth-Ausdrücke und Gleichungen hiefür S. 36, 37.

Wirkung der Strömung, S. 37–40. — Anlandung oder Anhögerung, Zerstörung oder Abbruch S. 37; — Die Anlandung, Einflüsse hierauf, namentlich: der ungleichen (langsameren) Geschwindigkeit, von Inundationen, der inneren Bewegung des Wassers, des verschiedenen Gewichts des in Bewegung gesetzten Materials u. s. f. S. 37, 38;
§. 23. — Begriffe von Untiefe und Furt S. 38; — Der Abbruch und Bedingungen hiefür, sowie Erscheinungen hiebei; verschiedene Arten von Abbrüche: Uferbruch (Schartufer, Bruchufer), Uferabschälungen, Kolke; — verschiedene Ursachen: vermehrte Geschwindigkeit, Beschaffenheit des Bettes, Hochwasser, Eisgänge, Eisstopfungen u. s. f. S. 38, 39. — nachtheilige Einflüsse des Frostes und Eisstosses auf Wasserwerke S. 40.

III. Abschnitt.

Von den Stromregulirungsbauten,

den Schutz- und Uferbauten.

Seite 40 – 52.

Einleitung, Seite 41. — Wichtigkeit und Charakter der Wasserbaukunst; — Oertlicher Unterschied zwischen Ursache und §. 24. Wirkung von Stromverwüstungen; Aufgabe der Stromregulirung im Grossen; — Hauptarten von Stromregulirungswerken: defensive und offensive Werke.

Uferdeckungen, §. 25. Seite 41–42. — Strand- oder Kaimauern, Bohlwerke, Uferdossirungen, Uferbeschläge.

Strand- oder Kaimauern, Seite 42–47. — Resultate über die Theorie des Seitendrucks der Erde auf Mauern; zwei tabellarische Zusammenstellungen hierüber nach Poncelet und Hagen, S. 42 u. 43; — Weitere praktische Regeln hiefür nach Bullet, Minard, Français, englischen Ingenieuren, Sganzin, Morin S. 43; — Praktische Regeln für die Ausführung von Kaimauern, namentlich geböschter Mauern besonders in Bezug auf Parement, Verband, §. 26. Fugenrichtung, Hinterfüllung S. 44 u. 45; — Resultate für die Stärke von Futtermauern mit Strebepfeilern, Tabellen hierüber nach Belidor und Rondelet S. 45 u. 46; — Berechnung des statischen Moments einer Mauer mit Pfeilern gegenüber der Stabilität einer einfachen Mauer S. 46; — Verschiedene andere Constructionen gegen den Erddruck, namentlich von Gauthey zu Chalons sur Saone (Dechargengewölbe) S. 46, 47.

Bohlwerke, Seite 47–50. — Zweck und allgemeine Beschaffenheit von Bohlwerken, ihre Vor- und Nachtheile gegen mas- §. 27. sive Verkleidungen S. 47; — Hauptbestandtheile des Bohlwerks S. 47; — Beschaffenheit und Anwendung dieser Theile: der Pfähle, der Holme, der Verschalungen oder Bohlwände, der Spundwände, Erdanker und Ankerpfähle S. 47–50; Hinterfüllung der Bohlwände S. 48 u. 49; — eiserne Bohlwerke S. 50.

Uferdossirungen und *Uferbeschläge*, Seite 50–52. — Bestimmung der Grösse (Neigung) der Dossirungen und Ausführung §. 28. derselben S. 51; — Construction der sogenannten Uferbeschläge und Vorrichtungen zum Anbinden der Schiffe §. 29. S. 51; — Bemerkungen über Uferdeckungen, mit besonderem Bezug auf gerade, concave und convexe Uferbildungen, auf senkrechte und geböschte Ufereinfassungen S. 52.

IV. Abschnitt.

Einbaue.

Seite 53 – 83.

Einleitung, Seite 53. — Zweck der Einbaue, unterscheidendes den Uferdeckungen gegenüber; — Haupteintheilung und §. 30. Arten der Einbaue: Hauptwerke (Buhnen und Parallelwerke), Neben- oder Unterstützungswerke (Schlickfänge, Traversen, Schlickzäune u. s. w.) S. 53.

Buhnen, Seite 53–59. — Theile und Benennungen von einer Buhne S. 54; — Allgemeine Wirkungen einer Buhne und Erklärung der Erscheinungen der geänderten Strömung S. 54; — Allgemeines über die Anlage der Buhnen, §. 31. Vortheile eines Buhnensystems, Entfernung und Länge der Buhnen, Vorzüge der Buhnen mit Flügeln S. 54; — Einwirkung des Wassers, namentlich des Hochwassers auf die Buhnen und deren einzelne Theile, namentlich auf den Anschluss, auf die Krone, auf die Dossirungen S. 55; — Richtung der Buhnen gegen den Strom: declinante, inclinante und senkrechte Buhnen und deren Wirkungen S. 55 u. 56; — Grösse des Neigungswinkels nicht senkrechter Buhnen S. 56.

Gattungen der Buhnen, Seite 56–59. — Schutz-, Treib-, Fang-, Schöpf-, Trennungs- und Sperrbuhnen, und Uebereinstimmung der ersten drei Gattungen S. 56; — 1) Schutzbuhnen, Zweck und Anlage derselben S. 57; — 2) Treib- §. 32. buhnen, Bestimmung ihrer Länge, Entfernung, Richtung und Werth derselben S. 57 u. 58; — 3) Fangbuhnen, 4) Schöpfbuhnen, 5) Trennungsbuhnen, Zweck und Anlage dieser Buhnen S. 58; — 6) Sperrbuhnen, Zweck und Anlage und Unterschied zwischen denselben und den Coupirungen S. 59; Uebereinstimmung zwischen Sperr- und Schöpfbuhnen S. 59; — Einzelne Details über die Anlage der Buhnen überhaupt S. 59.

Parallelwerke, Seite 59–61. — Zweck, allgemeine Richtung und Verbindung derselben mit dem Ufer S. 59; — Wirkung der Parallelwerke auf das Fahrwasser, Vor- und Nachtheile derselben überhaupt S. 59. — Anlage und Bau der- §. 33. selben, weiteres Eingehen auf Vor- und Nachtheile, Verbesserungen der Construction und des Baues namentlich zur Erzielung von Verlandungen S. 60 u. 61.

Construction der Einbaue, Seite 61—83. — Zwei Hauptarten von Constructionen: die Steinconstructionen und der §. 34. Packwerksbau S. 61.

Stein-Constructionen, Seite 61–65. — Allgemeiner Charakter der Stein-Constructionen und die Verwendung von Stein- §. 35. schüttungen als Uferdeckungen S. 61; — Höhe der Steinschüttung und Grenze der regelmässigen Steinpackung

(des Pflasters) S. 62; — Sicherung des Fusses des Pflasters (Banket, Pfahlwand) und der Böschung (Weidenpflanzungen) besonders bei Uferdeckungen S. 61; — Besonderes Verfahren in Bezug auf die Steinschüttung, die Erhaltung des Fusses, der Böschungen, der Krone, der Verbindung mit dem Ufer beim Bau der Buhnen S. 62; — Verschiedene Profile von Steinbuhnen S. 62; — Construction der Senkkästen, Zweck, Anlage und Bau, Vor- und Nachtheile derselben und ihre gewöhnliche Verwendung als Buhnenköpfe S. 63.

§. 36. Senkfaschinen und Senkkörbe, allgemeine Beschaffenheit derselben S. 63; — Erzeugung und Anwendung von Senkfaschinen S. 63 u. 64; — Erzeugung und Anwendung von Senkkörben: parallelepipedische, dreiseitig prismatische und konische S. 64 u. 65.

Packwerksbau, Seite 65–80. — Allgemeiner Begriff und Zweck des Packwerkbaues, und Werth desselben bei Stromregu-
§. 37. lirungen S. 65. — Vor- und Nachtheile des Packwerksbaues gegenüber dem Steinbau S. 65 u. 66; — Erforder-
niss an Materialien zum Packwerksbau: 1) Gewöhnliche Faschinen, 2) Wippen oder Würste, 3) Flechtwerke,
§. 38. 4) Heftpfähle, 5) Beschwermaterial S. 66; — Zum Packwerksbau taugliche Holzarten S. 66; — 1) Gewöhnliche Faschinen, Masse und Erzeugung derselben, ihre Uebernahme und Visitation S. 67; — 2) Wippen oder Würste, Masse und Erzeugung derselben S. 67; — 3) Flechtbänder, 4) Heftpfähle, Zweck und Zurichtung derselben S. 67 u. 68; — 5) Beschwerungsmaterial, Anwendung und Auswahl S. 68.

Bildung des Packwerks aus Faschinenlagen und Beschwerungsmaterial und allgemeines Verfahren hiebei S. 68;
§. 39. — Wichtigste Rücksichten beim Bau eines Packwerks S. 68; — Bestimmung der Länge der einzelnen Lagen durch ein geometrisches und constructives Verfahren, sowohl bei regelmässiger als unregelmässiger Sohle des Flussbettes; Verfahren der reinen Praktiker hiebei, besonders mit Berücksichtigung der schwachen Wipfelenden der Faschinen S. 69; — Rücksichten auf die Comprimirung der Faschinenlagen, allmählige Belastung und letzte Beschwerung und Versenkung derselben S. 70; — Verfahren bei geneigter Flusssohle am Berührungspunkt der Faschinenlage S. 70.

§. 40. Weiteres Eingehen in das Detail des Packwerksbaues, das Verfahren beim Verbinden und Versenken der einzelnen Lagen S. 70 und folgende; — Legen der einzelnen Faschinen einer Lage, Berücksichtigung der Vor- oder Ausschusslage jeder folgenden Lage, Vermeidung der scharfen Ecken des Baues, Bereithaltung und rasche Beischaffung des Materials, Uebergang von der Ausschusslage zur Rücklage und Verfahren hiebei S. 71; — Verbindung der einzelnen Lagen in ihren Theilen durch Uebernageln der Würste oder Flechtbänder S. 71 u. 72; — Aufbringen des Beschwermaterials und allmähliges Versenken der Lagen S. 72; — Grenze des Baues durch allmählige Versenkung schwimmender Lagen und Verfahren bei weiterer Erhöhung desselben S. 72; — Mittel beim
§. 41. Legen der Faschinen gegen das Fortreissen bei heftiger Strömung: 1) Anwendung unbelaubter und trockener
Faschinen, 2) Festnaglung der Faschinen, 3) der Bock, 4) die gekreuzten Faschinen, 5) die schwebenden Lagen,
§. 42. 6) der Schwimmbaum S. 72 u. 73; — Sicherung der dem Angriff besonders ausgesetzten Theile des Packwerksbaues: der Wurzel, des Kopfes, der Krone, der Dossirungen und der Sohle S. 73–76; Anordnungen zur Verhinderung von Vertiefungen neben den Werken S. 76 u. 77; — Verfahren bei Unterbrechung des Baues durch
§. 43. Hochwasser S. 78; — Berechnung des körperlichen Inhalts der Packwerke S. 78.

§. 44, 45. Uferdeckwerke im Packwerksbau und Erzeugung und Anwendung von Senkstücken S. 79 u. 80.

Schlickfänge, Seite 80–82. — Begriff und Zweck der Schlickfänge S. 80; — Construction derselben: aus Baumstämmen,
§. 46. aus Faschinen mit dem erforderlichen Beschwerungsmaterial S. 80; — Bildung der Schlickfänge aus Steinschüttungen, aus eigens verfertigten Senkfaschinen, zuletzt in der Form von Zäunungen — Schlickzäune S. 81 u. 82.

Pflanzungen auf den Einbauen S. 82 u. 83. — Vortheile der Pflanzungen, Auswahl derselben, Anlage der
§. 47. Dossirung, allgemeines Verfahren der Anpflanzung und Arten derselben: die Einzelnpflanzung, die Reihenpflanzung und die Nester- oder Kesselpflanzung S. 82 u. 83; — Grenze der Anpflanzung in Bezug auf die Wasserstände, Höhe und Beaufsichtigung derselben S. 83.

V. Abschnitt.

Von den Deichen, Durchstichen u. s. w.

Seite 84 — 110.

Die Deiche, *ihr Zweck, ihre Anlage und Erhaltung*, Seite 84–94. — Allgemeiner Zweck der Deiche, Unterschied zwi-
schen See- und Flussdeichen S. 84; — Eintheilung der Fluss- oder Stromdeiche: Haupt- oder Winter- und
Sommerdeiche S. 84; — Zweck und Begriff von Deichverband (Polder), Marschland, Geest, Schlaf- oder Rück-
§. 48. deich, Binnendeich, offenen Eindeichungen, Aussendeich, Innendeich, Vorland, Binnenland S. 84; — Theile eines Deiches: Krone oder Kappe, äussere und rückwärtige Böschung, Sohle des Deiches S. 85; — Rückwirkung von Deichanlagen, Vor- und Nachtheile derselben S. 85.

Anlage der Deiche, Seite 85–89. — Entfernung der Deichlinien, Erwägungen bei Bestimmungen ihres Traçés und Pro-
§. 49. fils S. 85 u. 86; — Wichtigkeit eines Vorlandes vor den Deichen, Gefahr- oder Schaardeiche, nothwendige Arbeiten zur Sicherung schwacher Ufer S. 86 u. 87.

Stärke der Deiche, Breite der Krone, letztere als Fahrweg, Höhe der Deiche und Bestimmung der Böschun-
§. 50. gen, Anlage von Rampen, Ausweichplätzen S. 87; — Verfahren bei Leitung von Deichen durch alte Flussbette oder andere Niederungen S. 88; — Bau des Dammkörpers, Aufstellung der Profile, Behandlung der Anschüttung und Gewinnung der Erde hiezu, Herstellung der Dossirungen und der Krone S. 88; — Erhöhung alter Deiche, Verstärkung der Deiche im Innern durch Mauern gegen das Durchdringen von Wasser, Vorsicht und Verfahren bei Anlage der Deiche auf nachgebendem Boden (Torf) S. 89.

Erhaltung der Deiche, Seite 89–94. — Allgemeine Vorsichtsmassregeln hiebei, namentlich gegen Durchbrüche der Hochwasser, besondere Aufsicht über das Vorland und Erhaltung desselben, vorkommende Beschädigungen aller Art,
Aufsicht und Erhaltung der Krone und der Dossirungen S. 89 u. 90; — Vorübergehendes Erhöhen der Deiche gegen unerwartete Anschwellungen: das Aufkahden und die Anlage von Kahden S. 90; — Besondere Aufsicht
§. 51. und Vorsorge in Zeiten der Gefahr von Seiten der Deichbeamten und Wächter, erste Zeichen herannahender Gefahr, augenblickliche Hülfe hiebei und Verfahren gegen einen Durchbruch bei weiterem Umsichgreifen der Beschädigungen, namentlich gegen die grösste Gefahr der Hochwasser: die Beschädigung und Wegreissung des Vorlandes S. 90 u. 91.

Verfahren bei nahe bevorstehendem oder wirklich erfolgtem Durchbruch des Wassers, gewöhnliche Folgen desselben, erste Arbeiten nach dem Falle des Wassers, rasche Entfernung des Wassers aus den überschwemmten
§. 52. Niederungen, dann Herstellung der Deichanlage, Schwierigkeiten bei entstandenen Kolken, namentlich wenn die Sohle und das Vorland angegriffen sind: das Durchdeichen und Umdeichen S. 91 u. 92.

Deichanlagen an Hauptströmen, deren Ausdehnung mit Rücksicht auf die Seitenbäche und Zuflüsse S. 93; — Zweck
und Anlage von Sielen, Absperrung des Nebenflusses vom Hauptstrome durch Schützen, Anwendung, rechtzei-
§. 53. tiger Schluss und Oeffnung derselben S. 93; — Anwendung verschiedener Constructionen von Schützensielen: das Klappsiel, das Stemmthor S. 93; — Eindeichung der Nebenflüsse, Anbringen von Entwässerungs-Schleusen in den Deichen, Construction, Bau und Anwendung derselben S. 94.

Durchstiche, Seite 94–101. — Zweck und Anwendung der Durchstiche bei Flüssen mit starken und grossen Krümmungen S. 94; — Vorzüge der Durchstiche und deren Nachtheile S. 94 u. 95; — Beihülfe des Stromes (der Strömung)
§. 54. zur glücklichen und billigen Ausführung eines Durchstichs S. 95; — Länge des neuen Laufs gegenüber dem alten und Einfluss auf das Gefälle und die natürliche Ausbildung der neuen Wasserrinne S. 95 u. 96; — Arten von Durchstichen: einfache und doppelte oder zusammengesetzte S. 96.

Anlage eines Durchstichs, Seite 96–101. — Ermittlung des Traçés, der Mittellinie des Durchstichs, Erwägungen hiebei S. 96; — Bestimmung der Breite des Durchstichs, Breite der ersten künstlichen Ausschachtung des Grabens und Einfluss des Gefälles hierauf S. 96; — Richtung und Tiefe des Durchstichgrabens mit Rücksicht auf den ganzen Durchstich und verschiedene andere Mittel, dem Flusse die Arbeit anzubahnen S. 97; — Durchstechen
§. 55. des Querdammes, Zeit und Verfahren hiebei S. 98; — Arbeiten nach dem Durchstechen des Querdammes in der neuen Stromrinne S. 98; — Anwendung von Einbauen (Schöpfbuhnen) zur Erleichterung des Eintritts des Stromes in die neue Rinne S. 98 u. 99; — Verfahren bei Ausführung zusammengesetzter Durchstiche, Reihenfolge der Arbeiten, Richtung des zusammengesetzten Traçés S. 99 u. 100; — Verhinderung von Uferbrüchen durch die starke Strömung in der neuen Rinne und Anbahnung und Erscheinungen der Verlandung der alten S. 100; — Mögliche Vor- und Nachtheile der vermehrten Geschwindigkeit des Durchstichs gegenüber der alten Flusskrümmung S. 100 u. 101.

Coupirungen, Seite 101—105. — Zweck einer Coupirung und nächste Folgen derselben S. 101; — Zweckmässige Höhe einer Coupirung, Anlage derselben aus Steinmaterial S. 101; — Vertheilung des Gefälles bei starkem Wasser-
§. 56. druck durch Anlage mehrerer Coupirungen hinter einander S. 102; — Lage und Richtung einer Coupirung S. 102; — Construction der Coupirungen, deren Uebereinstimmung mit der der Buhnen; Massive Coupirungen und im Packwerksbau, auch aus Senkstücken ausgeführte S. 103; — Verfahren beim Bau einer Coupirung, eine Anordnung nach Hagen im Packwerksbau und nach Funk aus Senkstücken S. 104 u. 105.

Seitenzuflüsse und Stromspaltungen, Seite 105—110. — Verheerungen, welche gewöhnlich an der Zusammenmündung zweier Flüsse entstehen S. 105; — Wichtigste allgemeine Fragen, die sich bei der Zusammenmündung zweier Flüsse aufdringen: in Bezug auf Richtung, Stosskraft, mittlere Geschwindigkeit und Querschnitt des Bettes
§. 57. des vereinigten Stromes S. 105; — Mathematische und praktische Lösung dieser Fragen durch Entwicklung von VII. Hauptformeln S. 105, 106 u. 107; — Rückwirkung fehlerhafter Einmündungen auf die Bette der beiden Flüsse und der hiemit verbundenen Erscheinungen S. 107 u. 108; — Vorkehrungen und Mittel besonders gegen Ablagerungen an der Einmündung, Anlage von Trennungsbuhnen (Separationswerken) an dem Zusammenfluss, Anlage von Buhnen an der Einmündung in einen Hafen S. 108 u. 109.

Stromspaltungen kommen nur natürliche vor, besonders an der Einmündung in's Meer; Nachtheile derselben, Versan-
§. 58. dungen, Schwierigkeiten sie zu verhindern, allgemeine Verlandung sämmtlicher Stromarme, Ursachen S. 109.

VI. Abschnitt.

Regulirung ganzer Ströme.

Seite 110 — 127.

Allgemeine Bemerkungen über die Regulirung der Ströme und Entwurf eines Flussregulirungsplans im Allgemeinen, Seite 110—118. — Allgemeine Eigenschaften eines zweckmässig und unschädlich geleiteten, vollkommen regelmässigen Flusses S. 110; — Dreifacher Zweck der Stromregulirungen: Unschädlichkeit der Flüsse für's Land, Schiffbarmachung und Entsumpfung anliegender Ländereien S. 110; — Messungen und Betrachtungen, welche der Aufstellung eines Stromregulirungsprojektes vorangehen müssen S. 110; — Lo-

§. 59. caler Unterschied zwischen Ursache und Wirkung von Beschädigungen, desshalb Erwägung der Verhältnisse und Eigenschaften eines ganzen Flussbezirks bei Stromregulirungen S. 110 u. 111; — Eintheilung des Planes in unter einander unabhängige Bezirke, und natürliche Abgrenzung derselben S. 111; — Locale Reihenfolge der zusammengehörigen Bauten eines Bezirks S. 111; — Rücksichten in Bezug auf Zeiteintheilung und Beginn der Arbeiten nach Aufstellung des Regulirungsplans S. 111 u. 112; — Erste Massnahmen beim Beginn der Arbeiten S. 112; — Bestimmung der zweckmässigen Richtung des Flusses, Nachtheile von Krümmungen und Behandlung derselben, Anordnungen gegen Verwilderungen und vielfache Theilungen des Stromes, Bestimmung des Hauptarmes und Verlandung der andern, unterstützende Arbeiten zur Ausbildung des Hauptstromes S. 112.

§. 60. Nothwendige Bauten und Anordnungen zur Herstellung einer zweckmässigen Richtung des Flusses, einer normalen Breite, zur Entfernung von Inseln und Sandbänken, zur Beseitigung nachtheiliger Einflüsse von Flusskrümmungen und Einmündungen kleinerer Flüsse, Mittel gegen natürliche niedere Ufer, Nachtheile fehlerhafter Uferbauten und Correction von Wildbächen, Schützung der Ufer vor Abbruch und Oberaufsicht des Staates über diese wichtigen Regulirungsarbeiten S. 113, 114 u. 115.

§. 61. Stromregulirungen im Interesse der Schifffahrt und vorzüglichste Bedingungen für die Schiffbarkeit eines Flusses S. 115; — Grenze der Schiffbarkeit desselben mit Bezug auf die verschiedene Breite und den verschiedenen Tiefgang der Schiffe, dann mit Bezug auf die Geschwindigkeit (das Gefälle) des Flusses, namentlich wegen der Bergfahrt S. 115; — Rücksichten auf die Flossfahrt S. 115; — Wegräumung der Hindernisse der Schifffahrt: der früher berührten Ursachen der Ueberschwemmungen und Uferbeschädigungen, Entfernung hervorragender Steinblöcke, Verhinderung der Bildung von Ablagerungen und Untiefen S. 116; — Bestimmung der Grenzen des Gefälles eines schiffbaren Flusses, Rücksichten auf den Bau und die Eigenschaften der Leinpfade, Concentrirung eines zu starken Gefälles auf einzelne Punkte durch Anlage von Wehren mit Kammerschleusen, — oder Vertheilung des zu starken Gefälles durch Einengung des Flusses ober- und unterhalb der Stromschnelle, — oder durch Aushebung eines Kanals; Verfahren bei gespaltenem Strome S. 117 u. 118; — Allgemeines über Anlandungsplätze und Hafenbassins S. 118.

§. 62. Rectificationen von Flüssen und Bächen, welche Städte durchfliessen, namentlich zur Fortschwemmung des Cloaken-Unraths S. 118.

Beispiele von Flussregulirungen, Seite 118—127.

§. 63. *Correction einer durch Verzweigungen und Ablagerungen fehlerhaften Flussstrecke* S. 119.

Correction einer durch Felsbänke und Stromschnellen der Schifffahrt gefährlichen Stromstrecke S. 119.

Correctionen an der Einmündung eines Baches in einen Fluss, namentlich gegen Ablagerung von Geschieben S. 119 und 120.

Regulirung des Weichselstroms in der Gegend von Thorn, theils gegen Verwüstungen und Ueberschwemmungen, theils gegen Schifffahrtshindernisse im Strome selbst S. 120.

§. 64. *Geradeleitung der Linth und die Austrocknung der Thäler zwischen dem Wallenstädter und Züricher See* S. 120 bis 127.

Druck von C. Hoffmann in Stuttgart.