

unabänderlich bestimmt wird, sind gleichfalls solche Punkte, die alle ferneren Untersuchungen unnöthig machen. Es ist hinreichend, bloß bey denen, welchen die Direction der obern Bauwerke aufgetragen ist, sich zu unterrichten, ob sie nicht etwa Projecte entworfen haben, die, obgleich sie dem Anscheine nach nur geringe seyn mögen, dennoch manchemahl alle untern Anlagen unnütz machen würden.

Diese Betrachtungen beweisen hinreichend, wie sehr es das Interesse aller derjenigen erfordert, welche sich gegen das Wasser zu schützen haben, sich nicht auf so eingeschränkte Practiker zu verlassen, die ihre ganze Aussicht nur auf den Fleck nehmen, über den man sie zu Rathe zieht. Aber von noch viel größerer Wichtigkeit ist dieses für den Staat, weil alle solche einzelne Bauwerke, die nicht unter sich verbunden sind, und keinen Bezug auf einander haben, fast immer eben so viele Hindernisse für die Schifffahrt werden, welche doch dem Reiche Ueberflufs, und ganzen Provinzen ein neues Leben gibt, die ohne Handlung tod und öde seyn würden.

## I. ABSCHNITT.

### *Von den Mauern an Kajen und Vorsetzen.*

#### §. 20.

Eine gute Kaje ist das mächtigste Hinderniß, welches man der Wuth eines Flusses entgegen setzen kann; und das beste Mittel dem Flusse ein festes unveränderliches Bett zu geben, ist ihn zwischen zwey Mauern einzuschließen, die von gutem Mauerwerk, mit gehauenen Steinen bekleidet, auf einem festen Boden, oder auch auf Pfahlwerk gegründet, und bis über den höchsten Wasserstand aufgeführt seyn müssen.

Die Richtung solcher Kajen hängt oft von local Umständen ab, zum Beyspiel, von der Breite der Strafsen, und von der

Gröfse des Platzes welchen man dadurch beschützen, oder dahinter erhalten will. — Manchmahl hängt sie aber auch von der Kenntniß ab, die man von dem Strome hat, denn es gibt oft Strecken auf dem Boden, auf welche man viel fester und mit viel wenigern Kosten bauen kann, als auf andern, die nicht weit davon sind. Sonst aber, alles gleich angenommen, muß man, die Mauern so viel als möglich mit dem Stromfaden parallel legen, weil sie alsdann von dem Stosse des Wassers nichts zu leiden haben.

§. 21.

Die Entfernung dieser Mauern, das ist die Breite des Flußbettes, muß so beschaffen seyn, daß auch bey dem höchsten Wasserstande durch sie kein Hinderniß entstehe, wodurch das Wasser nur noch höher anschwellen würde, und deswegen muß man die Oeffnung wenigstens so groß lassen, als sie unterhalb schon durch Brücken bestimmt ist; damit das Wasser durch die Kajen nicht aufgestaucht werde, und durch die Thore und die Oeffnungen in den Mauern der Kajen, wodurch fremdes Wasser sich noch in den Fluß ergießt, in die Strafsen trete.

Manchmahl vertheilen sich auch die Flüsse, die durch eine Stadt fließen in mehrere Arme, wovon der tiefste bey einem niedrigen Wasserstande zur Schiffahrt dient, indem die andern alsdann gemeiniglich trocken sind. Wenn nur ein Arm da ist, und das Wasser bey einem niedrigem Wasserstande dennoch nicht tief genug ist, um schiffbar zu seyn, so muß man es noch durch eine andere, niedrigere Kajen FAD (Fig. 10) einengen und wenn hierdurch das Wasser zu sehr beengt werden, und die Wassermasse keinen freyen Durchzug mehr behalten sollte, so macht man noch einen zweyten Canal FELI, und begnügt sich bloß mit dem Damme LIAD. Diese Art Dämme, welche in die Classe der Eindämmungen in den Flüssen und Meeren (jettées) gehören, werden wir in dem dritten Kapitel betrachten.

## §. 22.

Wenn die Oberfläche der Mauer einer Kaje, oder überhaupt aller Wasserbauwerke an einem fließenden Wasser, mit dem Stromfaden parallel ist, so leidet es nichts von dem Stofse des Wassers, wie wir schon erinnert haben, und hat nicht mehr auszuhalten, als ein Damm um einen See, aufer daß hier noch eine Reibung hinzukömmt, die durch die Bewegung des Wassers verursacht wird. Wenn aber die Oberfläche dem Strome ausgesetzt ist, so muß sie auch den Stofs dieses Stromes noch widerstehen. Alle diese Ursachen, welche die Anlagen zu verderben trachten, erfordern für Werke dieser Art, eine soviel größere Festigkeit, als bey den Dämmen um Seen und Teiche. Wir werden hierzu die Mittel angeben, wenn wir die Dicke zuerst bestimmt haben, die eine Mauer haben muß, wenn man zugleich auf den Druck und auf den Stofs des Wassers Rücksicht nimmt, und da wir den Calcul über den Druck des Wassers schon kennen, so bleibt uns der vom Stofse zu erklären übrig.

## §. 23.

Wir nehmen an, daß alle Wassertheilchen sich nach Richtungen, die parallel unter sich sind, und mit gleichen Geschwindigkeiten bewegen. Diese beyden Hypothesen sind strenge genommen nicht wahr. In der Practik aber können sie als wahr angenommen werden, ohne zu befürchten, hierin einen merklichen Fehler zu begehen.

Es sey  $CDHF$  (Fig. 11.) die Fläche, welche das Bett des Stroms nach der Linie  $DF$  schneidet, und welche vom Wasser nach der schiefen Richtung  $RB$  gestofsen wird.  $HSFE$  sey ein senkrechttes Quer-Profil der Mauer, und  $EF$  auf  $DF$  perpendicular. Ferner nehme man an, daß die Höhe des Wassers zur Zeit der höchsten Flut die ganze Höhe der Mauer  $HT$ , und die Böschung  $HF$ ,  $SE$  an beyden Seiten gleich sey.

Wenn man dieses annimmt, so ist erwiesen, wenn ein flüssiger Körper unter einem schiefen Winkel gegen eine Ebene stößt, daß alsdann der senkrechte gegen die Ebene, der sich hieraus ergibt, im zusammengesetzten Verhältnisse dieser Ebene, des Quadrats der Geschwindigkeit dieser Flüssigkeit, und des Quadrats des Sinus des Einfallswinkels eben dieser Flüssigkeit auf die Ebene ist. Wenn man nun aus irgend einem Punkte R, des Stromfadens RB, ein Perpendikel RX auf die Ebene CDFH, fällt, und in derselben Ebene eine gerade Linie XB zieht, welche RB in dem Punkte B schneidet, so ist klar, daß, den  $\sin. tot. = 1$  angenommen, der Sinus des Einfallswinkels der Flüssigkeit auf der Oberfläche der Mauer  $= \frac{RX}{RB}$  seyn wird; und nimmt man nun die Geschwindigkeit des Wassers  $= V$ , so wird der perpendicularäre Stofs gegen FH proportional seyn  $FH \cdot V^2 \cdot \frac{RX^2}{RB^2}$ .

Nun sey nach der Richtung des Stromfadens RB, die man als horizontal ansehen kann, eine horizontale Ebene gelegt, welche die Fläche nach der Linie AB schneidet, und durch die gerade Linie RX sey eine Ebene LKM m gelegt, auf welcher die gerade Linie AB perpendicular sey, und welche die horizontale Ebene durch RB und AB, in der Linie RO, und die Fläche der Mauer in OX schneidet. Es ist klar, daß der Winkel ROX dem Winkel HFT, oder der Böschung an der Wasserseite gleich ist, denn die geraden Linien RO, XO sind beyde auf den Punct O der horizontal Linie AB perpendicular. Folglich ist  $RX = RO \cdot \sin. ROX = RO \cdot \sin. HFT$ , und  $RB = \frac{RO}{\sin. RBO}$ ; und also ist ferner  $\frac{RX}{RB} = \sin. HFT \cdot \sin. RBO$ . und der Stofs gegen HF wird also dem  $FH \cdot V^2 \cdot (\sin. HFT)^2 \cdot (\sin. RBO)^2$  proportional seyn.

Nun sey die Vertical-Linie HT oder SQ  $= a$ .  
 FT  $= f$ .

EQ	. . . . .	= g.
FH	. . . . .	✓ (a a . ff) = c.
Der sinus totus	. . . . .	= i.
— sin. des Winkels HFT	. . . . .	= $\frac{a}{c}$ = q.
— sin. des Winkels RBA	. . . . .	= r.
Die Dicke der Mauer am Fusse	. . . . .	= z.
Das specifische Gewicht des Wassers	. . . . .	= p.
— — — — — der Mauer	. . . . .	= $\pi$ .

Ferner nehme man an, daß der senkrechte Stoß des Wassers bey einer gegebenen Geschwindigkeit, gegen eine gegebene gerade Linie K gleich sey einem bekannten Gewichte Q, so würde der

senkrechte Stoß gegen FH =  $\frac{QcV^2q^2r^2}{K.v^2}$

Da alle Punkte der geraden Linie HF eine gleiche Gewalt vom Stosse leiden, so kann man sich vorstellen, daß die Kraft  $\frac{QcV^2q^2r^2}{K.v^2}$  in der Mitte von HF in dem Punkte P vereinigt sey.

PV auf HF senkrecht, sey die Kraft, und man zerlege sie in zwey andern PN, PZ wovon die eine horizontal, und die andere vertical ist, so wird die erste =  $\frac{QcV^2q^2r^2}{K.v^2} \times \frac{a}{c} = \frac{QaV^2q^2r^2}{K.v^2}$

die andere =  $\frac{QcV^2q^2r^2}{K.v^2} \cdot \frac{f}{c} = \frac{QfV^2q^2r^2}{K.v^2}$  seyn. Nun ist gewiß,

daß die Kraft PN eben wie der horizontale Druck des Wassers, die Mauer um den Punct E umzustossen trachtet, und daß die Kraft PZ, mit dem Gewichte der Mauer, und dem verticalen Druck des Wassers, dahin wirkt, die Mauer auf ihrem Fusse FE fest zu halten. Wir haben (§ 12) gefunden, daß das Moment des horizontalen Drucks des Wassers auf den Punct E =

$\frac{pa^3}{6}$ , das Moment des verticalen Drucks =  $\frac{pfza}{2} - \frac{pffa}{6}$ ; und

endlich, daß das Moment des Gewichts der Mauer (da hier b = a,

r = f ist) =  $\frac{\pi azz}{2} - \frac{\pi afz}{2} + \frac{\pi aff}{6} - \frac{\pi agg}{6}$  ist.

Nimmt man nun an, daß die Mauer eine  $m$  fache Festigkeit haben muß, welche das Gleichgewicht nur einfach erfordert, so hat man, wenn man bey den Kräften  $PN$ ,  $PZ$  Rücksicht auf den Hebel nimmt, folgende Gleichung:

$$(E) \frac{m p a^3}{6} + \frac{m Q a^2 V^2 q^2 r^2}{2 K v^2} = \frac{p f z a}{2} - \frac{p f f a}{6} + \frac{\pi a z z}{2} - \frac{\pi a f z}{2} + \frac{\pi a f f}{6} - \frac{\pi a g g}{6} + \frac{Q f V^2 q^2 r^2}{K v^2} \cdot \left( z - \frac{f}{2} \right), \text{ wodurch man nun das unbekannte } z \text{ bestimmen kann.}$$

### §. 24.

Wir wollen diese Formel durch ein Exempel erläutern. Man nehme an, daß die Höhe  $HT$  oder  $SQ = 18$  Fufs; die Böschung  $FT$  und  $QE = 3$  Fufs, und der Winkel  $ROB$  (welchen die Richtung des Stroms mit der Mauer, horizontal gemessen, macht)  $= 45^\circ$ ; die Geschwindigkeit des Wassers 4 Fufs in einer Secunde; und das specifische Gewicht des Wassers  $= 7$  sey, wenn das specifische Gewicht der Mauer  $= 12$  ist, wir wir schon vorne angenommen haben.

Wir nehmen als einen Erfahrungssatz an, daß der senkrechte Stofs des gemeinen Flusswassers, wovon der Cubik - Fufs 70 Pfund wiegt, bey einer Geschwindigkeit von einem Fufs in der Secunde gegen eine Ebene von einem Quadrat - Fufs Oberfläche gleich ist einem Gewichte von einem Pfunde drey Unzen, oder von  $\frac{19}{16}$  Pfund. Das Gewicht  $Q$  sey durch eine Masse Wasser ausgedrückt, deren Basis  $= 1$  Fufs, und deren Höhe folglich  $\frac{19}{70}$  Fufs ist; so hat man  $Q = p \cdot 1 \text{ Fufs} \cdot \frac{19}{16 \cdot 70} \text{ Fufs}$ , und  $K = 1 \text{ Fufs}$ .

Aus allem erhält man nun  $a = 18$  Fufs,  $f = g = 3$  Fufs,  $p = 7$ ,  $\pi = 12$ ,  $\frac{V^2}{v^2} = 16$ ,  $\frac{Q V^2}{K v^2} = p \cdot \frac{19}{16 \cdot 70} \cdot 16 \text{ Fufs} = \frac{7 \cdot 19}{70} \text{ Fufs}$ ,  $q^2 = \frac{36}{37} \cdot r^2 = \frac{1}{2}$ .

Substituirt man nun alle diese Werthe in die Formel (E) und nimmt dabey an, daß die Festigkeit das Doppelte des Gleichgewichts seyn müsse, so wird man für  $z$  finden, daß es etwas mehr als 12 Fufs ist.

Vorne (§. 13.) haben wir gefunden, da wir nur bloß auf den Druck rechneten, daß die Dicke  $z$ , etwas weniger als 12 Fufs seyn müsse; und folglich, wird nach dieser Hypothese die Dicke durch den Stofs nur um ein wenig vermehrt. Dies darf einem nicht befremden, denn die Böschung macht, daß der Stofs zum Theil selbst dazu beyträgt, die Mauer auf ihrem Fulse zu erhalten, und folglich kann man die Mauer so machen, daß beym Stofse und Druck eine geringere Dicke erfordert wird, als beym Druck allein, wie dies aus der Formel (E) gleich klar ist.

#### §. 25.

Der Druck und der Stofs des Wassers sind nicht die einzigen Kräfte, welche Mauern an den Kajen auszuhalten haben, sondern sie werden auch noch durch die Erde an der innern Seite, und zwar der ersten Kraft gerade entgegen gedruckt, weswegen bey der Berechnung der Dicke auch nothwendig auf diese letzte Kraft mit Rücksicht genommen werden, und diese nach der Größesten der beyden entgegengesetzten Kräfte proportionirt werden muß. Wir sagen, der größten, weil es nicht hinreichend ist, die Dicke nur bloß verhältnißmässig nach dem Ueberschusse der größten Kraft über der kleinsten zu bestimmen, sowohl weil die Erde nicht immer an die hintere Seite der Bekleidung anliegt, als weil, wenn die Erde immer daran liegt, diese eine Kraft verursacht, die immer fort wirkt, da doch das Wasser steigen und fallen kann, und also in trocknen Jahreszeiten, wo das Wasser nur bis an den Fufs der Mauer kömmt, die Erde ihre ganze Kraft behält, ohne vom Wasser entgegen gewirkt zu werden.

## §. 26.

Obgleich wir §. 24. vorausgesetzt haben, daß das Profil der Mauer in seiner ganzen Länge einerley sey, so wird es doch leicht seyn, diese Auflösung auch auf Mauer anzuwenden, die mit Strebepfeiler versehen sind.

Wir bemerken hier in Hinsicht der Figur dieser Pfeiler, daß sie rectangular, wie EFGH (Fig. 12.), seyn müssen, wenn der Druck der Erde, und der des Wassers gleich ist; wenn aber der Druck des Wassers größer ist, als der der Erde, so müssen sie trapezförmig ILMN seyn, wie sie gewöhnlich gemacht werden; und wie ein Schwalbenschwanz müssen sie seyn, im Falle der Druck der Erde größer ist, als der des Wassers, wie OPQR. Diese letzte Form ist die vortheilhafteste bey den Pfeilern an Terrassen. Daß sie gewöhnlich anders gemacht werden, ist fehlerhaft: denn es ist ausgemacht, daß eine Mauer um so viel mehr Festigkeit bekömmt, nach dem Masse ihr Schwerpunct weiter von dem Puncte abkömmt, um den sie sich drehen müßte, wenn sie umgeworfen werden sollte. Was die Weite betrifft, die zwischen solchen Pfeilern, im Verhältnisse zu der Dicke der Mauer seyn kann, so glauben wir, daß sie um ihre ganze Dicke am Fusse hervorspringen muß, indem man bey den Schwalbenschwänzen, sie vorne in OR eben so breit, und ihre große Seite PQ doppelt so breit macht, und den Zwischenraum vorne an der Mauer gleich der zweyfachen Dicke der Mauer nimmt.

Der Vorthail dieser Pfeiler ist darauf gegründet, daß erstens die Erde nicht nach demselben Gesetze wie das Wasser drückt, und zweytens auf die Hypothese, daß die Materialien, woraus eine solche Mauer besteht, so fest unter sich verbunden sind, daß sie zwischen solchen zwey nächsten Pfeilern nicht brechen kann. Diefs leitet uns natürlich auf die Erklärung der verschiedenen Arten, wie Kajen gebauet werden, je nachdem was sie auszu-



halten haben, und nachdem die Beschaffenheit des Bodens ist, auf den man sie bauen muß.

§. 27.

Fig. 13. stellt den Plan und das Profil einer, auf einem Felsen gebaueten, und noch mit einem Vorsprunge AB von gehauenen Steinen versehenen Kaje vor. Dieß ist die beste Art, wenn der Vorsprung bald dem Wasser, und zu einer andern Zeit der Luft ausgesetzt ist. Das Profil zeigt, wie die unterste Reihe Steine der eigentlichen Kaje in die obersten des hervorspringenden Grundwerkes eingefügt werden müssen, und im Plane sieht man, daß die Einschnitte in diese Steine nach der Art der Schwalbenschwänze gemacht sind.

Die 14<sup>te</sup> Figur stellt ebenfalls den Plan und den Durchschnitt des untern Theils einer Kaje, aber mit einem hervorspringenden Grundwerke von Zimmerwerk auf Pfählen und mit Spundpfählen vor. Die Bauart wird in einem Erdreiche von einer mittelmäßigen Consistenz angewandt. Die Oberschwelle ist sehr nützlich. Denn außer daß sie die Nuthbohlen (madriers) fest und zusammen hält, schützt sie auch vor dem Verderben, welches die Schiffer den Mauern gemeinlich durch ihre Haken und großen Stangen zufügen.

Wenn der Grund, ohne von Felsen zu seyn, dennoch eine gewisse Festigkeit hat, so kann man sich auch schon bloß mit einer Reihe Pfähle begnügen, wie die 15<sup>te</sup> Figur darstellt, wo das hervorspringende Grundwerk bloß mit Steinen überlegt ist (pavée à sec); weil ein ordentliches Pflaster mit Ciment oft eben so theuer kömmt, als von gehauenen Steinen, und dann muß man doch die letzte Construction gemeinlich vorziehen, wenn man die Unkosten mit Ciment daran wenden will.

Wenn der Grund gar schlecht ist, so muß man mehr Pfähle nehmen, und sie unter die Mauer ihrer ganzen Länge nach setzen. Man setzt sie auch manchmahl so, daß zwischen zwey

Pfählen ein Pfahl dick Zwischenraum bleibt, und glaubt auf diese Art manchemal sich die Bekleidung mit den Nuthbohlen ersparen zu können. Diese Bekleidung ist indessen das beste und einzige Mittel einen solchen Grund zu sichern. Um sie noch sicherer zu machen, fügt man die Nothbohlen so in einander, wie die 16te Figur es zeigt. Diefs erfordert aber vielen Fleiß, und um recht vollkommen seinen Zweck zu erreichen, setzt es ein sehr weiches Terrain voraus. Manchemal wird diese Bekleidung auch verdoppelt, und dann muß man darnach sehen, daß nicht Fuge auf Fuge kommt, sondern es machen wie Fig. 17. es zeigt.

### §. 28.

In denen Ländern, wo die Steine rar sind, und des Holzes mehr ist, macht man die Kajen auch wohl ganz von Holz, wovon man in den Büchern über die Wasserbaukunst verschiedene Angaben findet, wie das Holzwerk zu verbinden sey. Wir begnügen uns durch einen Plan und Profil (Fig. 18.) das gewöhnlichste dieser Bauart anzuzeigen, wobey wir nur zweyerley Bemerkungen machen wollen. Die erste ist diese, daß diejenigen Stücke Holz, die an den Enden mit Zapfen an einander gefügt werden, dem Uebel ausgesetzt sind, daß sie bey einem starken Drucke vom Wasser, oder von sonst woher, längs ihrer Dicke nach der Linie a b (Fig. 19.) spalten. Man kann diesem Uebel nicht besser begegnen, als wenn man jedes Ende dieser Stücke mit einem eisernen Ring, c d Fig. 20., belegt.

Die zweyte Bemerkung ist diese, daß man ja nicht aus überstandener Sparsamkeit, unterlassen muß, diejenigen Theile des Holzes, welche abwechselnd der Luft und dem Wasser ausgesetzt sind, mit Farben, oder mit Ther bestreichen zu lassen. Eben so wenig darf man unterlassen, solche Sachen mit unter die Farben zu thun, welche die verschiedenen Arten von Würmer, die nach den verschiedenen Holzarten und dem Clima

sich in demselben aufzuhalten pflegen, zu verjagen oder auch zu verstören geschickt sind. Auch ist es sehr gut die Zapfen und sogar auch die Zapfenlöcher zu färben. Alles Holz aber, welches man mit Farbe bestreichen will, muß, ehe dieses geschieht, recht trocken seyn, da es sonst, wenn man diese Vorsicht nicht beobachtet, sich inwendig anstecken und verderben wird, und man setzt sich der Gefahr aus, daß das ganze Werk mit einem-mahl ruinirt ist, welches dem äußern Anscheine nach, noch die größte Festigkeit verspricht.

## II. ABSCHNITT.

### *Von den Deichen längs den Flüssen gegen außerordentliche Ergießungen.*

#### §. 29.

An den Flüssen Allier, Cher, und Loire sind solche Dämme aufgeführt, um die fetten Ländereyen, an diesen Flüssen gegen Ueberschwemmungen zu sichern.

Man sieht wohl ein, daß Kajen diesen Zweck vollkommen erreichen würden; auch werden wirklich viele auf diese Art gebauet. Aber in ökonomischer Rücksicht ist es vorthailhaft, daß man hier auch andere Bauwerke angewandt hat, die nach den verschiedenen Angriffen, welche sie abzuhalten haben, und nach andern Local-Beschaffenheiten, verschieden sind. Man begnügt sich oft, sie von bloßer Erde zu machen, die denn von Schichte zu Schichte recht gut gestampft, und an der Landseite mit Rasen an der Wasserseite aber mit gehauenen Steinen in Absätzen (Fig. 21.), oder auch nur ganz einfach mit kleinen Steinen (Fig. 22.) bekleidet werden. Da aber diese Bekleidung mit kleinen Steinen an Flüssen weit mehr, als die an den Dämmen um Seen und Teiche, aus zu halten haben, so gibt man