

stand dieser Abhandlung seyn können; und dann ist ein Deich eine feste Masse, die entweder aus Erde oder Steine, Zimmerwerk und Faschinen, manchemahl aber aus verschiedenen dieser Materialien und wohl selbst aus allen zusammen besteht, und dazu bestimmt ist, das Wasser eines Baches, Flusses, oder des Meeres zurück zu halten, öfters aber auch abzuweisen, und es nach der andern Seite hinüber zu werfen.

Die Deiche haben in Rücksicht ihres Gegenstandes, und nach dem Materiale woraus sie bestehen, im Französischen folgende Nahmen: *chaussées*, *quais* (Kajen, Vorsetzen), *turcies*, *levées*, *batés* (Deiche längs Flüssen), *glacis*, *reversoirs* (Wehre, Ueberlaßdeiche), *jettées* (Bauwerke frey ins Wasser hinein) *moles*, *épis* (Stackwerke), *atardeaux* (Klopfdämme, Schirmdämme, Umdeichungen). Verschiedene dieser Nahmen sind Synonima, oft heißt auch ein und dasselbe Bauwerk in der einen Provinz ganz anders als in der andern. Es wird von einem jeden dieser Deiche, die ihrer Absicht oder Construction nach wesentlich von einander unterschieden sind, besonders gehandelt werden, wobey man sich vorzüglich wird angelegen seyn lassen, die Methoden allgemein zu machen, so daß sie auch auf Arten von Deiche anwendbar sind, die nicht zu verdienen scheinen, für sich allein abgehandelt zu werden.

## ERSTES KAPITEL.

*Von den Dämmen vor Teichen und Landseen (Chaussées d'Etang).*

### §. 3.

Diese Dämme vor Teichen und Landseen sind die einfachsten und gemeinsten, und dazu bestimmt, das Wasser eines Baches zurück zu halten, und anzuschwellen, und auf diese Weise einen Teich zu bilden.

Weil die Grundsätze, wornach diese Art Deiche gemacht werden müssen, beynahe auf alle andere Deiche anzuwenden sind, so werden wir hier ganz ins Detail gehen, und alles genau auseinander setzen.

#### §. 4.

Die Ursachen, welche einen Damm zu zerstören trachten, sind: 1<sup>tens</sup> die Reibung des Wassers gegen seine Fläche; 2<sup>tens</sup> das Durchsickern (filtration); 3<sup>tens</sup> der Druck. Den beyden ersten leisten die Dämme durch die Wahl und Anordnung der Materialien, woraus sie bestehen, und der letzten durch ihr Gewicht und durch ihre Gestalt und Gröfse Widerstand. Wir wollen mit dem, was Einfluß auf den Bau hat, den Anfang machen.

#### §. 5.

Wenn die Steine und Kalk leicht zu haben sind, und der Deich übrigens dazu bestimmt ist, ein Hammerwerk von etwas Beträchtlichkeit an dem Abhange dieses Dammes zu treiben, so ist es rathsam, diesen Damm von Mauerwerk zu machen. Da aber die Mauern an den Kajen und den Reversoirs viel wichtiger sind, und dazu dienen, das Wasser zurück zu halten, und anders zu leiten; und sich das, was wir dort von ihrer Construction sagen werden, auch leicht auf diese Art Dämme von Mauerwerk, in Rücksicht der mehr oder wenigern Stärke, die sie bedürfen, leicht anwenden läßt, so halten wir es nicht für nöthig, uns hier defswegen in ein weitläufiges Detail einzulassen.

#### §. 6.

Da diese Art Dämme von Mauerwerk sehr kostbar sind, besonders wenn das Erdreich von einer so schlechten Beschaffenheit ist, dafs man erst auf vieles Pfahlwerk im Grunde bauen kann; so werden sie gewöhnlich von Erde gemacht, und an

der Wasserseite mit einem trocknen Steinlager bekleidet (revêtement à pierres seches). Die Erde, welche zum Baue solcher Dämme gebraucht werden soll, muß ungefähr die Natur guter Wiesenerde (des prairies) haben. Vorzüglich darf keine morastige und schlammige Erde dazu genommen werden, welche eine zu große Böschung macht. Feiner Sand verursacht aus einem entgegengesetzten Grunde dieselben Unbequemlichkeiten. Jemehr die Erde gerade das Mittel zwischen diesen beyden entgegengesetzten Fehlern hält, desto geschickter ist sie, alle Arten Dämme davon aufzuführen. Wie sie aber auch immer beschaffen seyn möge, so muß sie überall gleich, und ungefähr einen Fuß dick verbreitet, und gestampft werden. Auch ist es sehr gut, sie etwas anzufeuchten, wenn sie zu trocken ist, um dadurch zu erhalten, daß der Deich eher ausschlägt, und sich begrünnet.

Wenn die Erde nicht dicht genug ist, um das Durchsickern zu verhindern, so muß man nach der ganzen Länge des Dammes, unmittelbar hinter der Steinbedeckung, eine Schichte durcheinander geschlagenen und gequetschten Lehms, welche Fig. 1. mit A B C D im Profil bezeichnet ist, gebracht werden, die noch 2 bis 3 Fuß in den natürlichen Boden E F hineingeht. Mit einer gleichen Schichte muß das Gerinne umgeben seyn, worin das Wasser seinen Abfluß aus dem Teiche hat. Der Lehm muß rein, und gut durcheinander geschlagen, und vorzüglich nicht zu nass und zu schlammig seyn. In jedem Falle ist es vortheilhaft, nicht eher Wasser in den See oder Teich zu lassen, als bis der Damm schon einige Zeit fertig ist; und absolut nothwendig wird diese Vorsicht wenn man befürchtet, daß die Lehmschichte zu feucht gewesen sey.

Wenn der Damm auf einen festen Rasen E F gelegt werden soll, so muß derselbe zuvor umgehackt oder gepflügt werden, damit die Dammerde sich mit dem alten Boden verbinden könne. Deshwegen ist auch ein gemauerter Aqueduc unter einem Damme wenigern Schwierigkeiten unterworfen, als eine hölzerne

Röhre, weil die Erde sich mit den Unebenheiten des Mauerwerks besser als mit dem Holze verbindet. Wenn man aber ein hölzernes Gerinne machen muß, oder überhaupt, wenn man durch eine solche Lehmschichte ein Stück Holz legen muß, so ist es rathsam, dieses auf der Oberfläche etwas rauh zu behacken. Diese bisher so sehr vernachlässigte Vorsicht, möchte vielleicht manchem zu kleinlich scheinen; aber eigene Erfahrung hat uns die Wichtigkeit hiervon gelehrt, und auch den guten Erfolg gezeigt.

§. 7.

Die Bekleidung mit trockenen Steinen an der Wasserseite soll eines Theils dazu dienen, die Erde, der nicht immer die Böschung gegeben wird, welches sie, sich selbst überlassen, nehmen würde, aufzuhalten; dann aber auch den Damm für das Reiben und Abspülen, welches durch die Bewegung des Wassers erfolgen würde, zu sichern. Und um desto mehr Festigkeit zu erhalten, wäre es am Besten, daß die innere Fläche der Bekleidung nach der senkrechten Linie BC gemacht würde; um aber die Steine, die sehr kostbar sind, zu sparen, macht man sie mit Absätzen wie Fig. BOPR zeigt. Manchmahl begnügt man sich auch mit einer bloßen Bekleidung (Fig. 2.). Der Fuß von diesen Bekleidungen muß aber immer auf ein festes Erdreich und wenn dieses erst zu tief unter der Erde Statt hat, auf einen Rost gegründet werden. Die Zusammenfügung der Steine an der Oberfläche FN (Fig. 1 und 2) muß perpendicular auf dieser Oberfläche seyn. Es ist zwar wahr, daß das Wasser auf diese Weise am leichtesten in den Damm eindringt; aber dieser Fehler wird durch die größere Stärke, die auf diese Weise die Oberfläche erhält, reichlich ersetzt. Die unterste Reihe Grundsteine, welche die schräge Oberfläche trägt, muß mit der untersten Seite horizontal, mit der obersten aber senkrecht auf der schrägen Oberfläche liegen. Alles ist in der 1 und 2 Fig. angezeigt.

Große Bruchsteine, die sich glatt behauen lassen, daß sie zu einer ebene Grundlage dienen können, kann man mit dem Grunde parallel setzen, und zwar so, daß man mit einer jeden Lage etwas zurück geht, wie es in der 3ten Figur bemerkt ist. An eben dieser Figur sieht man, daß der Damm auch hinter der Oberfläche mit trockenen Bruchsteinen verwahrt seyn muß, so daß die ganze Dicke der Bekleidung wenigstens drittheil Fuß ist. Diese Art zu bauen, erfordert eine viel geringere Böschung, als mit kleinen Steinen (*perés blacailés*); und hat manchemahl ihre Vortheile, z. B. wenn der Damm bestimmt ist, auch zugleich mit zu einem Wege zu dienen; er wird dadurch oben breiter ohne daß es nöthig wird, ihn unten mehr Dicke zu geben, als erforderlich ist, den Stoß des Wasser zu widerstehen; aber nicht allenthalben findet man das hierzu dienliche Material.

Oft versieht man die dem Wasser entgegengesetzte Oberfläche, und bisweilen gar alle beyde mit einer Reihe Pfähle, hinter welcher man große Grundsteine, Bohlen, oder Faschinen setzt. Manchemahl ist es auch schon hinreichend, die Oberfläche bloß mit einer Faschinage zu berauhwehren. Nachher werden wir Gelegenheit haben, von diesen verschiedenen Bauarten zu reden. Jetzt wird es hinlänglich seyn, zu bemerken, daß Dämme um Teiche und Landseen, da sie nicht den Stoß des strömenden Wassers ausgesetzt sind, gemeiniglich nicht so viel Stärke bedürfen, als Flußdeiche.

### §. 8.

Um den Ablauf des überflüssigen Wassers, aus dem Teiche zu befördern, ist es durchaus nothwendig, daß man auf einen, oder auch auf beyden Enden des Dammes einen Ueberlauf macht, dessen Oberfläche gemeiniglich *Glacis* heißt. Wenn wir von den Deichen an großen Flüssen reden werden, wird es leicht seyn, daraus die Gründe herzuleiten, nach denen das *Glacis* eines Sees gemacht werden muß, indem die Stärke sich dem eines

Flußdeiches nach der Quantität und Geschwindigkeit des Wassers, das hinüber soll, mehr oder weniger nähern muß.

Auch ist es sehr gut, die Krone des Dammes mit einem Pflaster zu belegen, und dieses gegen die Mitte etwas zu wölben, um den Abfluß des Regenwassers zu befördern, welches den Damm oft sehr verdirbt, wenn diese Vorsicht nicht beobachtet ist.

### §. 9.

Dies sind die vorzüglichsten Mittel, welche angewandt werden müssen, um alle Theile des Dammes so vollkommen zu verbinden, daß sie so zu sagen nur einen zusammenhängenden Körper ausmachen. Jetzt wollen wir die Dicke und Gestalt betrachten, welche er haben muß; um den Druck des Wassers zu widerstehen. Auf eine von den beyden folgenden Hypothesen; muß sich die Rechnung gründen.

1. Kann man den Deich, als einen absolut zusammenhängenden Körper ansehen, welchen der Druck des Wassers umzuwerfen trachtet, indem er ihn um den äußern Winkel seiner Grundfläche, der als fest angenommen wird, herum zu drehen bemühet ist.

Diese Hypothese ist hauptsächlich bey solchen Deichen anwendbar, die aus Mauerwerk bestehen, vorzüglich wenn sich das Mauerwerk einmahl erhärtet hat.

2. Kann der Deich auch als eine in ihrem Grunde unerschütterliche feste Masse angesehen werden, welche aber in ihrer ganzen Höhe nicht gleichen Widerstand leistet, sondern aus lauter horizontalen Schichten bestehet. Und dann ist die Figur und die Gröfse zu bestimmen, welche dieser Deich, im Verhältnisse des Wassers, dem er auf den verschiedenen Tiefen Widerstand leisten soll, haben muß.

Diese zweyte Hypothese paßt hauptsächlich auf Deiche, die ganz aus Erde gemacht sind.

Man könnte einen Deich auch ansehen, als wäre er weder zu zerbrechen, noch umzuwerfen, sondern ließe sich in einem Stücke fortschieben, daß er also nur bloß vermöge der Reibung, die seine Grundfläche auf dem Boden, worauf er liegt, ausübt, widerstehe. Aber indem wir §. 6. die Mittel angegeben haben; den Damm recht vorsichtig und dauerhaft zu gründen und die Materialien fest zu verbinden, so ist es zwecklos, ihn in dieser Hinsicht zu betrachten. Wenn indess einige Leser diese Rechnung machen wollen, so werden sie leicht damit fertig werden, wenn sie nur folgende zwey Bedingungen betrachten. 1. die horizontale Kraft, welche den Deich wegzuschieben trachtet, muß dem Widerstande der Reibung gleich seyn, der immer, wie bekannt, ein gewisser Theil des ganzen Drucks ist, welchen der Boden leidet; auf den der Deich weggeschoben werden soll. 2. Das Moment der horizontalen Kraft in Rücksicht des äußern Winkels an der Basis, um welchen nach der ersten Hypothese die Umdrehung erfolgt, wird dem Momente aller verticalen Kräfte in Rücksicht eben dieses Winkels gleich seyn. Es ist hinlänglich diese Methode nur anzuzeigen.

### *I. Beschaffenheit des Deichs nach der ersten Hypothese.*

#### §. 10.

Man nehme an, daß  $F H N S E$  (Fig. 4.) das Profil des Deiches sey, der hier als ein Ganzes betrachtet wird, dessen Theile alle mit einander verbunden und zusammenhängend sind;  $H K$  sey der Stand des Wassers, das ihn um den Punct  $E$  zu drehen trachtet. Die Linien  $F H N$ , und  $S N$ , seyn gegeben, übrigens aber mögen sie gerade oder krumm seyn. Es soll die Dicke  $F E$  gefunden werden, die der Damm an seinem Fusse haben muß, damit er nicht umgeworfen werde.

Es ist klar, wenn die Erde mit der Bedeckung an der Wasserseite nicht genau verbunden ist, daß das Wasser in diesen

Raum eindringen, und den Deich, im Verhältnisse der Höhe des Wassers über dieser Stelle, wegzudrängen suchen wird. Um also sicher zu gehen, muß man die Tiefe des Wassers von da, wo man angefangen hat den Fuß des Deiches zu gründen, bis zu dem Niveau des höchsten Wassers rechnen.

Man nehme auf der horizontalen Axe HK die Ordinaten PM und pm unendlich nahe und ziehe aus den Puncten H und M die verticale Linien HT, MX. Ferner ziehe man die horizontale Linie ML und die senkrechte EL.

$$\text{Man nehme} \quad \text{HP} \quad = \quad x.$$

$$\text{PM} \quad = \quad y.$$

$$\text{Pp oder MV} \quad = \quad dx.$$

$$\text{Vm} \quad = \quad dy.$$

$$\text{Mm} \quad = \quad ds.$$

$$\text{HT} \quad = \quad a.$$

$$\text{FT} \quad = \quad f.$$

$$\text{FE} \quad = \quad z.$$

Das Moment der Figur FHNS E in Rücksicht des Punctes E = Z.

$$\text{Das spezifische Gewicht des Wassers} \quad = \quad p.$$

$$\text{des Deichs} \quad = \quad \pi.$$

Es ist bekannt, daß ein jedes Element Mm einen, im Verhältnisse mit der Höhe PM stehenden perpendicularen Druck leidet. Die grade Linie RM, perpendicular auf Mm, sey dieser Druck. Diesen zerlege man in zwey andre RQ, RY; wovon der eine horizontal, und der andere vertical ist. Der erste QR ist  $= py ds \cdot \frac{RQ}{RM}$ , und da die beyden Triangel RQM, mVM ähnlich sind, so hat man  $\frac{RQ}{RM} = \frac{Vm}{Mm} = \frac{dy}{ds}$ ; also die Kraft ist  $= py ds \cdot \frac{dy}{ds} = py dy$ . Hieraus sieht man, daß diese Kraft immer der Kraft, die gegen Vm wirkt, gleich seyn wird, wie auch die krumme Linie HF beschaffen seyn möge. Das Mo-



ment dieser Kraft in Rücksicht des Puncts E ist  $= p y d y$ .  $L E = p y d y (a - y) = p a y d y - p y y d y$  wovon das Integral  $= \frac{p a y^2}{2} - \frac{p y^3}{3}$ . Setzt man nun  $y = a$ , so bekommt man  $\frac{p a^3}{6}$  für das Moment der ganzen horizontalen Gewalt des Wassers in Rücksicht des Puncts E, und folglich wird dieses Moment immer gleich seyn, dem Momente des horizontalen Drucks des Wassers gegen die Vertical-Linie F K. Die zweyte Kraft R Y oder oder Q M ist  $= p y d s$ .  $\frac{M Q}{R M} = p y d s$ .  $\frac{d x}{d s} = p y d x$ .

Diese Kraft, und die Schwere des Deichs wirken dahin, ihn zu erhalten; und das Moment dieser Kraft in Rücksicht auf E ist  $= p y d x$ .  $X E = p y d x (z - f + x)$ . Und folglich wird das Moment des verticalen Drucks des Wassers in Rücksicht des Puncts E seyn  $\int (z - f + x) p y d x$ . Wenn nun diese Integration geschehen ist, nach dem man zuvor das  $x$  durch  $y$ , vermittelst der Gleichung der krummen Linie F H, ausgedrückt hat; so setzt man  $y = a$ , um das Moment des verticalen Drucks vom Wasser in der Höhe H T zu erhalten.

Nun ist klar, daß dem horizontalen Drucke des Wassers, der den Deich umzuwerfen strebt, das Gleichgewicht gehalten werden muß; 1. durch die Summe der Momente des verticalen Drucks, und 2. durch die Schwere des Deichs; oder durch das einfache Moment dieser beyden Kräfte. Durch dieses einfache Moment wird die Festigkeit des Deichs über seinen Fuß F E erhalten. Da man nun aber dem Deiche eine grössere Festigkeit geben muß, als zu dem bloßen Gleichgewichte erforderlich ist, so darf man das Moment des horizontalen Drucks nur durch eine Zahl  $m$  multipliciren, und dieses Product dem Momente des verticalen Drucks und dem Gewichte des Deiches gleich setzen; so erhält man folgende Gleichung:

$$(A) \frac{m p a^3}{6} = \int (z - f + v) p y d x + \pi Z,$$

welche alle mögliche Fälle, den Deichen die gehörige Festigkeit zu geben, in sich begreift; glaubt man z. B. dafs es hinreichend sey, dem Deiche nur so viel Stärke zu geben, dem horizontalen Drucke des Wassers das Gleichgewicht zu erhalten, so hat man  $m = 1$ ; will man zur Sicherheit dem Deiche das zweyfache Moment geben, so ist  $m = 2$  u. s. w. Dafs  $Z$  eine gegebene Function des unbekanntnen  $z$  ist, versteht sich wohl von selbst.

§. 11.

Die ganz allgemeine Gleichung (A) ist, nach der Natur der krummen Linien, welche die Oberfläche bilden, unendlich vielen Auflösungen fähig. Sie leitet natürlich auf folgende allgemeine Bemerkung: da das Moment des horizontalen Drucks des Wassers immer dasselbe ist, die krumme Linie  $H F$  der dem Wasser zugekehrten Seite mag seyn wie sie wolle, der verticale Druck sich aber vermehrt, nach dem Masse als  $H F$  mit  $F E$  einen kleinern Winkel macht, so ist es klar, dafs, alles übrige gleich angenommen, es vortheilhaft ist, der Oberfläche an der Wasserseite so viel Böschung zu geben, als nur möglich ist. Diese Bemerkung leitet auf die Idee, für  $H F$  eine krumme Linie zu finden, wodurch die Figur  $F H N S E$  ein Minimum wird, indem die Summe der Momente dieser Figur, und der verticale Druck ein Maximum ist. Diese Aufgabe ist ungefähr von der nähmlichen Art, als die von den Isoperimetern, welche die Herrn Bernoulli und mehrere Mathematiker so lange beschäftigt haben. Sie läfst sich leicht auf eine Methode zurückführen, welche wir unten §. 38. erklären werden. Wir theilen sie hier deswegen nicht mit, weil sie für die Practik von keinem Nutzen ist, und schränken uns hier blofs darauf ein, die Böschung mit geraden Linien zu betrachten.

## §. 12.

NF und SE (Fig. 5.) sind zwey gerade, und unter den Winkeln NFT und SEQ gegen dem Horizont geneigte Ebenen. Ferner sey NS eine gerade und horizontale Linie. Uebrigens bleibe die Bezeichnung, wie sie §. 10. angenommen worden, und  $NZ = SQ$ , oder die Höhe des Deichs sey  $= b$ ;  $EQ = g$ ;  $FZ = r$ ; so hat man  $x = \frac{fy}{a}$ , weil die beyden Triangel HPM, FTH ähnlich sind.

$$\int (z - f + x) p y dx = \int \frac{f}{a} (z - f + \frac{fy}{a}) p y dy = \frac{p f z y y}{2a} - \frac{p f f y y}{2a} + \frac{p f f y^3}{3 a^2} = (\text{wenn man } y = a \text{ setzt}) \frac{p f z a}{2} - \frac{p f f a}{6};$$

$$Z = (z - r - g) b. (g + \frac{z - r - g}{2}) + \frac{br}{2} \cdot (z - \frac{2}{3}r) + \frac{bg}{2} \cdot \frac{2g}{3} = \frac{bzz}{2} - \frac{brz}{2} + \frac{brr}{6} - \frac{bgg}{6}.$$

Folglich wird die ganz allgemeine Gleichung (A) in diesem Falle vom zweiten Grade werden

$$(B) \frac{m p a^3}{6} = \frac{p f z a}{2} - \frac{p f f a}{6} + \frac{\pi b z z}{2} - \frac{\pi b r z}{2} + \frac{\pi b r r}{6} - \frac{\pi b g g}{6}.$$

Diese Formel ist ganz allgemein, um die Basis  $z$  eines Deichs zu bestimmen, dessen Böschung nach einer geraden Linie gemacht ist.

Wenn der Winkel SEQ ein rechter, und also die Oberfläche der innern Seite vertical ist, so ist  $g = 0$ , und die Formel

$$(C) \frac{m p a^3}{6} = \frac{p f z a}{2} - \frac{p f f a}{6} + \frac{\pi b z z}{2} - \frac{\pi b r z}{2} + \frac{\pi b r r}{6}.$$

und wenn beyde Seiten vertical sind, so hat man  $r = 0$ ,  $g = 0$ ; und die Formel wird

$$(D) \frac{m p a^3}{6} = \frac{\pi b z z}{2}.$$

## §. 13.

Ob wir zwar den Vortheil einer guten guten Böschung schon hinlänglich gezeigt haben, so wird es doch dienlich seyn, die Sache noch durch ein Beyspiel besser ins Licht zu setzen.

Man nehme an, daß die größte Höhe 18 Fufs sey, welche wir auch für die Höhe des Deichs nehmen, wo also der Punct N auf H fällt. Ferner nehme man an, daß der Abhang jeder von den beyden Oberflächen, wie gewöhnlich  $\frac{1}{6}$  der Höhe sey. Endlich, daß die specifische Schwere des Wassers, und des Mauerwerks sich zu einander verhalten wie 7 und 12, und daß die Festigkeit des Deiches das Doppelte des Gleichgewichtes erfordere. Nach allem diesem wird man haben  $a = b = 18$ ;  $r = f = g = 3$  Fufs;  $p = 7$ ;  $\pi = 12$ ;  $m = 2$  und nach der Gleichung (B) bekömmt man hier  $zz = \frac{45}{36} z = \frac{4599}{36}$  Fufs.

Woraus  $z$  ungefähr  $= 12$  Fufs gefunden wird. Setzt man nun  $z = 12$  Fufs, so wird der Flächeninhalt des Profils  $= 162$  Quadrat-Fufs seyn.

Nimmt man die beyden Seiten vertical an, so wird man finden, daß die Basis des Profils, bey einer gleichen Stärke, ungefähr 11 Fufs 2 Zoll seyn muß, welches alsdann 201 Quadrat-Fufs für den Flächeninhalt des Profils gibt. Beyde verhalten sich also zu einander ungefähr wie 4:5, und folglich wird im ersten Falle ungefähr  $\frac{1}{5}$  an Materialien erspart.

## §. 14.

Nach dem was wir bisher gezeigt haben, bleibt weiter kein Zweifel übrig, daß es vortheilhaft ist, den Deichen eine große Böschung zu geben. Nun kömmt es darauf an, in wie fern die Practik in dieser Rücksicht mit der Theorie übereinkömmt.

Wenn die Oberfläche von Mauerwerk ist (denn von solchen Deichen ist hier die Rede) so gibt man der Böschung gewöhn-

lich  $\frac{1}{6}$  ihrer Höhe. Die Mauern an den Brückenflügeln (aîle) sind ein Beweis, daß man sie viel schräger machen dürfe, indem ihre Oberfläche gemeinlich anderthalb mahl die Höhe dieser Mauer ist. Der zu scharfen Spitze, welche der Winkel bey einer zu großen Böschung erhält, hilft man dadurch ab, daß man ihn abstumpft, wie Fig. 6. anzeigt, oder noch besser, wenn man sie einfügt, wie sie die 7<sup>te</sup> Figur darstellt. Freylich entsteht hierdurch ein großer Abfall von den Steinen; diesen zu vermeiden, und doch auch zu gleicher Zeit die nähmliche Festigkeit zu erhalten, die eine große Böschung gibt, macht man die Bekleidung oft von gehauenen Steinen, die durch eiserne Klammer zusammen verbunden sind. Es ist auch gegen diese in ökonomischer Rücksicht so vortheilhafte Bauart nichts einzuwenden, wenn nur die Steine nicht locker, oder wohl gar schieferartig sind, weil alsdann das Wasser viel leichter eindringt, als wenn sie horizontal gesetzt werden.

## II. Figur und Stärke des Deichs nach der zweyten Hypothese.

### §. 15.

Es wird hier, eben wie bey der ersten Hypothese angenommen, daß der Deich am Fusse feststehe, und nicht weg gleiten könne; sonst aber besteht er hier aus lauter horizontalen Schichten, die sich trennen können. Nun kömmt es darauf an, der Wasserseite eine solche Krümmung zu geben, daß die verschiedenen Schichten den verschiedenen Kräften, welche sie wegzu drängen streben, mit gleicher Stärke widerstehen. Um alles, was nicht eigentlich zur Sache gehört, weg zu lassen, nehmen wir an, daß die Landseite lothrecht, und die Höhe des Wassers mit der des Deiches einerley sey.

Es sey also HET (Fig. 8.) das Profil des Deichs; HK das Niveau des Wassers; HF die gesuchte krumme Linie, welche die Oberfläche der Wasserseite bildet; HT die senkrechte innere

Seite; MNnm eine unbestimmte unendlich kleine horizontale Schichte, nach welcher der Deich, vermöge der Kraft des Wassers über HM, zu brechen drohet.

Wenn dieses angenommen wird, so ist es klar, wenn der Deich wirklich in MN bricht, dafs da der obere Theil HMN sich von dem untern MNTF trennt, indem M nach N rückt, und dafs in dem Augenblick des Bruches um den Punct N eine kleine drehende Bewegung erfolgen müsse. Man muß also die Kräfte kennen, welche auf die Schichte MNnm wirken, und sie ins Gleichgewicht setzen, wobey der Punct N als der Unterstützungspunct des Hebels MNnm angenommen werden muß. Diese Kräfte sind

- 1<sup>tens</sup> der horizontale Druck des Wassers.
- 2<sup>tens</sup> der verticale Druck des Wassers.
- 3<sup>tens</sup> die Schwere des Theils HMN des Deiches.
- 4<sup>tens</sup> die Cohäsion der beyden Oberflächen MNnm.

Diese Kraft ist dem Widerstande ähnlich, welchen ein Balken leistet, der in einer Mauer befestigt, und mit einem großen Gewichte beschwert ist, wobey jedoch dieser Unterschied unter diesen beyden Kräften bemerkt werden muß, dafs die Fiebern eines Balkens sich biegen und ausdehnen lassen, woraus folgt, dafs er in dem ganzen Querschnitte, nachdem er bricht, nicht mit gleicher Kraft widersteht. Da hingegen die Cohäsion der beyden Oberflächen MN und nm des Deiches in der ganzen Länge MN einerley seyn muß.

Von diesen vier verschiedenen Kräften, ist die erste die einzige, welche den Theil HMN um den Punct N umzustürzen strebet, und der von den andern dreyen das Gleichgewicht gehalten wird. Jetzt müssen wir also die Momente dieser Kräfte in Rücksicht des Punctes N suchen.

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Es sey daher HP oder MN} & . . . . . & = x. \\
 \text{— — — PM} & . . . . . & = y.
 \end{array}$$



Nun sey  $2ny + 2N = z$ , und folglich  $dy = \frac{dz}{2n}$ , und  
 $yy = \left(\frac{z - 2N}{2n}\right)^2$ :

wenn nun alles gehörig verwechselt wird, so erhält man

$$\frac{xxdz}{2n} + zxdx = \frac{dz}{2} \left(\frac{z - 2N}{2n}\right)^2$$

oder

$$xxdz + 2n zxdx = \frac{dz}{4n} (z - 2N)^2.$$

Wäre nun  $n = 1$ , so würde diese Gleichung integrabel seyn. Weil  $n$  aber nicht  $= 1$  ist, so kömmt es darauf an, eine Function von  $z$  zu finden, welche, wenn man damit die ganze Gleichung multiplicirt, das erste Glied integrabel macht, denn es ist klar, daß das zweyte es immer seyn wird, es sey nun algebraisch, oder vermöge der Quadratur der krummen Linien. Jetzt findet man, entweder durch die bekannte Methode, oder auch durch die simple Fertigkeit, die man im Calcul

besitzt, daß die gesuchte Function  $z^{\frac{1}{n} - 1}$  ist; also multiplicire

man die ganze Gleichung mit  $z^{\frac{1}{n} - 1}$ , so bekömmt man

$$\frac{xxz^{\frac{1}{n} - 1} dz + 2nz^{\frac{1}{n} - 1} xdx}{z^{\frac{1}{n} + 1} dz - 4Nz^{\frac{1}{n}} dz + 4N^2z^{\frac{1}{n} - 1} dz} = \frac{dz}{4n}$$

und das Integral ist

$$nxxz^{\frac{1}{n}} + A = \frac{z^{\frac{1+2n}{n}}}{4(1+2n)} \therefore \frac{Nz^{\frac{1+n}{n}}}{1+n} + N^2z^{\frac{1}{n}}$$

oder wenn man für  $z$  wieder seinen Werth setzt



$$nxx(2ny + 2N)^{\frac{1}{n}} + A = \frac{(2ny + 2N)^{\frac{1+2n}{n}}}{4(1+2n)} \therefore \frac{N(2ny + 2N)^{\frac{1+n}{n}}}{n+1} + N^2(2ny + 2N)^{\frac{1}{n}}.$$

Die Constante A muß so seyn, daß  $y = 0$  ist, wenn man  $x = 0$  setzt, weil alsdann das Moment des horizontalen Drucks des Wassers verschwindet, und folglich die Momente der andern Kräfte denn auch verschwinden müssen.

Hiernach hat man also

$$A = \frac{(2N)^{\frac{1+2n}{n}}}{4(1+2n)} \therefore \frac{N(2N)^{\frac{1+n}{n}}}{n+1} + N^2(2N)^{\frac{1}{n}}$$

Folglich wird die völlige Gleichung der gesuchten krummen Linie seyn

$$\begin{aligned} nxx(2ny + 2N)^{\frac{1}{n}} + \frac{(2N)^{\frac{1+2n}{n}}}{4(1+2n)} &\therefore \frac{N(2N)^{\frac{1+n}{n}}}{1+n} + N^2(2N)^{\frac{1}{n}} \\ &= \frac{(2ny + 2N)^{\frac{1+2n}{n}}}{4(1+2n)} \therefore \frac{N(2ny + 2N)^{\frac{1+n}{n}}}{1+n} + N^2(2ny + 2N)^{\frac{1}{n}}. \end{aligned}$$

Diese krumme Linie, die von einem hohen Grade ist, ist dennoch leicht zu beschreiben, weil die unbestimmten  $x$  und  $y$  sich von selbst absondern, so daß man also, um  $x$  und  $y$  zu bekommen, nur eine simple Gleichung vom zweyten Grade, der dazu noch das zweyte Glied fehlt, aufzulösen hat. Die constante Zahl  $n$  ist das Verhältniß der specifischen Schwere des Wassers und des Deiches. Der Werth von  $N$  aber muß durch Versuche und Erfahrung bekannt seyn.

### §. 17.

Wir haben geglaubt, daß man hier mit Vergnügen diese Aufgabe ganz allgemein aufgelöset finden würde. Wenn man

aber auf die Cohäsions-Kraft nicht achtet, welche übrigens noch zur Festigkeit des Deichs mit beyträgt, so wird die Gleichung ganz außerordentlich einfach, weil alsdann  $N = 0$ , und folg-

lich  $n x x (2 n y)^{\frac{1}{n}} = \frac{(2 n y)^{\frac{1+2n}{n}}}{4(1+2n)}$  ist; hieraus die Quadrat-Wurzel gezogen, gibt  $x = y \sqrt{\left(\frac{n}{1+2n}\right)}$ .

Diese Gleichung gibt zu erkennen, daß die Oberfläche der Wasserseite nach einer geraden Linie gebildet ist, die gegen die Basis FT so geneigt ist, daß  $FT : HT = \sqrt{\left(\frac{n}{1+2n}\right)} : 1$

Bey Deichen von Erde, wofür diese Formeln, wie wir schon bemerkt haben, hauptsächlich gelten, verhalten sich die specifischen Gewichte  $p$  und  $\pi$  unter sich, gemeinlich wie die die Zahlen 7 und 10, und folglich wäre hier  $n = \frac{7}{10}$ , und so ist der Werth von  $\sqrt{\left(\frac{n}{1+2n}\right)}$  ungefähr  $\frac{13}{24}$ , und also verhält sich  $FT : HT = 13 : 24$ . Woraus man also sieht, daß nach der Theorie, das Profil eines Deiches von Erde ein rechtwinkliger Triangel seyn muß, dessen Basis  $\frac{13}{24}$  seiner Höhe ist. In Ansehung der Practik werden wir noch zweyerley bemerken.

1<sup>stens</sup>. Daß eine Böschung von der Hälfte der Höhe, welche sich selbst überlassen noch nicht ruhig liegen bleiben würde, vollkommen hinreicht, wenn sie nach der Anweisung §. 7. gemacht wird. Und es würde keine Schwierigkeit machen, sie auch noch zu vergrößern, wenn man es für nöthig finden sollte. Und folglich sind hier Theorie und Practik sehr gut zu vereinigen.

2<sup>tens</sup>. Ist es unmöglich, daß der Deich an der Landseite sollte senkrecht seyn können, wie bey der Auflösung der Aufgabe angenommen worden. Folglich muß er entweder mit Mauerwerk seyn, oder man muß ihm auch eine größere Böschung lassen, welche nach den verschiedenen Erdarten, zwischen  $1\frac{1}{6}$  bis 2 der Höhe gleich seyn wird.

Weil man aber nicht blofs auf den Druck, sondern auch auf die Filtration Rücksicht nehmen mufs, und weil es ohnedem nicht rathsam ist, dem Deiche eine spitze Krone zugeben, welche sich nicht lange halten würde, so kann man nicht umhin, ihm oben wenigstens 2 Fufs Breite zu geben. Diese gröfsere Dicke, und die Böschung an der Landseite, werden hinreichend seyn, um dadurch das erforderliche Uebermafs über das Gleichgewicht zu erhalten. Man sieht also, dafs die Dämme der Teiche und Landseen, die man bisher gemacht hat, und welche nur blofs zugleich mit zum Wege dienten, viel zu dick sind.

### §. 18.

Ehe wir dieses Kapitel beschliessen, müssen wir noch bemerken, dafs, da in den Landseen das Wasser gegen die Mitte des Deichs gemeiniglich viel höher steht, dafs er alsdann nach der Theorie dort auch viel stärker, als an den beyden Enden seyn mufs. Aber die Bequemlichkeit und Schönheit erfordert, dafs der Deich überall eine gleiche Breite habe, und das mufs also diejenige seyn, die auf den gefährlichsten Stellen erfordert wird. Die Kosten werden defshalb nicht viel gröfsere werden, weil der Damm an denen Stellen, wo der Calcul nur eine sehr kleine Dicke erfordert, auch nur eine geringe Höhe hat, die also auch leicht etwas stärker zu machen ist.

## ZWEYTES KAPITEL.

*Von den Werken, welche längs den Flüssen angelegt werden, die Ufer zu beschützen, und den Fluss in seinem Bette zu erhalten.*

### §. 19.

Ehe wir noch von den verschiedenen Arten der Deiche, die dem fließenden Wasser ausgesetzt sind, reden; werden wir