Ueber die

REGULIERUNG

von

geschiebeführenden Flüssen.

STUDIE

von

Ingenieur CAJETAN KRISCHAN,
k. k. Bezirks-Ingenieur.

Ingenieur LUDWIG ZWANZIGER,
k. k. Bau-Adjunct.

Pettau 1898.

Im Commissionsverlage von Franz Pechel (vorm. Ferstl) in Graz.

Druck von Heinrich Stiasny in Leibnitz.

Ueber die

REGULIERUNG

von

geschiebeführenden Flüssen.

STUDIE

von

Ingenieur CAJETAN KRISCHAN,
k. k. Bezirks-Ingenieur.

Ingenieur LUDWIG ZWANZIGER,
k. k. Bau-Adjunct.

Pettau 1898.

Im Commissionsverlage von Franz Pechel (vorm. Ferstl) in Graz.

Druck von Heinrich Stiasny in Leibnitz.

Ueber die Regulierung von geschiebeführenden Flüssen.

Die Erhaltung und Ordnung der Flussufer, die Einschränkung des Hochwassers im Flussthale und die Schiffbarmachung des Flusses wird nach zwei Arten von Einschränkungswerken angestrebt.

Diese beiden Arten — Parallelwerke und Querwerke oder Buhnen — wurden jede für sich allein oder in Verbindung miteinander, das Mittel zur Flussregulierung.

Die nach diesen Arten von Einschränkungswerken durchgeführten Regulierungen liessen nicht immer das angestrebte Ziel vollständig erreichen und erforderten neuerliche Bauausführungen bei bedeutenden Erhaltungskosten.

Im Nachfolgenden wollen wir die Ursachen dieser Uebelstände, welche bei den bisher ausgeführten Regulierungen zumeist aufgetreten sind, besprechen, und über deren möglichste Einschränkung unsere Ansicht zum Ausdrucke bringen.

Jedem Flusse kommt ein durch die natürlichen Bedingungen seines Laufes eigenthümliches Gefälle zu.

Je nach der Beschaffenheit des Flussbettes wird der Flusslauf eine zusammengehaltene Bahn beibehalten, oder er wird mehr oder weniger zersplittern.

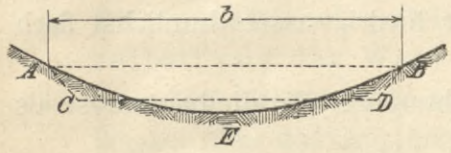
Soll nun jenem Flusslaufe, welcher die erforderliche Festigkeit im Flussbette in Folge verschiedener Umstände eingebüsst hat, ein durch künstliche Mittel geschaffenes Bett gegeben werden, so müssen diese Mittel derart beschaffen sein, dass sie den Fluss nicht zu Ausschreitungen reizen.

Es müssen diese Bauten hinsichtlich ihrer Form und Lage in Bezug auf die geschlossene Bahn des Wasserlaufes sich der natürlichen Ausbildung des Flusslaufes anschmiegen.

Es ist nothwendig, bei Regelung von Flüssen eine gewisse normale Breite für einzelne Waserstände anzunehmen. Erfahrungsgemäss ist hauptsächlich bei geschiebeführenden Flüssen die Ermittlung der Normalbreite für den niedrigsten, mittleren und höchsten Wasserstand sehr schwierig, insbesonders die Bestimmung der mittleren Tiefe, des Nieder-, Mittel- und Hochwasserprofiles. — Fehler, die sich im Hinblick auf die vielen Umstände bei der Berechnung der mittleren Tiefe ergeben, haben die grösste Bedeutung für das Gelingen des Regulierungswerkes.

Es ist bekannt, dass eine z. B. zu gross angenommene mittlere Tiefe, das dem mittleren Thalgefälle gleichzuhaltende neue Gefälle vergrössern muss, wodurch die Geschwindigkeit und das Nagevermögen im Flussprofile vermehrt wird. —

Wird nun, wie es üblich ist, die mittlere Tiefe und Breite eines natürlichen zusammengefassten Flusses für Nieder-, Mittel-, oder Hochwasser in der Weise bestimmt, dass der natürliche und künstliche Querschnitt nur die gleiche Wasserspiegelbreite und den gleichen Inhalt gemein haben, so wird hiebei die natürliche Form des Flussprofiles ganz unberücksichtigt gelassen und ein in seiner Bedeutung noch viel zu wenig beachteter Fehler begangen.



Fläche AEB = ABDC.

Es erzeugen nämlich die durch die Bauten ausgeführten seitlichen Begrenzungen des Profiles (siehe Textfigur) entlang der Ufer grössere Geschwindigkeiten, als sie an analoger

Stelle im natürlichen ungetheilten Profile vorkommen; hiedurch wird der Flussgrund unmittelbar am Fusse des Baukörpers stärkeren Angriffen ausgesetzt, und im ungünstigen Falle der Bestand des Baukörpers gefährdet. — Im letzteren Falle werden an diesen Stellen Flusstiefen verursacht, welche erkennen lassen, dass die theoretischen Erwägungen mit den thatsächlichen Verhältnissen nicht übereinstimmen.

Es ist daher nicht einwandfrei, die mit ausserordentlichen Mühen und Schwierigkeiten durchgeführte und unbedingt nothwendige theoretische Ermittlung des normalen Durchflussquerschnittes als die allein zuverlässige Grundlage für die praktische Ausführung anzusehen, sondern es ist hiebei auch auf die Form und Gestalt des natürlichen, ungetheilten Profiles Rücksicht zu nehmen.

Es wäre daher nothwendig, die Normalprofile für Nieder-, Mittel- und Hochwasser so zu wählen, dass die der mittleren Tiefe und Breite und Gestalt anhaftenden Fehler nach Möglichkeit vermieden werden.

Diese Fehler können durch eine von der bisher üblichen Bauform abweichende Gestalt der Baukörper verringert werden, welche insbesonders die Ausbildung des Flussschlauches nach dem schalenförmigen Querprofile fördern müsste.

Es steht fest, dass für alle jene Flüsse, welche zwischen dem Nieder-, Mittel- und Hochwasser wesentliche Unterschiede zeigen, niemals der trapezförmige Querschnitt genügen kann.

Die diesem Querschnitte anhaftenden Uebelstände können nur durch Anwendung des Doppelprofiles gemildert, vielleicht auch behoben werden.

Eine Regulierung mit einem solchen Doppelprofile erheischt jedoch so bedeutende Baumittel, dass an deren Beschaffung das Zustandekommen einer derartigen Regulierungsweise gewöhnlich scheitert.

Aus diesen Gründen wurden die meisten Flüsse nur auf Mittelwasser reguliert, wobei die Vor- und Nachtheile dieser Mittelwassercorrectionen bekannt geworden sind.

Es ist weiters richtig, dass eine neuerliche Regelung bereits auf Mittelwasser regulierter Flussläufe auf Niedrigwasser als nothwendig erkannt wurde, und die Einlegung des Niederwasserprofiles in das Mittelwasserprofil mit nicht geringen Kosten verbunden ist.

Bevor wir die von der bisher üblichen Bauform abweichende Gestalt der Baukörper, welche insbesondere die Ausbildung des Flussschlauches nach dem schalenförmigen Querprofile zu fördern hätte, näher erörtern, wollen wir die Arten der vorhin bezeichneten Einschränkungswerke in Kürze besprechen.

Die Regulierung durch Parallelwerke wurde wegen ihrer besonderen Vortheile, als Vergrösserung der Fahrtiefe in kürzester Zeit, Begünstigung einer gleichförmigen Bewegung des Wassers, fast allgemein für das bessere Bausystem gehalten und daher vielfach angewendet und der Regulierung mittelst Buhnen vorgezogen, welche als alleiniges Correctionsmittel nur vereinzelt, im übrigen aber nur in geraden Strecken und an convexen Ufern zur Ausführung gebracht wurden.

Die Parallelwerke haben aber den wesentlichen Nachtheil, dass das einmal angenommene Normalprofil nicht mehr geändert werden kann.

Die Erhaltung der Buhnenköpfe und der Parallelbauten ist nur dann verhältnismässig billig, wenn die Vorderböschung des Buhnenkopfes gegen den Fluss, beziehungsweise die flussseitigen Böschungen der Parallelbauten unter Niedrigwasser thunlichst flach angelegt werden.

Die übliche ein- bis zweimalige Anlage der Böschung bei Parallelbauten ist als zu steil anzusehen.

Wenngleich nach der Einsenkung der Sohle eine Verflachung der Böschung des Baukörpers mit Rücksicht auf die Beweglichkeit des Baufusses immerhin eintreten kann, ist doch diese dem Flusse überlassene Abböschung von so vielen Umständen abhängig, dass auch steilere Böschungen — als angenommen — entstehen und schliesslich auch

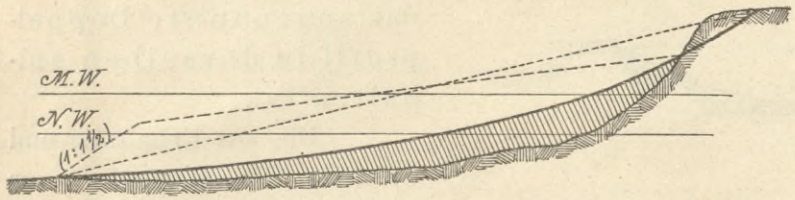
die Möglichkeit zur Nachrutschung des nicht zum Abrollen bestimmten Theiles der Bauconstruction vorhanden ist. (Einbusse an Bauhöhe und Verluste an Baumaterial.)

In diesem Falle wird durch dieses ganz willkürliche Abrollen des Baukörpers während höherer Wasserstände die Wirkung der nothwendigen Normalisierungsbauten abgeschwächt, vielleicht auch ganz illusorisch gemacht — umsomehr, wenn die Bauconstruction nicht den Grundsätzen des zweitheiligen Profiles (Erhaltung der Bauhöhe trotz Vertiefung des Flussgrundes bei der Einbaute) Rechnung trägt, hat aber ausserdem die kostspielige Aufholung der Bauten und im Zusammenhange mit einer Verschotterung des neuen Flussschlauches ausserordentliche Wassertiefen und natürliche Uferbrüche daselbst zur Folge.

Die mit der Anwendung von Parallelbauten in Verbindung stehenden Durchstiche, deren Anlage Flussspaltungen künstlich erzeugt, wurden in der Erkenntnis der vielen Nachtheile, die sie mit sich bringen, nur auf das nothwendigste beschränkt und deren besondere Anwendung nur gewissen, bestimmten Fällen vorbehalten.

Die Bevorzugung der Parallelwerke zu Regulierungszwecken gegenüber den Buhnen erscheint nur durch die Uebelstände begründet, welche den Bauformen der Buhnen anhaften und hiedurch auch in vielen Fällen die Zweckmässigkeit des Buhnenbausystems zweifelhaft machen.

Wir glauben aber, dass durch eine der natürlichen Ausbildung des Flussprofiles angepasste Buhnenform, die Buhnen als wesentliches Correctionsmittel zur Regelung geschiebeführender Flüsse in weit ausgedehnterem Masse wie bisher Anwendung finden könnten, wenn in Würdigung der Grundschwellenbauten, jene Buhnenbauform, welche nach nebenskizzierter Textfigur eine flach in den Flussgrund abfallende Form mit Parabelkronenlinie aufweist, zur Ausführung kommen würde.



Das Gesagte findet seine Begründung in folgenden Ausführungen:

1.) Die bei den Buhnen auftretenden Erscheinungen gleichen jenen bei unvollkommenen Ueberfallswehren. — Demnach ist es zweifellos, dass von der Form, dem Ausmasse und der Gestalt der Buhne der Wasseraufstau abhängt und hiedurch der hydraulische und hydrostatische Gesammtdruck des Oberwassers an der Buhnenkrone und die Abströmungsgeschwindigkeiten bedingt werden.

2.) Die vor Einstellung des Buhnenbaues vorhandene gleichartige Strömung im Flussschlauche wird durch den Einbau der Buhne in der Weise geändert, dass hiedurch die Geschwindigkeit des Wassers an der Einbaustelle vergrössert, in den auf diese folgenden, ungeänderten Profilen aber verzögert wird.

3.) Je geringer nun die Wasserspiegelhebungen an den Einbaustellen sind, desto geringer werden die Unterschiede in den Geschwindigkeitsänderungen sein.

4.) Die erwählte Gestalt der Buhne (siehe Textfigur) begünstigt die Vorbeileitung der Wasserfäden. Mithin bietet der ruhende Baukörper dem bewegten Wasser eine möglichst geringe Druckfläche dar, es wird sich das Wasser über den ursprünglichen Spiegel nur wenig heben, somit der durch den hydraulischen Druck erzeugte Aufstau gering sein.

5.) Die erwählte Bauform ermöglicht die bei unvollkommenen Ueberfallswehren auftretenden Erscheinungen für jeden Wasserstand, jedoch unter Erzielung des geringsten Aufstaues an der Einbaustelle.

6.) Eine wesentliche Einsenkung der Flusssohle an der Einbaustelle wird bei derartigen Baukörpern bei richtiger Ausführung vermieden.

7.) Das Fahrwasser wird selbst bei auftretenden Wirbelbewegungen nicht ungünstig beeinflusst.

8.) Durch diese Buhnenform ist weiters der schroffe Uebergang von der steilen Böschung des Baukörpers in den Flussgrund vermieden, und das Nagevermögen des Wassers unmittelbar beim Baufusse — im Gegenhalte zu den alten Bauformen — bedeutend vermindert, da der Eigenthümlichkeit der Wasserbewegung und dem hydraulischen Drucke Rechnung getragen ist.

Werden nun theoretisch ermittelte Normalprofile unter Anwendung dieser Bauform ausgebaut, so nehmen die Geschwindigkeiten in horizontalen Ebenen von den Ufern gegen die Flussmitte nach den Gesetzen von Parabeln in ganz gleicher Weise zu, wie im natürlichen, schalenförmigen, zusammengefassten Profile.

Hiedurch erscheint die natürliche Form des Flussprofiles auch bei der Normalisierung des Flusses möglichst berücksichtigt und der Umstand beachtet zu sein, dass die Querschnittsform mit Rücksicht auf den Flächeninhalt und den benetzten Umfang auf das vortheilhafteste ausgenützt wird.

Wie aus der nebenstehenden Skizze entnommen werden kann, wird bei Anwendung dieser Bauform, der Veränderlichkeit der Wasserabflussmengen nach Thunlichkeit Rechnung getragen, weil das sogenannte Doppelprofil in derselben enthalten ist.

Die zur Erhaltung und Ordnung der Flussufer, zur Einschränkung des Hochwassers im Flussthale und zur Schiffbarmachung des Flusses erforderliche Festlegung des Flussbettes mittelst künstlicher Mittel könnte, — weil wir die Ausbildung des Flussschlauches nach dem schalenförmigen Querprofile bei überwiegender Verwertung der erwählten Bauform der Buhnen für möglich halten — bei Anwendung der besprochenen, flach in den Flussgrund abfallenden Buhnen mit Parabelkronenlinie erreicht werden.

Die überwiegende Anwendung von solchen Buhnenbauten als Correctionsmittel geschiebeführender Flüsse, dürfte die Erreichung des Endzweckes einer Regulierung, also die Erfüllung nachstehend angegebener Bedingungen ermöglichen u. zw.:

1.) Ausbildung des Thalweges unter möglichster Beibehaltung der natürlichen Krümmungen.

2.) Zusammenfassen des Niedrigwassers, sowie auch aller höheren Wasserstände, welche die Höhe der natürlichen Ufer zulässt.

3.) Vermeidung besonderer Wasserspiegelsenkungen, ausgenommen jene Fälle, bei welchen zwingende Gründe sie erfordern.

4.) Abhaltung des Stromstriches und der Wassertiefe von den Ufern.

5.) Thunlichste Verlegung des Niederwassergerinnes gegen die Mitte des Inundationsgebietes.

6.) Ausführung der nicht nur nothwendigen, sondern auch vorhergesehenen Bauten.

7.) Erhaltung und Verbesserung des Fahrwassers.

8.) Erhaltung der Flusssohle als Vorbedingung für die Erhaltung der Ufer.

9.) Erzielung möglichst geringer Erhaltungskosten.

Bei dem gegenwärtigen Stande der Flussbautechnik kann es keinesfalls mit Schwierigkeiten verbunden sein, die angegebene Bauform der Buhne mit zweitheiligem Profile in einer Weise herzustellen, welche die Erhaltungskosten auf ein Minimum reduciert.

Die Wölbung der Buhnenkrone in der Richtung des Flusslaufes erhöht die Widerstandsfähigkeit des starren Constructionstheiles und dürfte die Anlage von normalen Buhnen rechtfertigen.

Es würde zu weit führen, an dieser Stelle die einzelnen Constructionen eingehend zu besprechen und nachzuweisen, dass sich bei Anwendung der erwählten Bauform wesentliche Ersparnisse an Baumaterial und Geldmitteln erzielen lassen; wir wollen nur noch hervorheben, dass auch Anschlussbauten für Parallelbauten und diese selbst billiger hergestellt und erhalten werden können, wenn bei Ausführung dieser Bauten die Parabelkronen, — beziehungsweise Parabel-Böschungslinie Berücksichtigung finden würde.

Schliesslich wollen wir erwähnen, dass „flach in den Flussgrund abfallende Buhnen mit Parabelkronenlinie und flussabwärts geneigter Axe am Kopfende“ — am Drauflusse vor Kurzem am concaven Ufer (R = 1100) in Messarschegg ausgeführt worden sind, und dass sich diese Bauten bei Hochwasser bewährt haben.

Pettau, im Juni 1898.

Ingenieur CAJETAN KRISCHAN,
k. k. Bezirks-Ingenieur.

Ingenieur LUDWIG ZWANZIGER,
k. k. Bau-Adjunct.