

A b t. I F r a g e 3

Verteilung der Geschiebeführung eines Wasserlaufes, der sich in mehrere natürliche oder künstliche Arme teilt.

Vorhersage der Betausbildung in Grundriß, Längsschnitt und Querprofilen; Vergleich zwischen diesen Vorhersagen und den tatsächlichen Ergebnissen; Fortschritte bei derartigen Vorhersagen:

Fall a) Wasserlauf, der sich in mehrere natürliche Arme teilt.

Von Prof. Dr.-Ing. Heinrich Preß, Technische Universität Berlin.

Zusammenfassung: Auf Grund eigener Beobachtungen und Messungen — deren Aufzeichnungen leider durch Kriegseinwirkung verloren gingen und daher nach der Erinnerung wiedergegeben wurden — werden nachstehend hauptsächlich an Flußspaltungen an der Oder, zum Teil bei Eingriffen, baulichen Veränderungen nach bis dahin üblichen erfolgserhoffenden Verfahren bzw. nach Versuchen angestellt, einige grundsätzliche Betrachtungen über Voraussagen und die eingetretenen Zustände in der Geschiebeablagerung bei Flußspaltungen gegeben.

Bei der Vielzahl der Einflüsse und Einwirkungen im strömenden Fluß auf die tatsächlich auftretenden Erscheinungen bei Flußspaltungen können natürlich nur gewisse Richtlinien und Hinweise für die Gestaltung und Ausbildung und die zu erwartenden Geschiebeverhältnisse u. a. aufgezeichnet werden, die auf Grund der Erfahrungen, Beobachtungen in der Praxis nach Modellversuchen ermittelt wurden.

Die Sicherheit der Schifffahrt, die Sorge um geringe Unterhaltungskosten fordert das Vermeiden von Verladungen an für Schifffahrt und Wasserabfluß erforderlichen Stellen.

Über die hydraulischen Vorgänge und Einzelfragen können Modellversuche über Flußspaltungen quantitativ übertragbar entsprechend den Modellgesetzen, wie allgemein bestätigt, gute Ergebnisse erzielen, selbstverständlich vorausgesetzt einwandfreie Durchführung und hinreichend großer Modellmaßstab.

Modellgeschiebe-Untersuchungen für diese Sonderfrage sind jedoch nach den heutigen Erkenntnissen bei sorgfältigster Ausführung und entsprechenden Maßstäben auf die Natur bisher nur qualitativ übertragbar. Es ist daher dringend und immer wieder zu fordern, daß weit mehr als bisher die mit den Arbeiten am Fluß beauftragten Dienststellen zu laufenden Messungen und Beobachtungen angehalten werden und diese — nicht nur auf diesem Geschiebegebiet — ermittelten Ergebnisse mit Modelluntersuchungen verglichen werden.

Nur durch Sammlung einwandfreier Messungen in der Natur und ihre Auswertung bei grundsätzlichen Modelluntersuchungen in möglichst verschiedenen aber großen Maßstäben ist zu hoffen, z. B. den Geschiebeproblemen auch quantitativ wirklich erfolgreich näher zu kommen.

Durch die Flußspaltung wird nicht nur der Nebenarm, sondern auch der Hauptlauf betroffen, so daß es auch im Hauptlauf infolge der geringeren Wassermengen, der geringeren Energie zu Geschiebeablagerungen kommen kann, wenn nicht Einengung vorgenommen wird. Aber es ist auch auf den mitunter wechselnden Charakter von Haupt- und Nebenarm hinzuweisen. Das Geschiebe wandert, wenn es nicht aufgewirbelt wird, an der Sohle entlang und folgt, wie allgemein bekannt, der langsamen Sohlenströmung, wird also bei langsamer Sohlenströmung im Nebenarm in diesen gelangen. Durch geschickte Grundrißgestaltung ist es zweifellos jedoch möglich, dafür zu sorgen, daß weniger Geschiebe in den Nebenarm hineingerät.

Natürlich kommt es wesentlich darauf an, und danach haben sich u. a. die zu treffenden Maßnahmen zu richten, wo — starke oder stärkere Strömung vorausgesetzt — die Abzweigung erfolgt, ob in gerader Strecke, in der Krümmung am konkaven oder am konvexen Ufer, ob am Anfang, in der Mitte oder am Ende der Krümmung und unter welchem Winkel die Abzweigung zur Stromrichtung gerichtet ist. Wie Versuche und Naturbeobachtungen erwiesen haben, gelangt im allgemeinen in einen mit großem Winkel von einer geraden Flußstrecke abzweigenden Arm erheblich mehr Geschiebe als in einen mit geringem Winkel abzweigenden Arm.

Am Hohlufer ist die Versandungsgefahr selbstverständlich geringer als in der zumeist labilen geraden Strecke oder sogar am vorspringenden Ufer.

Je größer die Geschwindigkeit des Wassers und je stärker die Krümmung ist, um so ausgeprägter ist die von der Fliehkraft verursachte Spiralbewegung und damit die auftretende Geschiebebewegung. Je mehr also der Abzweig nach dem Ende der Krümmung zu liegt, um so mehr macht sich die erhöhte Geschiebebewegung bemerkbar, während eine Abzweigung zu Beginn der Krümmung noch nicht so sehr der sich erst mit der Krümmung entwickelten Spiralbewegung mit ihren Folgen ausgesetzt ist.

Natürlich spielen außerdem neben Querschnittsgröße und -form das Gefälle, die Rauigkeit, die Fließwiderstände, die weiteren Krümmungen und Gegenkrümmungen, Verbreiterungen oder Verengungen, der Wind u. a., aber auch besonders bei kurzen Abzweigungen der Einfluß und die Beeinträchtigung durch die Ausmündung eine Rolle.

Dabei ist die Lage (Richtung) der Ausmündung wesentlich, wobei evtl. Aufstau durch die Fliehkraft in der Hauptarmkrümmung verursacht, die Druckhöhe der Fließgeschwindigkeit des Hauptarmes, die Ejektorwirkung der Hauptarmströmung u. a. zu beachten sind.

Auch ist die Flußverbreiterung an der Gabelung, die führungslose Stromstrecke u. a. zu berücksichtigen.

Bei engem Flußbett und scharfer Krümmung soll der Winkel zwischen Flußachse und Abzweigachse möglichst gering sein, wobei eine möglichst nur kurze und geringe Verbreiterungsstrecke und nur eine kurze Unterbrechung der straffen Stromführung anzustreben ist. Jede Verbreiterung des Flußbettes gibt wegen der Verringerung der Geschwindigkeiten und Wassertiefe Ursache zur Verlandung, auch entstehen mit der größeren Verbreiterung vor der Gabelung für die Schifffahrt unangenehme Querströmungen.

Darüber hinaus führt jeder Abzweig zu Wasserwalzen, die im Kern Geschiebe aufweisen. Auch bringt die schwankende Verteilung der Abflußmengen bei wechselnden Wasserständen in den Abflußarmen unter Umständen entsprechende Verlandung.

Bei breitem Flußbett und geringer Strömung soll der Abzweig mit spitzem Winkel ausgebildet sein, wobei auf möglichst geringe Verbreiterung des Flußbettes an der Abzweigstelle und weitgehende Verkürzung der führungslosen Strecke Wert zu legen ist.

Zur Verkürzung der führungslosen Strecke werden vielfach Bühnen angeordnet oder besser das in Frage kommende Stück der Böschung molenartig ausgebildet. Das vielfach durchgeführte Vorziehen des Trennteiles hat für die Geschiebebewegung jedoch kaum, nur für die Schifffahrt Vorteile.

Im allgemeinen findet eine Versandung des schwächeren Armes statt, wenn er nicht von etwa Mitte bis Ende eines Hohlufers, einer Krümmung abzweigt.

Wegen der Gefahr der Versandung ist es daher auch zweckmäßig, wie bei zahlreichen Flußstrecken, besonders Mündungen durchgeführt, z. B. in der Oder, die verschiedenen Abzweigungen abzuschließen und eine straffe Führung des Hauptarmes durchzuführen. Auch empfiehlt es sich nicht, beide Arme, wenn nur zwei vorhanden, gleich auszubilden, wie dies mitunter ausgeführt wurde, selbst wenn auf die Strömungsverhältnisse Rücksicht zusätzlich in den Flußarmen genommen wird, da Ablösungen, Totwasserbereiche, labile Wirbel und Walzen, aber auch Wind und andere örtliche Einflüsse bei den verschiedenen Wasserständen bzw. Mengen und Geschwindigkeiten schwankende Einflüsse ausüben, die mal den einen, dann den anderen, schließlich einen wesentlich mehr ver-länden lassen.

Bei dem labilen Charakter der sich bildenden Stau- und Ablösungswalzen, den mit den Änderungen der Wasserstände, Wassermengen und Geschwindigkeiten und deren Folgen auftretenden Wechselfällen und Schwankungen gehört außerordentliche Erfahrung zur Beurteilung der Verhältnisse. Auch ist zu beachten, daß schon geringe Änderung eines der maßgebenden Faktoren infolge des labilen Charakters ein Umschlagen verursachen kann.

Es muß Aufgabe der zu treffenden Maßnahmen sein, entweder die an der Sohle entlang wandernden Geschiebekörner nicht aufwirbeln zu lassen, oder aber sie dann dort zur Ablagerung zu bringen, wo sie nicht schaden.

Bei Krümmungen tritt jedoch infolge der Fliehkraft statt der fortschreitenden Fließbewegung Spiralbewegung auf, so daß mit dem Verdrängen des langsam fließenden tieferen Wassers nach dem ausspringenden Ufer durch die Spiralbewegung höhergerissenes Geschiebe dort auflanden wird, um so mehr, wenn infolge der Abzweigung Bettverbreiterung eintritt. Der Einbau von kurzen Gegenkrümmungen oder Bauwerken, die solche erzeugen, hat sich jedoch, wie Ausführungen in der Oder zeigten, in keiner Weise bewährt.

Infolge der Längsströmung am Ufer entsteht ferner beim Abzweig eine Walze mit stehender Achse, die weitere stehende Walzen, aber entgegengesetzt drehend, die alle im Kern Geschiebe führen, verursacht.

Eine weitere labile Walze, jedoch mit liegender Achse, entsteht schließlich durch den von der Geschwindigkeitshöhe im Abzweig verursachten Aufstau. Diese Walze verändert sich stark mit den Abflußverhältnissen, so daß sich je nach den Werten eine entsprechende räumliche Bewegung ausrichtet.

Um Auskunft über Anlandungen und Kolke zu geben, ist es wichtig, den Oberflächen- und Sohlenverlauf dieser Bewegung zu erkennen, die durch die Ausbildung des Trenndammkopfes beeinflußt werden. So bilden sich z. B. bei zu scharfer Umlenkung am Trenndammkopf Kolke.

Häufig wird dabei an der Sohle der Abzweigstelle bis etwa Mitte flußauf gerichtete Strömung, an der Oberfläche bis etwa Mitte Abzweig flußabwärts gerichtetes Einströmen festzustellen sein. Bei der Abzweigung kommt es also darauf an, Ablösungen, Totwasser, Wirbel und Walzen zu vermeiden, bei geringster Bettverbreiterung, geringstem führungslosen Bereich dafür zu sorgen, daß Walzen und Wirbel, Totwasserstellen sich nur dort entwickeln und dementsprechend Geschiebeablagerungsstellen sich dort bilden, wo Geschiebe nicht hinderlich ist*).

*) Über Abzweigungen laufen im übrigen vom Verfasser Modellversuche in der ihm unterstellten Wasserbauabteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau, Berlin, über die in den betreffenden Instituts-Mitteilungen berichtet wird.

In der Abzweigung selbst wird bei evtl. Minderung der Spiralbewegung, bei geringer Fließgeschwindigkeit z. B. durch Aufstau u. a. je nach dem Quergefälle Auflandung erfolgen, wenn nicht der Einfluß der Ausmündung, z. B. die Ejektorwirkung u. a., sich schon bemerkbar macht. Mit gutem Erfolg ist von dieser Erscheinung an einigen Stellen in der Oder durch Verkürzung der Abzweige Gebrauch gemacht worden. Die ursprünglichen Anlandungen verschwanden infolge der günstigen Ejektorwirkung des Hauptflusses auf den verkürzten Nebenarm.

Die angestellten Betrachtungen beziehen sich nicht auf Tidegebiete, bei denen entsprechend den Tiden auftretende Querströmungen, Form, Lage, Länge der Abzweigung, besonders in bezug zum zumeist ausschlaggebenden, im allgemeinen stärkeren und länger andauernden Ebbstrom u. a. Einfluß haben.

Schlusfolgerungen.

1. Nach dem gegenwärtigen Stand der Kenntnis ist eine genaue quantitative Prognose bezüglich des zeitlichen und örtlichen Verhaltens des Geschiebes bei Stromspaltungen im Zusammenhang mit den einzelnen Perioden des Abflußvorganges im allgemeinen nicht mit Sicherheit möglich.
2. Unter Annahme gewisser Regulierungsgrundsätze, die auf Grund von Erfahrungen bei Natur- und Modellversuchen entwickelt sind, besteht die Möglichkeit, die qualitative Tendenz im Verhalten des Geschiebes bei Stromspaltungen annähernd vorauszubestimmen, wobei diese Möglichkeit eng an die im Einzelfall vorliegenden örtlichen Verhältnisse und ihre genaue Kenntnis gebunden ist.
3. Die unter 2. genannte Möglichkeit kann wesentlich gesteigert werden, wenn zuverlässige Versuchsmethoden mit hinreichend großem Maßstab entwickelt werden. Bei hydraulischen Vorgängen geben entsprechende Modelluntersuchungen die Möglichkeit zur qualitativen und quantitativen Prognose.

Abt. I Frage 3

Verteilung der Geschiebeführung eines Flußlaufes, der sich in mehrere natürliche oder künstliche Arme teilt.

Fall b) Seitenkanal für Schiffahrt und Krafterzeugung (oder ohne Krafterzeugung). Maßnahmen, die die Bildung von Ablagerungen im Seitenkanal vermeiden.

Von Dr.-Ing. F. J a m b o r,

Regierungsbaurat bei der Bundesanstalt für Wasserbau in Karlsruhe.

Zusammenfassung: Es wird das Ergebnis von Modellversuchen beschrieben, nach welchem in der Wiedereinmündung eines Kanals in den Fluß Geschiebeablagerungen vermieden werden können, auch wenn die Einmündung am inneren Ufer einer Flußkrümmung angeordnet werden muß. Nach dem Versagen der bisher üblichen Mittel des Flußbaues ist im Zusammenwirken mehrerer, etwa 15 m langer und nur 0,70 m über die Sohle herausragender gekrümmter Spundwandabschnitte, hintereinander in Strömungsrichtung angeordnet, ein neues Hilfsmittel des Flußbaues entwickelt worden, das es gestattet, auf eine bestimmte Flußstrecke willkürlich eine Spiralströmung des Flusses umzukehren oder neu zu schaffen, in ihrer Strömungskraft zu regeln und so die Richtung der Sohlströmung als Ursache der Verlandung ebenfalls umzukehren oder abzuändern.