

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. ä. Einfluß haben.

Schl u ß f o l g e r u n g e n .

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.

A b t . I F r a g e 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.

Es wird im Zwange der örtlichen Gegebenheiten immer wieder vorkommen, daß die Einmündung eines Seitenkanals für die Schifffahrt und Krafterzeugung oder die Schifffahrt allein nicht am äußeren*) Ufer einer Flußkrümmung zu liegen kommt, wo die Befürchtungen für eine Verlandung der Kanaleinmündung gering zu achten sind. In einem solchen Fall ist man vor die Aufgabe gestellt, Vorkehrungen anzuordnen, durch welche die zu erwartenden Anlandungen verhindert oder auf ein erträgliches Maß herabgemindert werden.

Die Wasser- und Schifffahrtsdirektion Münster der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes sah sich im Zuge des Umbaus der Staustufe Bollingerfähr des Dortmund-Ems-Kanals durch örtliche Verhältnisse gezwungen, die Wiedereinmündung des Schleusenunterkanals in den Emsfluß am Innenufer*) einer längeren Flußkrümmung anzuordnen. Das von der Ems mitgeführte Geschiebe besteht aus feinem Sand, der bei einer Geschwindigkeit von rd. 0,80 m/s in Bewegung gerät und bei 0,50 m/s wieder abgesetzt wird. Seine Korngröße schwankt von 0,1 bis 0,7 mm bei 0,3 mm Durchmesser für 50% Siebdurchgang. Es muß daher besonders bei Hochwässern an der Stelle der plötzlichen Querschnittserweiterung des Emsflusses, d. i. im Kanalmund, mit größeren Ablagerungen gerechnet werden, die für die Schifffahrt zum Hindernis werden. Die Wasser- und Schifffahrtsdirektion Münster wandte sich daher an die Bundesanstalt für Wasserbau in Karlsruhe mit der Bitte, Einrichtungen oder Uferabänderungen vorzuschlagen und zu erproben, welche diese zu erwartenden Ablagerungen verhindern oder wesentlich eindämmen.

In Verfolg dieser Arbeiten wurden nacheinander zwei Modelle der Ems und des einmündenden Schleusenunterkanals aufgebaut, wobei die rechts und links an den Flußschlauch anschließenden Überflutungsgebiete zur Vereinfachung nicht mit dargestellt wurden:

- a) Modell für die Einmündung des Schleusenunterkanals am Innenufer des Emsflusses im Modellmaßstab 1 : 45,
- b) Modell für die Einmündung des Schleusenunterkanals bei Vorschaltung einer Gegenkrümmung des Flusses, durch welche die Kanaleinmündung am Außenufer des Flusses zu liegen kommt, im Maßstab 1 : 40.

Die Verkleinerung des natürlichen Flußgeschiebes zum Modellgeschiebe war undurchführbar, da der so entstehende Gesteinsstaub unter dem Korndurchmesser liegt, von dem ab noch übertragbare Schlüsse vom Modell in die Natur möglich sind. Es mußte daher zu einem größeren, aber spezifisch leichteren Modellgeschiebe gegriffen werden, dem vielfach erprobten Braunkohlengrus von 0,5 bis 5,0 mm Korngröße und für ergänzende Prüfungen zu gewässertem Sägemehl. Dadurch sind die Versuche zwar keine Absolutversuche mehr, aber ihre Ergebnisse verbleiben qualitativ untereinander vergleichbar.

Die maßgebenden Wasserführungen im Flußschlauch der Ems und die zugehörigen Wasserstände am Schleusenunterpegel waren:

$$\text{HSchQ} = 385 \text{ m}^3/\text{s} + 4,77 \text{ m NN},$$

$$\text{HQ}_{1880} = 500 \text{ m}^3/\text{s} + 4,95 \text{ m NN},$$

$$\text{HHQ}_{1940} = 800 \text{ m}^3/\text{s} + 5,50 \text{ m NN}.$$

*) Im folgenden bezeichnet:
 »inneres Ufer« das linke Ufer der Figur,
 »äußeres Ufer« das rechte Ufer der Figur.
 Der Fluß fließt von links nach rechts.

Der hydrostatische Stau des Wehres unterhalb liegt auf + 2,00 m NN, die Flußsohle auf - 1,50 m NN. Die geringste Wassertiefe beträgt daher 3,50 m. Die größten verkehrenden Schiffe haben eine Tauchtiefe von 2,50 m. Die Umrechnung dieser Wassermengen geschah nach dem Froudeschen Ähnlichkeitsgesetz, so daß 100 m³/s in der Natur 7,36 l/s bzw. 9,88 l/s entsprechen.

Um die Auswirkungen der einzelnen Maßnahmen untereinander vergleichen zu können, wurde die Versuchsdauer bei allen Versuchen, wenn nicht besondere Abänderungen dies verlangten, gleich groß zu 8 Stunden, entsprechend 53,7 bzw. 50,6 Stunden in der Natur angenommen, wobei sich immer ein Beharrungszustand der Sohle für Geschiebegleichgewicht ausbildete.

Die Versuche am Modell a):

Bei Vorversuchen im Modell mit einer festen Sohle entstanden, wie erwartet, für alle untersuchten Wasserführungen mächtige Geschiebeablagerungen in der Kanalmündung, die auch durch die herkömmlichen Mittel des Flußbaues nicht verhindert werden konnten. Der Versuch, mittels Buhnen die Strömung rasch an das linke Ufer zu drücken, brachte ebenso wie der gegenteilige Versuch, die Strömung durch Abweismassen und Buhnen am rechten Ufer zusammenzuhalten, keine Verbesserung. Auch die Anordnung einer durchbrochenen Trennmole mit Geschiebeschwelle als Verlängerung der festen Trennschwelle, um die Ausbildung der Ablösungswalze zu verhindern oder bis zur Unwirksamkeit zu schwächen und dadurch den Geschiebeeinzug in den Kanal zu verhindern, brachte trotz vieler Variationen des Öffnungsverhältnisses und der Öffnungshöhe über Sohle nicht den gewünschten Erfolg. Die Gesamtmenge der Ablagerung wurde zwar vermindert, blieb aber unzulässig groß. Es kam immer zu einer Geschiebekonzentration an der durchbrochenen Mole, und die Schleppkraft des Flusses war am Ende der Mole auf dem schmalen Streifen der Geschiebewanderung nicht stark genug, die gesamte Geschiebemenge weiterzuführen. Es mußte daher angestrebt werden, diese Geschiebekonzentration aufzulockern, indem einzelne über die Sohle herausragende, nebeneinander über die Flußbreite angeordnete Spundwandabschnitte ähnlich einem aufgelösten Schneeflug das Geschiebeband in eine Reihe von Einzelbändern auflösen sollten. Das Ergebnis war ermutigend. Durch eine entsprechende Wahl der gegenseitigen Lage und des Anstellwinkels ließen sich die Stärken der einzelnen Geschiebebänder so abstimmen, daß der Hauptgeschiebestrom am rechten, d. i. dem äußeren Ufer der Flußkrümmung entlang zog.

Durch die bisherigen Versuche mit einer unveränderlichen, festen Modellsohle, entsprechend dem Ausbauplan, war es nicht möglich, die sich ständig verändernden Strömungs- und vor allem Sohlströmungsverhältnisse (Größe und Richtung der Sohlströmung) zu berücksichtigen, die der Fluß sich selbst durch die ständige Umgestaltung seiner Sohle schafft. Auch weicht das Verhalten des einzelnen Geschiebekornes auf der festen Sohle ab von dem Verhalten im großen Verbände mit dem anderen, die Sohle in dicker Schicht bildenden Geschiebe. Es war daher notwendig, das an sich günstige Ergebnis einer Auflockerung des Geschiebebandes durch einzelne Spundwandabschnitte in einem Modell mit beweglicher Sohle (Geschiebesohle) zu überprüfen.

In Übereinstimmung mit den Vorversuchen ergab sich in der Kanaleinmündung ohne besondere Zusatzbauten eine große 3,50 bis 4,0 m hohe Barre (siehe Bild 1). Ebenso fanden auch die übrigen mit fester Sohle ausgeführten Versuchsergebnisse ihre qualitative Bestätigung. Die Versuche mit 0,70 m über die Sohle heraus-

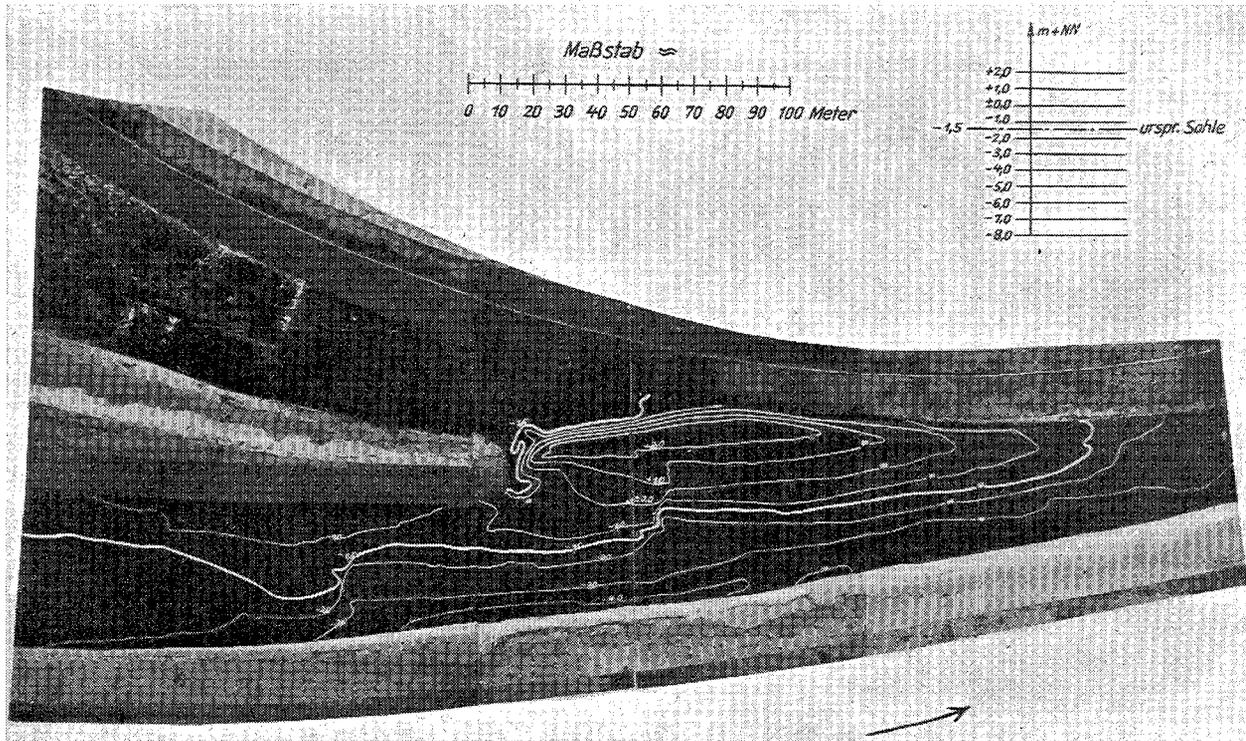


Abb. 1. Geschiebeablagerung in der Kanaleinmündung ohne besondere Zusatzbauten.
HHQ im Flußschlauch = 800 m³/s, Schleusenunterpegel = + 5,50 m NN
Modellgeschiebe = Braunkohlengrus

ragenden Spundwandabschnitten, nebeneinander über die Flußbreite angeordnet, befriedigten nicht völlig, trotzdem sie die Ablagerungshöhe gegenüber dem Versuch ohne jegliche Einbauten um rund die Hälfte verkleinerten. Es kam vor, daß ein Teil von ihnen von einer durchwandernden Sandbank (Braunkohlengrus) vollkommen verschüttet wurde und sie daher bis zu ihrem folgenden Wiedereinspülen unwirksam blieben. In dieser Zeit konnten Ablagerungen in den Raum vor dem Kanalmund einwandern, blieben dort liegen und wurden selbst bei Wiedereintritt der Wirkung der Spundwandabschnitte nicht mehr abgebaut. Der Grund des Versagens war immer noch die starke Geschiebekonzentration am unteren Ende der Geschiebeabweisschwelle von 2,70 m Höhe über Flußsohle und die geringe Höhe der Spundwandabschnitte über Sohle.

Da die Höhe der Spundwandabschnitte über der Flußsohle sich aus Gründen des Schiffahrtsbetriebes nicht vergrößern ließ, verblieb als Abhilfe nur, die Konzentration des Geschiebestromes am unteren Ende der Geschiebeabweisschwelle weiter zu verringern. Aus der Versuchsbeobachtung ergab sich, daß große Geschiebemengen von der rechten äußeren Flußhälfte schräg zur Geschiebeschwelle herüberwandern. Es wurden daher die Spundwandabschnitte hintereinander in dieser Hauptbahn der Geschiebezuwanderung eingesetzt, um dieses Geschiebe schon frühzeitig zu erfassen und gegen das rechte Flußufer zu drücken. Der Erfolg dieser Maßnahme war überraschend. Während die Spundwandabschnitte in ihrer Anordnung nebeneinander die Geschiebekörner nur um die Abschnittsbreite oder nicht wesentlich darüber hinaus zur Seite beförderten, wurde jetzt in ihrer Anordnung hintereinander in der Strömungsrichtung nach dem letzten Spundwandabschnitt das Geschiebe um ein Mehrfaches der Abschnittsbreite zur Seite an das rechte Flußufer geworfen. Diese Wirkung blieb noch weiter unterhalb des letzten Spundwandabschnittes erhalten. Keinem Geschiebekorn gelang der Eintritt in den Kanalmund. Ein tiefer Kolk lagerte sich schützend vor den Kanalmund und entstand gerade dort, wo früher die Hauptablagerung stattgefunden hatte (siehe Bild 2).

Die Erklärung ergab sich aus der Beobachtung des Versuches. Der Emsfluß liegt mit einem Radius von 450 m in einer Linkskrümmung. Dies führt zur Ausbildung einer Spiralströmung im Uhrzeigersinn. Die von Geschiebe unbelasteten Wassermassen tauchen am rechten Ufer unter, kolken, und die zum linken Ufer gerichtete Sohlströmung führt diese Geschiebemassen zum linken Flußufer. So kommt es bei der plötzlichen Querschnittserweiterung an der Kanaleinmündung zur Ablagerung dieser Geschiebemassen im weniger durchströmten Kanalmund.

Beim Einsetzen der gekrümmten Spundwandabschnitte hintereinander in Strömungsrichtung zeigt sich folgendes: Oberstrom der Abschnitte kommt es durch die Anströmung zu einer Druckerhöhung und die anströmenden Wasser- und Geschiebemengen müssen ähnlich wie vor einem Schneepflug nach der Seite (rechts) ausweichen. Die nach links gerichtete Sohlströmung des unbeeinflussten Flusses wird dadurch bereits gestört. Die über den Spundwandabschnitten überfallende Wassermenge erzeugt hinter den Spundwänden einen Sog und eine Ablösungswalze, die mit der Strömungsrichtung an der Spundwand entlang gleitend zu einer Walze, entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn drehend, ausgebildet wird. Diese Walze saugt von links her einen kräftigen Geschiebestrom an und wirft ihn nach rechts an das rechte Ufer. Der Drehsinn dieser Horizontalwalze bleibt, wenn auch etwas geschwächt, nach abwärts erhalten, bis sie mit der Stromrichtung auf den nächsten gekrümmten Spundwandabschnitt stößt. Dort wird die ankommende Kraft der Walze noch wesentlich versärkt und so weiter

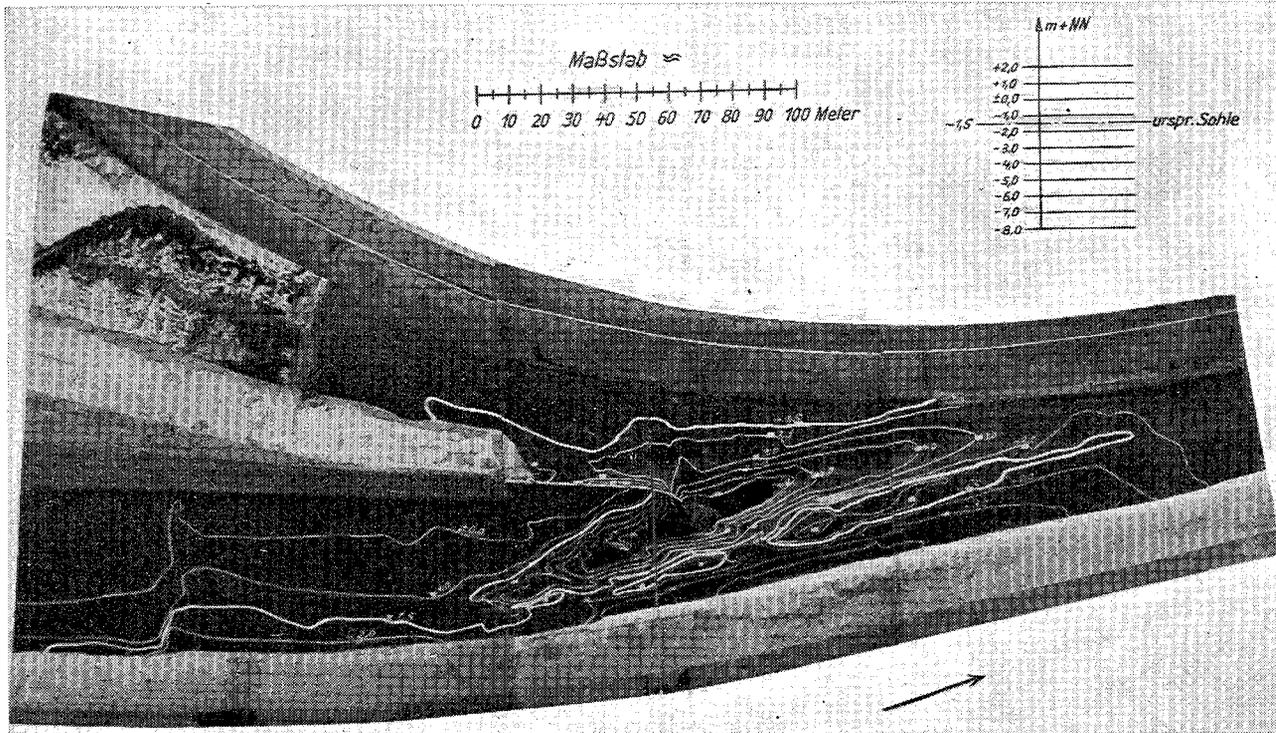


Abb. 2. Kolk vor der Kanaleinmündung mit einer angesetzten 2,70 m hohen und 60 m langen Geschiebeabweisschwelle mit 4 Umkehrern der Spiralströmung von je 15,0 m Länge und 0,70 m Höhe über Sohle.

$Q_{\text{im Flußschlauch}} = 800 \text{ m}^3/\text{s}$, Schleusenunterpegel = + 5,50 m NN
 Modellgeschiebe = Braunkohlengrus

an jedem übrigen folgenden Spundwandabschnitt, bis sie nach dem letzten Abschnitt zu einer dem natürlichen Fluß entgegengesetzten und kräftigeren Walze ausgebildet ist, die die Sohlströmung auf eine lange Strecke noch unterhalb des letzten Spundwandabschnittes in ihrer Richtung umkehrt und so Ablagerungen nicht im Kanalmund, sondern am abgekehrten rechten Außenufer erzeugt. Es haben sich somit die einzelnen gekrümmten Spundwandabschnitte, nacheinander in Strömungsrichtung angeordnet, zu einem Mittel entwickelt, den Drehsinn der natürlichen Spiralströmung auf eine bestimmte Strecke willkürlich in sein Gegenteil umzukehren (Umkehrer der Spiralströmung oder Strömungspflug).

Um auch zu untersuchen, ob ein leichter bewegliches Geschiebematerial als Braunkohlengrus zu Ablagerungen im Kanalmund führen könnte, wurde gewässertes Sägemehl dem Fluß als Geschiebe zugegeben, welches in der Natur feinem Sande oder Schwebstoffen entsprechen dürfte. Es konnte auch dabei keinerlei Absetztendenz im Kanalmund oder unterhalb festgestellt werden.

Günstig erwies es sich auch, etwa 180 m oberhalb der Trennschleuse den rechten Schutzdamm des Schleusenunterkanals auf eine Strecke von rd. 60 m bis auf die Höhe des HSchW = + 4,50 m NN abzutragen, damit bei einem höheren Hochwasser (HHW 1946 = + 5,50 m NN) eine gewisse ungefährliche Wassermenge in den unteren Schleusenvorhafen eindringen und an der Mündungsspitze wiederum in die Ems ausmünden kann. Dadurch wird die Ablösungswalze weiter geschwächt, und die Ausbreitung der Emswassermenge an der Kanalmündung ebenfalls vermindert.

Nachdem in so glücklicher Weise sich die Tendenz dieser Einrichtung geoffenbart hatte, war es nunmehr der Zweck der folgenden Versuche, durch Schwächung der umgekehrten Spiralströmung die entstandene Kolktiefe zu ermäßigen, ohne es zu Ablagerungen im Kanalmund kommen zu lassen. Nach mehreren Versuchen erwies sich 3 Strömungsumkehrer, nacheinander in Strömungsrichtung angeordnet, als ausreichend. Ein Strömungsumkehrer am linken Ufer verminderte wesentlich den Geschiebezudrang zur Geschiebeabweisschwelle, indem er die Gruppe der 3 Hauptumkehrer speiste. Ein Dauerversuch von 27 Stunden = 7,55 Tage in der Natur, in dem 3 verschiedene Hochwasser mit verschiedenen Anstiegs- und Abfallzeiten (1:4, 1:3 und 1:2) bei $Q_{\max} = 800 \text{ m}^3/\text{s}$ im Flußschlauch ohne Unterbrechung nacheinander zum Abfluß gebracht wurden, stellte die Brauchbarkeit der Gesamtanordnung unter Beweis. Es zeigten sich auch dabei keine Ablagerungen im Kanalmund und an der Schiffahrtsseite der Ems. Auch bei Probeversuchen mit gewässertem Sägemehl als feinstem Geschiebe und Schwebstoff zeigten sich keinerlei Absetztendenzen im Kanalmund und unterhalb.

Die Versuche am Modell b):

Die vorausgegangenen Versuche hatten den Zweck, für die angegebene Grundrißlösung der Kanaleinmündung am inneren Flußufer Abänderungen und Zusatzeinrichtungen vorzuschlagen, die eine Verlandung der Kanalsole mit Sicherheit vermeiden. In den folgenden Versuchen soll — neben einer Vergrößerung der Sichtlänge für ein einfahrendes Schiff — der gleiche Zweck der Vermeidung von Ablagerungen im Kanalmund erreicht werden, indem durch eine eingeschaltete Gegenkrümmung des Flusses die Einmündung des Schleusenunterkanals am äußeren Flußufer zu liegen kommt.

Im Versuch hatte dabei der Stromstrich an der Kanalmündung noch nicht zum linken Ufer hinübergewechselt und erreichte dies erst weiter flußab. Als Folge ergaben sich Anlandungen an der Mündungsspitze und vor dem Kanalmund in der Höhe von 1,75 m. Das Ergebnis dieser Versuche stimmte mit der bekannten

Erfahrung überein, daß der Kolk in einer Flußkrümmung sich erst unterhalb der Krümmungsmittle einstellt. Es müßte daher der Gegenkrümmungsast oberhalb des Kanalraundes wesentlich verlängert werden. Dann würde der Kolk vom linken Ufer weiter stromauf wandern und sich vor die Kanalraündung legen. Diese Verlängerung des Krümmungsastes oberhalb verhindern aber die örtlichen Verhältnisse in der Natur, da dann der Anschluß an die bereits fertiggestellte Flußstrecke nicht mehr erreicht würde. Da die natürliche Krümmung des Flusses demnach nicht hinreicht, Ablagerungen im Kanalraund zu vermeiden, wurden nach den guten Erfahrungen der vorhergehenden Versuche mit den Umkehrern der Spiralströmung (Strömungspflug) diese auch hier erprobt. Nachdem nach einigen Vorversuchen beachtet wurde, daß die abzulenkende Strömung aus der vorhandenen größten natürlichen des Flusses herausgeholt werden muß — so daß also die oberste Strömungspflugschar nahe dem rechten Ufer zu liegen kam, an dem die Strömung anlag, und erst die 2. und 3. Pflugschar die Strömung quer über den Fluß an das linke Ufer herüberbrachte — zeigte sich auch hier der Erfolg. Es gelang, einen zusammenhängenden Kolk vom rechten Außenufer quer über den Fluß herüber zu holen, vor die Kanalraündung zu legen und die Verbindung mit dem linksufrigen Kolke unterhalb der Kanalraündung herzustellen. Ablagerungen im Kanal traten nicht mehr auf.

Im Bestreben, ohne Anwendung dieses Strömungspfluges mit den herkömmlichen Mitteln des Flußbaues ebenfalls das Ziel einer ablagerungsfreien Kanalraeinmündung zu erreichen, wurde versucht, durch Einbau von Buhnen am rechten Flußufer und durch ein Ansetzen der Gegenkrümmung noch weiter stromauf mit einer gleichzeitigen Verschärfung der Krümmungen die Strömungstendenz vom rechten zum linken Ufer zu unterstützen. In beiden Versuchen wurde zwar das Ziel der ablagerungsfreien Kanalraeinmündung erreicht. Es wurde aber erkauft mit einer vollkommenen Verwilderung der Flußsohle. Die Kolke an den Buhnenköpfen des Außenufers werden sehr tief und fließen zu einem gemeinsamen Kolk zusammen. Durch die verschärfte Krümmung wird die Strömung nicht mehr allmählich umgelenkt, sondern trifft mit einem stumpfen Winkel unmittelbar auf das Prallufer auf, wird zurückgeworfen und bedroht das Gegenufer in der gleichen Weise. Verstärkt wird diese Kolkwirkung noch dadurch, daß es an den Innenufern zu mächtigen Auflandungen kommt, die für den Durchflußquerschnitt ausfallen. Der Fluß muß sich dafür Ersatz schaffen, indem er sich in die Tiefe gräbt. Die Unterhaltungskosten dieser Flußstrecke würden einen Ausbau mit diesen Hilfsmitteln verhindern.

Es sei betont, daß diese Versuche in dem Bestreben ausgeführt wurden, die Wiedereinmündung eines Kanals in den Fluß, also den unteren Kanalraund von Geschiebeablagerungen frei zu halten. Daher gelten die gefundenen Ergebnisse unmittelbar auch nur für diese Stelle. Für die Abzweigung eines Kanals vom Fluß, also für den oberen Kanalraund, liegen Versuchsergebnisse über die Anwendung dieser Umkehrer der Spiralströmung (Strömungspflug) zur Zeit noch nicht vor, doch erscheint es nicht zweifelhaft, daß sie nach Berücksichtigung der besonderen Gegebenheiten dieses Flußabschnittes es auch hier vermögen, auf eine bestimmte Strecke durch die willkürliche Umkehr oder Erzeugung einer in ihrer Strömungskraft regelbaren Spiralströmung als Ergebnis eine Sohlströmung zu schaffen, die durch ihre Richtung und Größe einen Geschiebeeinzug in den Kanal verhindert oder wesentlich schwächt.