

Anlage 28 zum Bericht No. 42 aus Brüssel  
vom 1ten März 1895.

5426/95

24

VI. INTERNATIONALER BINNENSCHIFFFAHRTS-CONGRESS  
HAAG, 1894.

7. FRAGE.

REGULIRUNG

DER

FLÜSSE FÜR NIEDRIGWASSER,

VON

SEIDEL,

Königl. Wasserbau-Inspektor in Memel.

*F. No. 19875*



H A A G,

Druck von GEBR. BELINFANTE, A. D. SCHINKEL Nachf.,

PAVELJOENGRACHT, 19.

1894.

43715011



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000318972

## VI. Internationaler Binnenschiffahrts-Congress

Im HAAG. — 1894.

---

# REGULIRUNG DER FLÜSSE FÜR NIEDRIGWASSER

VON

**SEIDEL,**

Königl. Wasserbau-Inspektor in Memel.

---

In den letzten Jahrzehnten ist die Schiffbarkeit der grossen Ströme Norddeutschlands bei Niedrigwasser erheblich verbessert, nachdem deren planmässige Regulirung im Interesse des anliegenden Geländes und der Schiffahrt durch Sicherung und Festlegung der Ufer nach bestimmten Korrektionslinien unter Einschränkung und Normalisirung der *Flussbreiten* durchgeführt ist. Die mit Buhnen und stellenweise mit Deckwerken, auch mit Parallelwerken, ausgebauten Normalbreiten wurden mangels wissenschaftlicher Unterlagen auf Grund der Erfahrung bewährter Hydrotekten festgesetzt, und dabei die Krone der Werke etwa in Mittelwasserhöhe gelegt.

Die vorgenommene Einschränkung hat eine Vertiefung der Flussbetten bewirkt, die vornehmlich durch Auswaschung der Sohle erreicht worden ist. Denn die Auswaschung braucht die verbaute Fläche nicht völlig, sondern nur theilweise durch Zunahme der Tiefe nach zu ersetzen, um die gleiche Abführungsfähigkeit der Querschnitte zu erzielen, weil diese mit der vermehrten Tiefe stärker wächst. Die beim Beginn der Regulirungen durch die Einschränkung stattgefundenen Spiegelhebungen, Anstauungen, welche grössere Geschwindigkeit und stärkere Auswaschung bedingen, werden mit der Zeit, nachdem sich das Gefälle ausgeglichen hat und wiederum ein Gleichgewichtszustand eingetreten ist, zum weitaus grössten Theile verschwunden sein, zumal da allenthalben eine sehr wesentliche Vertiefung durch Baggerung stattgefunden hat.

Den vor der bisherigen Regulirung programmässig gestellten Forderungen in Bezug auf die Vergrößerung der Fahrtiefen ist aber nicht überall genügt, der volle Erfolg ausgeblieben; auch tritt nunmehr im Verkehrsinteresse die Aufgabe an die Technik heran, die Wasserstrassen, soweit ein Bedürfniss dazu vorhanden ist, weiter zu verbessern und das festgelegte Flussbett für die Wasserabführung so umzugestalten, dass die Fahrrinne in vollkommener Weise, bei thunlichster Begradigung für weitergehende Ansprüche ausreichende Breiten und grössere, gleichmässige Tiefen fortlaufend aufweist, die auch bei kleinem oder kleinstem Wasserstande das Befahren mit vollschiffig beladenen Fahrzeugen angemessener Grösse gestatten.

Dieses Ziel kann nur durch eine zweckentsprechende Gestaltung der Querschnitte nach Massgabe der zur Verfügung stehenden Wassermenge, der Geschwindigkeit, d. h. des bestehenden und wenig zu ändernden Gefälles, sowie der erstrebten Tiefe erreicht werden. Weitere Breiteneinschränkungen für N. W. treten nur da in Frage, wo die bisherige Korrektur auf unzureichenden Annahmen beruht, und die Abmessungen zu gross gewählt sind. Die jetzige Abnahme der Stromquerschnitte von Mittelwasser auf Niedrigwasser bei den üblichen Böschungen der Werke entspricht aber nicht derjenigen der Wassermenge, um ausreichende Tiefen zu schaffen. Als Beispiel seien die Verhältnisse der Elbe in der Strecke von Tangermünde bis zur Havelmündung angeführt, wo die Normalbreite noch nicht erheblich zu breit ist, wie unterhalb der Havel. Die Zahlenangaben für das ausgebaute Profil sind aus der „Denkschrift über die Ströme Memel, Weichsel, Oder, Elbe und Rhein, bearbeitet im Auftrage des Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten, Berlin 1888“, entnommen und für das gemittelte Mittelwasser und Niedrigwasser-Profil gegenüber gestellt.

N <sup>o</sup> .	Bei	Pegelstand bei Sandau.	Abflussmenge.	Breite.	Fläche.	v.	t.
		m.				cbm.	m.
1	M. W.	+ 2,26	465	188	517,5	0,90	2,75
2	N. W.	+ 0,59	107	178	212	0,50	1,19

Nach der allgemeinen Formel für die Geschwindigkeit  $v = c \sqrt{R I}$  bzw.  $v = c \sqrt{I t}$  stehen die Geschwindigkeiten bei Mittelwasser und Niedrigwasser, da die übrigen Verhältnisse gleich bleiben, in folgender Beziehung:

$$v_1 : v_2 = \sqrt{t_1} : \sqrt{t_2}.$$

Danach würde sich für  $v_2$  als Unbekannte 0,59 m. ergeben. Nimmt man eine aus den hydrometrischen Arbeiten bis 1885 für die Elbe abgeleitete Formel nämlich:

$$v = 46,91 \sqrt[3]{t} - \sqrt[2]{I}$$

so würde  $v_2 = 0,68$  m. betragen müssen. Die wirkliche Abnahme von  $v_2$  auf 0,50 m. fällt demnach zu gross aus; die vorhandene Strömung von M. W. abwärts kann daher nicht ausreichend auf die Ausbildung eines regelmässigen Querschnitts einwirken.

Eine zweckmässiger Gestaltung der Querschnitte ist vielfach durch die in erster Linie zur Bühnenkopfsicherung vorgelegten Grundswellen mit gutem Erfolge angestrebt; sie bieten aber bisher keine der Wassermenge entsprechende Begrenzung der Profile, weil sie zu tief unter dem Niedrigwasserspiegel ansetzen, zu steil abfallen und nicht lang genug sind.

Durch eine weitere Umgestaltung der Profile soll die Masse und damit die räumende Kraft des fliessenden Wassers einheitlich in einer seitlich begrenzten, von M. W. regelmässig abnehmenden Rinne zusammengefasst werden. Dabei entsteht die Frage, nach welcher Methode der Ausbau der neuen Profile der natürlichen Form des Stromprofils entsprechend zu geschehen hat, ob mit Einbauten, N. W. Bühnen, deren Bauart den neuen Verhältnissen anzupassen wäre, oder aber mit beiderseitigen, bzw. nur einseitigen Leitwerken und Querbauten in angemessenen Entfernungen, wie solche von dem Herrn Oberbaudirektor FRANZIUS in Bremen vorgeschlagen sind (Vergl. „Centralblatt der Bauverwaltung“ 1893 N<sup>o</sup>. 1).

Bevor in einem Vergleich beider Bauweisen hinsichtlich ihres voraussichtlichen Einflusses auf den Abfluss und das Flussbett eingetreten wird, bedarf es einiger Worte über die Konstruktion und Anwendung von Niedrigwasserbühnen und Leitwerken. Zunächst liegt es natürlich nahe, bei weiterem Ausbau der Flussbetten das bewährte Bühnenprincip zu wählen, also einzelne, mehr oder weniger entfernte Profilschablonen zu schaffen, in der Erwartung, dass sich der Fluss Schlauch danach sein Bett ausbilde. Die N. W. Bühnen würden dabei in denjenigen Strecken, wo Steinbau üblich und billig ist, in Steinschüttung mit erfahrungsmässig festzustellenden Böschungen anzulegen sein. Wo Buschbau stattfindet, also in den unteren Strecken, würden Sinkstücke oder Senkfashinen mit einiger Steinschüttung zur Verwendung kommen. Die N. W. Bühnen aus Buschwerk werden als obere Breite die gewöhnliche Länge einer Senkfashine also 5 bis 6 m. erhalten und thunlichst flache Böschungen, namentlich stromabwärts, um den Ueberfall auszuhalten, ebenso eine Verbreiterung und Sicherung der Köpfe mit flachen, vorderen Böschungen und Grundswellen. Auch die Leitdämme sind in Steinbaustrecken mit Steinschüttung zu errichten, mit Abmessungen und Böschungen, die durch Erfahrung zu finden sind, während bei Buschbau Sinklagen von genügender, auch durch Erprobung zu bestimmender Höhe und Breite zur Anwendung kommen, falls die Flusssohle ungefähr diejenige Höhe zeigt, die das

spätere Niedrigwasserbett vor den Werken aufweisen soll, was auf den jetzigen Uebergängen statthaben wird. Bei Stromanfall müssen die Leitwerke in ihrem Fuss oder auch im oberen Theile aus Sinkstücken und Senkfaschinen erbaut werden, falls sich Sinklagen nicht als standsicher bewähren; etwa vorhandene Kolke sind vorher zu durchbauen. Die an die bisherigen Mittelwasserbuhnen in gewissen Abständen, etwa an das 3. oder 4. Werk anschliessenden Querbauten können bei schwächerem Stromanfall auch aus Senklagen gebildet werden, bei stärkerem aus Sinkstücken und Senkfaschinen, vor Allem mit stromabwärts gerichteten flachen Böschungen und einem Sturzbett. Sie erhalten ebenso wie N. W. Buhnen eine Abdeckung aus Senkfaschinen, die bei Beschädigungen, z. B. durch Eis, leicht ergänzt werden kann, und deshalb eine obere Breite von 5 bis 6 m.; während bei den Längsleitwerken eine obere Breite von 2 bis 3 m. und beiderseits einfache Böschung als genügend angesehen werden mag.

Unter der Annahme, dass das Niedrigwasserbett eine Tiefe von 1,5 m. erhalten soll, würden die Leitwerke, da ihre Krone noch etwa 0,50 m. unter N. W. angenommen wird und von ihnen eine Neigung der Sohle zur Strommitte stattfindet, unter Einrechnung des einsinkenden Fusses etwa nur 1 m., höchstens 1,5 m. hoch werden. Die Querbauten schliessen in ihrem stromseitigen Theile in Höhe der Leitdämme an und steigen allmählich zu den M. W. Buhnen an; sie bedingen eine stetige Zunahme des Querschnitts.

Das bei der Schaffung der Rinne gewonnene Baggergut wird zwischen den Leitdämmen und dem Ufer hinter den Traversen abgelagert, um deren Widerstandsfähigkeit zu erhöhen. Denn bei härterem Material der Sohle wird jedenfalls mit Baggerung nachgeholfen werden müssen, um die Wirkung der Werke zu unterstützen und um zu starken Angriff zu vermeiden. Das Ideal des Querschnitts würde nach Ausfüllung der Intervalle eine stetige Zunahme entsprechend der Wassermenge von N. W. bis M. W. sein, die in Kurven allein auf der convexen Seite stattfinden müsste.

Die Lage der Leitwerke wird zunächst in Geraden beiderseitig gedacht. Für ihre Anordnung in Strecken, wo der Strom von einem Ufer zum andern wechselt, — Uebergang — bleibt die Richtung des Stromschlauchs massgebend; sie werden parallel dieser angelegt, nicht parallel den bisherigen Correctionslinien. Diejenigen Uebergänge, die nach der Bildung des gesammten Flussbettes keine Berechtigung haben, gehen ein. In den Kurven sind im Vergleich zu den geraden- und Uebergangs-Strecken grössere Breiten zu wählen, da in ihnen eine Verminderung der Geschwindigkeit des Wassers statt hat, und dem Bestreben auf Auskolkungen der hohlen Seite und auf Gefährdung der Werke durch Profilerweiterung vorgebeugt werden muss. Hier werden Leitwerke selbstverständlich nicht in die grossen Tiefen gesetzt werden, der Stromanfall muss zunächst von den Buhnen durch kräftige allmählich aufzuhöhen Grundswellen abgewiesen und eine Auflandung der Sohle herbeigeführt werden. Zur Vergrösserung der

Wirkung der Grundswellen werden die den Concaven gegenüber liegenden Sände angebaggert, damit sie besser abtreiben. Ueberhaupt wird sich für die Concaven nach dem Ausbau mit Grundswellen vielmehr die Anlage von Mittelwasserdeckwerken auch im Schifffahrtsinteresse empfehlen, und werden dort die Correctionslinien für N. W. und M. W. zusammenfallen.

Das künftige Regulirungssystem für N. W. muss sich in die vorhandenen Verhältnisse einpassen. In denjenigen jetzt ausgebauten Flussbetten, die für Kleinwasser erheblich zu breit sind, lagern sich die bei H. W. in Bewegung gesetzten Sinkstoffe, vornehmlich Sand, bei abfallendem Wasser willkürlich ab, sobald die Geschwindigkeit zu ihrer Fortführung nicht mehr ausreicht; sie füllen während des Hochwassers die Querschnitte, welche die von einer Sinkstoffbank bezw. einem Sandfeld zum andern gehenden Rücken enthalten, höher an. Solche Verhältnisse sind z. B. an der Elbe abwärts der Havel vorhanden, während dagegen die Memel eine sehr starke Niedrigwassereinschränkung aufweist. Durch die aufgehöhten und verbreiterten Rücken muss sich das abfallende Wasser jedesmal aufs Neue eine tiefere Rinne auswaschen. Es geschieht am vollkommensten, wenn der Wasserstand vom bordvollen Zustande ganz allmählich abfällt, während sich bei schnellerem Abfall geringere Tiefen ausbilden. Die Stromrinne oder der Stromstrich bleibt entweder andauernd zwischen höheren Bänken in derselben Lage in denjenigen Strecken, wo die Profile nicht viel zu weit und die Flusssohle von festerem Gefüge ist, z. B. an der Elbe oberhalb der Havel, oder aber die Sandfelder werden unregelmässig stromab geführt, selbst in schwächeren Concaven liegend bleibend, wie am genannten Fluss von der Havel abwärts. Die Fahrrinne pendelt in beiden Fällen bei kleinem Wasser zwischen den Sinkstoffbänken von einem Ufer zum anderen und finden sich in der Verbindungslinie je zweier folgender Sände die seichten Fahrwasserstellen; sie bestimmen die nutzbare Tiefe und machen die sonst vorhandene grössere Tiefe nutzlos. Bei abfallendem und bei kleinstem Wasser tritt meistens eine grössere Zahl von Uebergängen auf, als durch die Situation bedingt ist; die Stromrinne wird länger, der Stromschlauch gewundener, das Gefälle kleiner und die lebendige Kraft zur Räumung geringer. Ueber die vorgelagerten Sände, die nicht trocken laufen, vertheilt sich die Wassermasse, es treten Querströmungen ein; ein Theil des Wassers fällt über die Sände quer in den tieferen Schlauch, dessen Spülwirkung durch Vernichtung lebendiger Kraft weiter beeinträchtigend.

Die willkürlichen Aenderungen der Stromrinne bei wachsendem und fallendem Wasser, die willkürlichen Ablagerungen der Sinkstoffe müssen durch Verhinderung der Querströmungen, durch eine sichere Stromführung verhütet werden. Bei einem Ausbau mit Niedrigwasserbuhnen würde sich voraussichtlich eine Anzahl von Mängeln zeigen, die jetzt bei Mittelwasserwerken und weiten Betten nicht stark und ohne Schaden hervortreten,

die aber bei einer näheren Prüfung gegen ihre alleinige erweiterte Anwendung sprechen, Der Vorschlag, das System der vereinzelt N.W. Einbauten theilweise zu verlassen und zu ununterbrochenen Leitdämmen überzugehen, oder was dasselbe ist, die Köpfe der dann weniger eng gesetzten N.W. Buhnen mit niedrigen Längswerken zu verbinden, will eine veränderte Bauweise an Stelle der bisherigen einführen; es handelt sich vor einer Wahl zwischen beiden darum, die voraussichtlichen Einflüsse beider Bauweisen zu vergleichen und die sich ergebenden Vorzüge und Nachtheile abzuwägen.

Die beiderseitigen, niedrigen Leitdämme halten die Wassermasse bei kleinen Wasserständen fortlaufend zusammen, die kontinuierlichen Wandungen weisen geringere Rauigkeit auf als Einbauten; es entsteht weniger Kraftverlust an den seitlichen Begrenzungen des Bettes, daher eine grössere mittlere Geschwindigkeit, grössere Spülkraft und grösseres Arbeitsvermögen.

Die Leitwerke schreiben auch noch bei höheren Pegelständen der Hauptmasse des strömenden Wassers Richtung und Weg in dem seitlich begrenzten, tiefsten Profiltheile vor, ihr eine stetige Führung gewährend und die räumende Kraft des Wassers zur Spülung der Rinne ausnutzend.

Diese *stetige Führung* in der vorgeschriebenen Richtung muss unbedingt günstig auf die Ausbildung regelmässiger Querschnitte und gleichmässiger Tiefen einwirken, ebenso auf deren dauernde Erhaltung.

Buhnen bilden für die regelmässige Wasserführung einzelne Schablonen, sie bieten nur an einzelnen Stellen, die nach dem Abstände der Werke mehr oder weniger entfernt sind, normale Profilwandungen und überlassen in dem nicht verbauten Theile dem Strome selbstthätig die Ausbildung der Querschnitte.

Bei den jetzigen Buhnen ist die Ausbildung nicht vollkommen geschehen, weil dem Stromstrich kein sicheres Bett angewiesen ist, denn auch beiderseitige Buhnen wirken nicht als vollkommene Schablone, selbst wenn sie, was nicht immer der Fall, senkrecht in der Richtung zur Strommittellinie einander gegenüberliegen, weil der Stromstrich mit der Wasserstandshöhe wechselt, und die normalen Profile dann senkrecht zu diesem und schräg zur Mittellinie liegen. Deshalb bleiben Buhnen einseitige Einbauten, lokale Stauwehre, denen naturgemäss ein regelmässiges Profil nicht zugehört. Auch bei weiteren Einbauten mit vermehrten Niedrigwasserbuhnen kann diesem Mangel des Buhnenausbaues nicht gänzlich abgeholfen werden.

Durch kontinuierliche Leitwerke wird sich ein *gleichmässiges Gefälle* des Niedrigwasserschlauches ausbilden, wenn bei der Anlage der Kronen von vornherein darauf gerücksichtigt ist. Das bei höheren Wasserständen vorhandene, gleichmässiger Gefälle wird so auf Niedrigwasser übertragen.

Ebenso wird sich später in der Stromrinne eine verhältnissmässig *gleichmässige Geschwindigkeit* vorfinden, welche die Erhaltung der vertieften Sohle gewährleistet. Bei dem Buhnensystem befindet sich an jeder Einschnürungsstelle ein Gefällebruch, welcher der Ausbildung gleichmässiger Geschwindigkeit entgegensteht. Gleichmässiges Gefälle und gleichmässige



Geschwindigkeit sind die Hauptbedingungen für die Erhaltung der unbestimmten Stromsohle.

Wichtig ist ferner das Verhalten der Werke bei der *Bewegung der Sinkstoffe*, beim Festhalten des Sandes in den vorgezeichneten Ablagerungsstellen hinter den Werken, wodurch deren Bestand unterstützt und die Schaffung und Erhaltung regelmässiger Profile gefördert und gesichert wird. Erst wenn durch Sandanhegerungen in dem Flussbett natürliche Ufer und Wandungen für kleine Wasserstände in der durch die Werke vorgezeichneten Form entstanden sind, ist der dauernde Bestand der ausgebauten Profile gewährleistet. Durch die Leitdämme und Queranschlüsse werden die Geschiebe, die sich in dem jetzigen Mittelwasserbett befinden, in den Feldern festgelegt. Nach dem Ausbau werden nur noch wenig Sinkstoffe in den Stromschlauch gelangen. Uferabbrüche kommen im geringen Umfange vor; was ihnen an Bodenmassen entstammt oder von den Vorländern durch Hochwasser abgeschwemmt wird, gelangt zum weitaus grössten Theile nur in die stromseitig verbauten Felder und dort zur Ablagerung. Bei dem Ausbau mit Buhnen gestaltet sich das Festhalten des Sandes nicht so sicher. Unterhalb der jetzigen Buhnen breitet sich der zusammengeschnürte Strom aus, er dringt mit Wirbelbewegung in den vorderen Theil des folgenden Intervalles ein und bewirkt, dass sich dort in 10 bis 20 m. Entfernung hinter der Streichlinie, je nach Lage des Stromstrichs, eine Verlandung der Werke gerade im vorderen Theile, wo sie zur Unterstützung der Werke sehr nothwendig ist, nicht bildet. Ein Theil der beim Wasserabfall entstehenden Verlandung wird aus den Zwischenfeldern der Concaven, und wo Stromanfall stattfindet, bei dem folgenden höheren Wasser wieder ausgespült; es lagern dort keine Sinkstoffe ab, wenn nicht mit Zwischenwerken nachgeholfen wird. Aehnlich, wahrscheinlich verstärkt, wird die Um- und Ueberströmung bei N.W. Buhnen wirken, eine Festlegung der Sinkstoffe wird also in den Intervallen der N.W. Buhnen im beschränkteren Maasse, als bei Leitwerken statthaben.

Die *Erhaltung der fertigen*, und wo nöthig gebaggerten, *Stromrinne* wird nach erfolgtem Ausbau mit Leitwerken voraussichtlich ohne grössere Baggerungen möglich sein, da die Sinkstoffe landwärts der Leitwerke festgelegt sind. Trotzdem aber lässt sich voraussehen, dass fortgesetzte Baggerungen namentlich an allen Concaven nöthig bleiben, weil eine Regulirung des Hohwasserbettes der riesigen Kosten wegen nicht stattfinden kann, auch Geschiebe vom Oberlauf stets zukommen werden. Bei einer Correction mit N.W. Buhnen werden fortlaufende Baggerungen des Stromschlauchs in grösserem Umfange nöthig bleiben, da die Sandmassen aus den Feldern durch Ueberströmung der Werke ausgetrieben werden können; sie werden wie jetzt im Flussbett liegen bleiben, sobald die Kraft des fliessenden Wassers zu ihrer Fortbewegung nicht mehr ausreicht, wo sie sich gerade befinden, auch in demjenigen Theile des Stromschlauchs, der nicht mit N.W. Buhnen eingefasst ist, wo eine Erweiterung besteht. Will-

kürliche Verflachungen sind daher beim erweiterten Buhnensystem eher wahrscheinlich als bei Leitdämmen, wenn sie auch im geringeren Umfange auftreten mögen wie bisher.

Sollten in den für N.W. zu regulirenden Strom-Strecken erhebliche Sinkstoffmassen aus dem Oberlaufe oder aus sandführenden Nebenflüssen zu erwarten sein, sofern solche nur im geringen Umfange regulirt sind, so werden die Massen von der im Schifffahrtsinteresse auszubauenden Stromrinne durch eine Verlängerung der Regulirung weiter aufwärts durch Buhnen und Zwischenwerke abzuhalten sein, und ist eine Ablagerungs- und Baggerungsstrecke zu schaffen.

Jede Niedrigwasserregulirung und die Ausbildung einer tieferen schlankeren Stromrinne wird zur besseren *Abführung des Eises* beitragen, weil unterhalb desselben stets fließendes Wasser vorhanden und das Eis bei Thauwetter daher eher mürbe sein wird. Der Eiszugang wird sich glatter vollziehen, es werden sich voraussichtlich seltener Eiszusammenschiebungen und Versetzungen bis auf den Grund bilden, ebenso beim Eisgang weniger Stopfungen, da die Sände als Stützpunkte fehlen, und auch die Schollen in der schon oder noch offenen Rinne ihren Abtrieb finden.

Niedrige Leitwerke mit Queranschlüssen, ebenso wie erhöhte Grundschwelle oder N. W. Buhnen bieten bei weiterem Ausbau und schlankerer Fahrinne keine Hindernisse für die Schiffahrt, wenn eine sichere Bezeichnung der Fahrinne etwa mit schwimmenden Fahrtzeichen erfolgt.

Der *Angriff des strömenden Wassers* auf die Leitwerke ist ein fortlaufender, aber in Folge der stetigen Werke und des regelmässigen Gefälles ein ebenmässig vertheilter und daher an jeder Stelle geringer, ähnlich auf die Anschlüsse an die M. W. Buhnen. Leitwerke und Queranschlüsse verhindern *theoretisch* ein Verwerfen der Strömung aus dem angewiesenen Bett und damit die schädlichen Quer- und Hinterströmungen der Werke. Die Hauptsache vor der Anwendung niedriger Leitwerke bleibt die Erprobung, ob sie den Angriffen der Strömung sicher widerstehen und nicht durchreissen. Bei ihrer niedrigen Lage und der nicht zu grossen Länge zwischen den Queranschlüssen möchte die Durchbrechung der Längswerke und damit schlimme Verwilderungen im Strombett nicht zu befürchten sein. Auch schützt die Lage unter N. W. thunlichst gegen Beschädigungen durch Ueberströmung und Eisgang, sowie gegen Unterwaschung, so dass ihr Bestand ohne stromseitige Befestigung des Fusses durch Schwellen gesichert erscheint, vorausgesetzt dass sie nicht in dem starken Stromanfall von Concaven liegen. Erfahrungen über das Verhalten niedriger Leitwerke liegen seit einigen Jahren von der Weser unterhalb und oberhalb Bremen vor, wo sie sich bewährt haben. Die dortigen Verhältnisse sind zwar auf den Oberlauf der Flüsse nicht ohne Weiteres zu übertragen, aber immerhin müssen die günstigen Eigenschaften der Leitwerke im Ebbe- und Fluthgebiet auch für obere Flussstrecken angenähert bestehen bleiben, da die Unterschiede in der Wasserführung nicht wesentlicher

Natur sind, und die Verhältnisse in den principiellen Grundlagen die gleichen bleiben. Niedrigwasserbuhnen sind den Angriffen mindestens im gleichen Maasse ausgesetzt. Sie sind Stauwerke, welche die Geschwindigkeit beschleunigen. Diese Beschleunigung wirkt indess durch die schädliche Umströmung der Köpfe und durch die unterhalb der Einschnürung auftretenden Querströmungen und Wirbelbildungen theilweis auf Auskolkung und Unterwaschung der Werke.

Die kontinuierliche, sichere Führung, welche Leitwerke dem Stromschlauch bieten, kann beim Bühnenprincip nur durch eine Vermehrung der Einbauten namentlich dort, wo der Stromstrich von einem auf das andere Ufer wechselt, erreicht werden. Da alle Einbauten starke, widerstandsfähige Köpfe verlangen, so beanspruchen sie ebenfalls einen erheblichen Aufwand. Ob niedrige Leitwerke oder Niedrigwasserbuhnen bei der Anlage und Unterhaltung billiger sind, lässt sich nur durch längere, praktische Versuche feststellen.

Im Kreise der Besitzer der an die Ströme grenzenden Ländereien herrscht die Befürchtung, dass bei weitergehender Schiffbarmachung eine Verschlechterung der *Vorfluth* oder der Hochwasserverhältnisse, überhaupt eine Schädigung in der Bewirthschaftung des Geländes herbeigeführt wird. Diese Gefahr ist ebensowenig bei einer weiteren Correction mit Leitdämmen, wie bei einer anderen vorhanden, wenn keine Einschränkung der Profile, sondern deren Umgestaltung beabsichtigt wird. Zunächst ist ersichtlich, dass eine fortlaufende Vertiefung der N. W. Profile und eine Begradigung des Laufes nur günstig auf den Abfluss auch bei höheren Wasserständen wirken wird, umsomehr als die ausgebauten Profile auch im Ganzen zur Abführung geeigneter sein werden, als die zwischen den Geschiebebänken liegenden. Trotzdem aber erhält sich die Ansicht der Schädlichkeit weiterer Regulirung für Hochwasserverhältnisse.

Sie ist in Bezug auf die Folgen früherer Correctionen schwer zu bekämpfen und als unschädlich nachzuweisen, da ganz unanfechtbare Unterlagen mangeln, um den Beweis mit mathematischer Genauigkeit führen zu können. Damit dies aber bei zukünftiger Verbesserung ermöglicht wird, ist erforderlich, dass von vornherein darauf Rücksicht genommen wird und dass über jede, auch örtliche Aenderung Rechenschaft abgelegt werden kann. Zu dem Zweck müssen in den Strömen die Abflussverhältnisse bei allen Wasserständen, also Gefälle und Wassermenge unter Berücksichtigung der absoluten Höhenlage des Spiegels ermittelt werden, und ist dabei das Gefälle und die Spiegellage nicht nur in der Nähe der Messstellen, sondern für die ganze, gleichmässige Verhältnisse bietende Strecke festzulegen. Hierdurch wird man über unveränderte Lage, Hebung oder Senkung später den sicheren Nachweis erbringen können. Durch höhere oder niedrigere Lage der Kronen der projektirten Werke kann eine Aenderung der Spiegelhöhe herbeigeführt werden; eine erhebliche Spiegelsenkung ist, wenn nöthig, durch Tieferlegen der jetzigen Mittelwasserbuhnen, ferner

durch Zurücklegen ihrer Köpfe zu erreichen, falls die Auswaschung der Sohle und Nachhülfe durch Baggerung nicht genügen, während einem zu grossen Abfall durch Einschnüren der unterhalb gelegenen Querschnitte, namentlich der Wechsel des Stromschlauchs zu begegnen ist. Diese Massnahmen sind natürlich nur dann anzuwenden, wenn nicht für einzelne Abtheilungen Senkung oder Hebung erwünscht sein sollte.

Vor der Bestimmung der auszubauenden N. W. Profile müssen überhaupt die Abflussfaktoren durch exakte Messungen klar gestellt sein; die Unterlagen für die eben geforderten, späteren Nachweise sind also schon deswegen vorhanden. Das Maass der Einschränkung für jede Strecke wird nicht durch das mögliche Maximum der zu erreichenden Fahrtiefe bestimmt werden, sondern es wird sich die Tiefe im ganzen abwärts gelegenen Lauf nach derjenigen richten, die in dem obersten zu verbessernden Abschnitt erreichbar ist, wo dann der Grossschiffahrtsweg später aufhören, und die Kleinschiffahrt beginnen wird, oder von wo ab, wenn letztere nationalöconomisch unvortheilhaft wird, auf das Hilfsmittel der Kanalisierung zurückzugreifen bleibt. Die einheitliche grössere Tiefe wird dabei ihren natürlichen Endpunkt bei der Abzweigung eines Nebenflusses, oder bei einem Handels- und Industriezentrum finden. In dem für die Grossschiffahrt bestimmten Theile muss ausser der genügenden Fahrtiefe ausreichende Breite für das Begegnen langer Schleppzüge vorhanden sein. Dabei empfiehlt sich die Anwendung steiler Böschungen und Wandungen des Stromschlauches, um das N. W. Bett in voller Breite ausnutzen zu können.

Die wissenschaftlich richtige Form der Flussprofile ist noch nicht bestimmt; dies wird erst geschehen können, wenn der Einfluss der Uferwandungen auf die Geschwindigkeit des strömenden Wassers ebenso gesetzmässig bekannt ist, wie der der Sohle; (vergl. die Abhandlung des Wasserbauinspektors JASMUND, „Zeitschrift für Bauwesen“, Berlin 1893). Es scheint aber nach dem dort entwickelten Gesetz der Abnahme der Geschwindigkeit an der Sohle, unter Voraussetzung ähnlicher Abnahme an den Ufern, als ob steile Böschungen für den immer mit fliessendem Wasser gefüllten Querschnitt, daher Leitwerke am Platze sind.

Geschlossene Ufer, wie sie der Ausbau mit Leitwerken bezweckt, sind häufiger für andere Wasserstände mit anderen Mitteln angestrebt und erreicht. An Gebirgsflüssen in Sachsen und Bayern haben sich Deckwerke, Gumpenbergsche Faschinenwalzen, die eben nichts Anderes sind als Längswerke, bewährt; am Rhein sind Deckwerke auch im mittleren Laufe angewendet, ebenso an der Elbe vielfach im Baukreise Torgau und in Anhalt, sowie an der Saale. An der Unterweser endlich ist mit der Regulierung des Stromes durch niedrige Leitwerke ein durchschlagender Erfolg erzielt. Es liegt daher nahe, das System der niedrigen Längswerke mit Aussicht auf eine gute Wirkung weiter ausdehnen zu wollen. Zwar fehlt in dem höheren Laufe der Flüsse der täglich zweimalige, spülende Ein-

fluss von Ebbe und Fluth; er wird aber durch die lange andauernde Spülung des fallenden Hochwassers und der Mittelwasserstände ersetzt. Auf diese Spülung und Räumung wird bei dem Ausbau mit Buhnen in gleicher Weise gerechnet.

Ein Beweis, dass Buhnen allein zur Ausbildung einer gleichmässig tieferen Rinne nicht wirksam sind, und dass eine fortlaufende Wasserführung an gewissen Stellen geeigneter erscheint, kann aus den Fahrwasserverhältnissen des Baukreises Hitzacker an der Elbe entnommen werden.

In diesem sind die Ufer in sehr vollkommener Weise, dichter als in anderen dortigen Baukreisen mit Buhnen und Zwischenwerken ausgebaut, die sämmtlich mit langen Grundswellen bis zu 60 m. bei Correctionsbreiten von 245 bis 271 m. ausgedeckt sind und die ähnlich wie N. W. Buhnen wirken. Es sind daher bei N. W. für die jetzt erstrebten Profile möglichst vollkommene und eng gesetzte Schablonen vorhanden. Trotzdem aber ist die Wirkung in Bezug auf die Tiefe des Fahrwassers gegenüber den benachbarten Baukreisen, wo ausser dem Ausbau mit Buhnen ein solcher mit Grundswellen in beschränkterem Umfange geschehen, ist und wenige Zwischenwerke angelegt sind, nur gering. Sie kam in den ersten Jahren mehr zur Geltung; nachdem aber der durch die vermehrten Einbauten verursachte Stau verschwunden ist, und sich der Ausgleich des Gefälles vollzogen hat, bestehen im Baukreise Hitzacker kaum bessere Fahrwasserverhältnisse als in anderen, wohlgemerkt in Bezug auf die Tiefe; in Bezug auf die nutzbare Breite und Schlankheit hat die mit Schwellen bewirkte Festlegung, Auffangung und Vertiefung der Sände erhebliche Besserungen herbeigeführt. In solchen Strecken, die auch dort noch ständig bei N. W. schlechte Uebergänge oder solche aufweisen, die sich bei N. W. einstellen, ohne in der Gesamtlage begründet zu sein, ist auf ein anderes Auskunftsmittel zurückgegriffen, um die räumende Kraft des Wassers auszunutzen und vollständiger zur Spülung der Uebergänge zu verwenden, sowie die Querströmung in die Intervalle zu verhindern. Wo sich eine Verlandung, also ein natürliches Parallelwerk nicht bilden will, wird das Intervall mit einem schmalen Längswerk wenig über N. W. Höhe geschlossen oder nur theilweis mit einem an die untere Buhne ansetzenden, kurzen Stück eines solchen verbaut. Diese Art des Ausbaus verhindert den scharfen Einfall der Strömung in die Zwischenfelder und die Umströmung der Köpfe, nicht aber den Eintritt des Sandes; sie hat in Bezug auf die Vertiefung schlechter Fahrwasserstellen die besten Erfolge erzielt, indem sie eine einheitliche Wasserführung im N. W. Schlauche anstrebt. Die Wirkung berechtigt zu der Erwartung, dass geschlossene N. W. Leitwerke zur Vermehrung der Tiefe in gleicher Weise nützen werden, wo dies Buhnen allein nicht vermögen.

Theoretisch erscheint es möglich, durch eine den veränderten Abflussfaktoren entsprechende Bemessung der Querschnitte des Flussbetts und

*Handwritten note:* Nach dem Ausbau

durch den Ausbau danach berechneter Profile mit Leitwerken die grösstmöglichen Tiefen für N. W. zu erreichen; thatsächlich wird aber die zu erstrebende Tiefe nicht als grösste auszubilden sein, höchstens in der obersten, weiter zu verbessernden Strecke. Die Schifffahrt braucht und verlangt nicht überall Maximaltiefen, aber in dem ganzen schiffbaren Theile thunlichst gleichmässige, nationalökonomisch vortheilhafte Abmessungen, auch der Breite nach.

Ein praktisch allgemein durchführbares System für Flussregulirungen giebt es überhaupt nicht, da jede Verbesserung nur für gewisse Wasserstände durchgeführt werden kann und daher in sonst einheitlich zu behandelnden Strecken durch die örtlichen Verhältnisse, die wechselnde Höhe des Geländes im weiteren Flussbett und durch die Krümmungen des Laufes sehr erhebliche, massgebende Unregelmässigkeiten bestehen bleiben. Eine schablonenhafte Behandlung jeder weiteren N. W. Correction muss daher ausgeschlossen erscheinen. Bei der praktischen Ausführung ist das Leitwerkssystem, obwohl es erhebliche Vorzüge besitzt, daher zu modificiren und nur dort zu verwenden, wo es genügenden Bestand verspricht.

In den Kurven findet sich bei allen Strömen mehr als ausreichende Tiefe, es handelt sich daselbst nur um eine Verbreiterung und um eine Abschwächung der durch die Centrifugalkraft der Wassermenge gegebenen, schlängelnden Bewegung. Da in den stärkeren Einbuchtungen bei dem heutigen Stande des Flussausbaues vielfach bereits Mittelwasserdeckwerke angewandt sind, besonders wo Schaardeiche zu schützen waren, so sind diese selbstverständlich dort später als Uferwandungen beizubehalten und auch ferner anzulegen, zumal sie für die Schifffahrt bei höheren Wasserständen sehr dienlich sind. In den Concaven ist eine Vergrösserung der Breiten, Abbaggerung der Gegensände und Abdrängen des Wasseranfalls mit Schwellen zu erstreben. Auf der convexen Seite sind zur Zeit und werden auch später niedrige Einbauten in geringem Umfange nur zur Festlegung der Sinkstoffmassen wegen quer gehender Hochwasserströmung nothwendig, da das Bestreben zu einem Vorrücken dieser Seite besteht; auch später wird hier vielmehr auf eine fortlaufende Abbaggerung Rücksicht zu nehmen sein.

Dort aber, wo das Fahrwasser nach dem Charakter des Gesamtbettes von einem Ufer zum andern wechseln muss, wo es von einer Kurve zur anderen oder in eine Gerade verläuft, an diesen Stellen, wo sich stets Verflachungen befinden, ist eine stärkere Einschnürung des N. W. Bettes, ein sicheres Zusammenhalten und eine Führung der Strömung, wenn möglich auf beiden Seiten, am Platze. Allerdings würde bei alsbald hergestellten, beiderseitigen Leitwerken der Nachtheil eintreten können, dass bei Festlegung der Breiten, die eine Wandung später zu beseitigen wäre, wo sichere Messungen und Unterlagen fehlen. Man wird sich deshalb auch dort mit dem Leitwerksbau auf derjenigen Seite begnügen, wo der

Stromanfall stattfindet, auf welcher sich die Werke vorkommenden Falles an oberhalb vorhandene M. W. Deckwerke mit ansteigender Krone anschliessen. Auf der andern Seite sind N. W. Buhnen zur Anwendung zu bringen, so dass eine spätere Querschnittsänderung ohne Schwierigkeiten gewahrt bleibt. Zu betonen ist, dass allein ein derartiger Ausbau der festliegenden Uebergänge des Fahrwassers mit Leitwerken in den jetzigen Strombetten eine wesentliche Verbesserung der Fahrtiefen bedingen möchte. Sind die Flussbreiten für N. W. zu gross und die Uebergänge nicht festliegend, so wird erst an ihren Ausbau mit Leitwerken herangetreten werden können, wenn eine weitere N. W. Correction und Festlegung des N. W. Bettes stattfindet, da in den weiten Betten und beim Wandern der Sände die niedrigen Leitwerke gegen Einhüllen und Fortbewegung zunächst nicht widerstandsfähig erscheinen. Aber auch für diese Verhältnisse möchten Versuche über die Standsicherheit und Wirkung niedriger Leitwerke zur Gewinnung eines durch die Erfahrung begründeten Urtheils am Platze sein, wenn sie sich bei dem Ausbau festliegender Uebergänge bewährt haben.

Wird das Leitwerkssystem den Verhältnissen angepasst, so bietet es für die gesteigerte Schiffbarmachung der Ströme bei N. W. ein nicht zu unterschätzendes Hilfsmittel. Die Zusammenfassung des niedrigen Wassers in einen einheitlichen Schlauch zweckmässiger Form durch fortlaufende Leitwerke in N. W. Höhe an geeigneten Stellen muss günstig auf die Wasserführung wirken und wird eine Handhabe zu einer erheblich gesteigerten Ausnutzung der vorhandenen Niedrigwassermenge, ja selbst die Möglichkeit einer Vollaussnutzung zu Gunsten grösserer Fahrwassertiefen bieten. Da man bei der Regulirung mit niedrigen Leitwerken auch den Ansprüchen der Anlieger bei weiterem Ausbau der Ströme gerecht werden kann, so empfiehlt es sich:

*„vor einer weitergehenden, anderweitigen Niedrigwasserregulirung der Stromläufe zur Erreichung grösserer Tiefen und Schiffbarkeit, Versuche hinsichtlich des Ausbaues mit niedrigen kontinuierlichen Leitwerken anzustellen.“*

*Die Befahrungen mit  
Mündungsauffahrtwerken  
an der felsen führen nicht be-  
fremdlich.*







