2

Schwimmende Stauanlage bei Minden zur Erleichterung des umgeleiteten Kanalverkehrs.

Von Dr.-Ing. Bernhard Möhlmann, Regierungs- und Baurat in Minden.

I. Das Verkehrskreuz Minden.

Das Wasserstraßennetz Norddeutschlands besteht aus den von Süden nach Norden verlaufenden Strömen, die als natürliche Gewässer neben dem Verkehr auch — und sogar überwiegend — den allgemeinen wasserwirtschaftlichen Belangen dienen, und den vornehmlich in der West-Ost-Richtung verlaufenden Kanälen, die fast ausschließlich dem Verkehr dienen und als künstliche Wasserstraßen die natürlichen untereinander verbinden. Erst dieses Gesamtsystem der Wasserstraßen vermag die verkehrswirtschaftlichen Aufgaben ihres Raumes zu erfüllen.

Unter den künstlichen Wasserstraßen nimmt der Mittellandkanal einen hervorragenden Platz ein als der große Mittler zwischen dem Westen und dem Osten, der den Rhein über Ems und Weser mit der Elbe verbindet, wo der Anschluß an das ostdeutsche Wasserstraßennetz erreicht wird. Seine Überführung über die Weser bei Minden in 12 m Höhe ist eines der bedeutendsten Bauwerke seiner Art und dieses Kanals. Sie ist aber auch wie jedes Verkehrskreuz gegen Störungen besonders empfindlich.

Bei der Sprengung der beiden je 50 m langen Stromöffnungen der Kanalbrücke in den letzten Kriegstagen des Jahres 1945 wurde mit rauher Hand die obere der sich hier kreuzenden Schlagadern des Verkehrs zerrissen und gleichzeitig die untere Ader durch die herabstürzenden Eisenbetontrümmer abgequetscht. Wenn auch die Kriegsfurie ihren Streich mit Bedacht gegen dieses Herz des Wasserstraßenverkehrs gerichtet hatte, so war es doch ein Glück im Unglück, daß dabei die beiden Herzkammern (links der sogenannte Nordabstieg zur Weser mit der Schachtschleuse und rechts der Südabschnitt mit Ober- und Unterschleuse, Abb. 1) unversehrt blieben und damit die Möglichkeit zu einer Umleitung des Kanalverkehrs boten. Sobald die Weser auch nur behelfsmäßig wieder hergestellt war, konnten die Kanalkähne auf der einen Seite von der höher liegenden Kanalhaltung zur Weser absteigen, diese selbst auf einer kurzen Strecke benutzen und sich dann auf der anderen Seite wieder zur Kanalhaltung hochschleusen lassen (Abb. 2).

Aber auch dann blieb Minden noch der neuralgische Punkt im ganzen nordwestdeutschen Wasserstraßennetz. Jede Verbesserung, aber auch jede Verschlechterung an dieser Stelle wirkte sich bis in das Ruhrgebiet und bis an die Ostzone aus. Es mußten die äußersten Anstrengungen gemacht und auch ungewöhnliche Mittel angewandt werden, um die Lage zu meistern.

II. Umgehungskanal als Notverbindung für die Weser.

Zunächst mußte eine Notverbindung für die Schiffahrt zwischen den beiden abgetrennten Weserstrecken durch einen die Sperrstelle umgehenden Kanal geschaffen werden. Damit wurde zugleich der ursprüngliche Abflußquerschnitt größenmäßig annähernd wieder hergestellt sowie der Stau und die Strömung an der Sperrstelle soweit gemildert, daß man an die Trümmerräumung herangehen konnte.

Dieser noch im Herbst 1945 fertiggestellte Kanal hatte eine Länge von 700 m und einen einschiffigen Trapez-Querschnitt mit 1 : 3 geneigten Böschungen und einer Sohlenbreite von 20 m. Die Beschränkung des Querschnittes war erforderlich, um den Umfang der Erdarbeiten und die Ausführungsdauer möglichst klein zu halten, damit die ungefährliche Abführung des Hochwassers im kommenden Winter gesichert war.

Der geringe wasserführende Querschnitt des Kanals hatte jedoch den zwar von vornherein erkannten, später im Betriebe aber stärker als erwartet sich auswirkenden Nachteil, daß er der Bergschiffahrt einen erheblichen Schleppwiderstand bot, besonders unter der Brücke, wo das Profil zwischen den Pfeilern durch senkrechte Begrenzung mittels Spundwänden noch mehr hatte eingeschränkt werden müssen.

Nach Öffnung dieses Umflutkanals hatte sich der Stau in der Weser zwar von rund 1,50 m auf rund 0,40 m verringert, jedoch war die Wassergeschwindigkeit im Kanal mit 1,5 m/s bei mittleren Wasserständen noch wesentlich größer als in der Weser; sie stieg an der Brücke auf über 2,0, in Einzelfällen bis zu 2,5 m/s an. Selbst die stärksten Weserschlepper waren nicht mehr in der Lage, auch nur einen einzelnen Kahn zu Berg durch die Enge zu ziehen. Der Trossenzug bei einem mittleren Weserkahn schnellte hier auf 8—9 t hinauf und war damit etwa doppelt so groß wie in der Weser. Zur Überwindung dieser nur rund 50 m langen Strecke mußten an Land 2 Förderwinden von 220 PS aufgestellt werden.

Solche Engen bereiten auch schon im ruhenden Wasser der Schiffahrt große Schwierigkeiten. Beim Umflutkanal in Minden betrug das Verhältnis an der Brückenenge 1 : 2,5, was in Anbetracht der ohnehin schon vorhandenen Strömung (hervorgerufen durch den Trümmerstau) viel zu gering war.

Eine weitere sehr unangenehme Folge dieser Einschnürung war das Absinken des Hecks der Kähne bei der Bergfahrt um etwa 0,5 m (Abb. 3). Die Kähne nahmen dabei eine Längsneigung von 1 : 100 bis 1 : 70 ein. Obwohl das Maß der Absenkung durch Verringerung der Schleppgeschwindigkeit von 0,5 m/s in der freien Kanalstrecke auf 0,25 m/s in der Enge etwas verkleinert wurde, mußte doch die Tauchtiefe entsprechend herabgesetzt werden, um eine Grundberührung des Schiffsbodens mit der Betonsohle in der Brückenenge zu vermeiden.

III. Umleitung des Kanalverkehrs über die Weser.

Für die Schiffahrt, die etwa 7 Monate lang mit diesen Schwierigkeiten zu kämpfen hatte, bedeutete es schon eine Erleichterung, als Ende 1946 nach intensiver Taucher- und Sprengarbeit die Trümmer im Weserbett so weit beseitigt waren, daß der Verkehr wieder nach der Weser zurückverlegt werden konnte, wenn auch zunächst nur eine Fahrrinne von 20 m Breite zur Verfügung stand.

Auch später gestatteten die Gerüste für den Wiederaufbau der Brücke noch keine Erweiterung dieser engen Durchfahrt. Durch diese Gerüste und einen Fangedamm für die Trümmerbeseitigung in der linken Stromöffnung

war auch die Sicht längere Zeit hindurch erheblich behindert. Hinzu kamen Erschwernisse durch starke Strömung bei höheren Wasserständen und gelegentlich auch durch Seitenwind.

Das Befahren dieses Engpasses stellte daher hohe Anforderungen an alle Beteiligten, besonders an die Kanalschiffer, die das schwierige Fahren in strömendem Wasser nicht gewöhnt waren. Diese bekamen deshalb einen Weserlotsen an Bord und mußten sich von einem Schlepper über die Weserstrecke bringen lassen. Dadurch wurde auch das Einfädeln des viel stärkeren Kanalverkehrs in den Weserverkehr erleichtert. Die Überlagerung dieser beiden Verkehrs-Systeme zeigt Abb. 4; der Weserverkehr ist dunkler dargestellt als der Kanalverkehr.

Schleppzwang war allein schon zur Erzielung der erforderlichen Leistung bei dem Einbahnverkehr nicht zu entbehren. Ein Kanalkahn mußte bis zu 8 Schlepper nacheinander in Anspruch nehmen, um aus einem Schleppzug auf der einen Seite durch die Schleuse in den Abstieghafen zum Leichtern, dann über die Weser und durch die beiden Schleusen wieder zu einem Schleppzug auf der anderen Seite zu gelangen. Ebenfalls war eine zentrale Verkehrslenkung erforderlich. Sie wurde eingerichtet in einem Kommandoturm über der Brücke, wo der Posten die ganze Umleitungsstelle gut übersehen konnte. Nennenswerte Havarien sind in der ganzen 3jährigen Betriebszeit nicht vorgekommen.

IV. Unzureichende Fahrwassertiefen der Weser, Leichterungen.

Die größte Sorge aber bereitete die Schaffung einer ausreichenden Fahrwassertiefe auf dieser noch nicht kanalisierten Weserstrecke. Die auf dem Kanal mit voller Ladung fahrenden Kähne mußten sich in Minden den wechselnden Wasserständen des Stromes anpassen, der nur etwa bei Mittelwasser vollschiffig und dem Kanal gleichwertig ist (Abb. 2). Bei den oft lange anhaltenden niedrigen Wasserständen mußten die Kanalschiffe im Abstieghafen durch Umschlagen eines Teiles ihrer Ladung in leere Schiffe soweit leichtern, daß sie ohne Grundberührung über die Weser gelangen konnten. Je 10 cm Fehltiefe in der Weser erforderten eine Leichterung von 40—50 t bei jedem Kahn.

Die Unterschreitung der Vollschiffigkeit am Pegel Minden ist auf Abb. 5 dargestellt. Die schraffierte Fläche gibt Größe und Zeitdauer der Unterschreitung an. Im Jahre 1946 waren die Verhältnisse noch erträglich. Auf der Weser konnte die Schiffahrt auch im Sommer und Herbst noch mit 3/4 Ladung fahren.

Im Umflutkanal war jedoch die Tauchtiefe um 0,50 m geringer. Um hier die für die Wirtschaft noch tragbare Mindesttauchtiefe von 1 m bis zum Eintritt höherer Wasserstände Anfang November dauernd sicherzustellen, reichte der Inhalt der Edertalsperre nicht aus. Deshalb wurde der Zuschuß mit Unterbrechung in Form einzelner Wellen gegeben (durchschnittlich 2 in der Woche) derart, daß die in Minden auf den Wasserwuchs wartenden Kanalschiffe einen ganzen Tag lang den etwa 30 cm hohen Wellenscheitel auszunutzen und mit entsprechend geringerer Leichterung (Ersparnis rund 150 t) über die mangelhafte Strecke gebracht werden konnten.

Die durchgehende Weserschiffahrt hatte jedoch von diesem Wellenreiten keinen Nutzen, da sie ihre Reise nicht in einem Tage beenden und sich deshalb nicht auf die größere Tauchtiefe einrichten konnte. Aber auch bei der Kanalschiffahrt wurde durch das Warten auf die Wellen viel Zeit verloren und demgemäß der Kahnraum unverhältnismäßig lange gebunden.

Ferner war die Abgabe der einzelnen Wellen vom Standpunkt der Talsperrenbewirtschaftung aus gesehen sehr unwirtschaftlich. Bei einer Laufzeit von 3½ Tagen kamen die Wellen infolge der verschiedenen Einflüsse auf der rund 250 km langen Laufstrecke nicht immer zur rechten Zeit und in der gewünschten Form in Minden an (Abb. 6). Sie waren erheblich abgeflacht und auseinandergezogen, was wohl im wesentlichen darauf zurückzuführen ist, daß die Wellen zunächst teilweise das Grundwasser des Flußtales auffüllten und hinterher wieder von ihm gespeist wurden. Infolge dieser Verformung der Wellen mußte am Edersee mehr Wasser abgegeben werden, als in Minden wirksam wurde. Für jede Welle wurden etwa 5 Millionen m³ benötigt. Die Ersparnis durch den Wellenbetrieb war also nicht so groß, wie man zunächst annehmen möchte.

Aus diesen Gründen wurde im Jahre 1947 die Wellenform aufgegeben und ein gleichmäßiger Zuschuß vorgesehen, bei dem sich die Zusammenballung des Verkehrs auf einzelne Tage vermeiden und der Kahnumlauf günstiger gestalten ließ. Auf diese Weise war in Minden eine dauernde Verbesserung der Wasserstände, wenn auch von geringerer Höhe als bei dem Wellenbetrieb, möglich. In einem mittleren Trockenjahr, wie es die langfristige Wettervorhersage angekündigt hatte, konnte nach Berechnungen der Talsperreninhalt ausreichen, um in Minden 1,20 m, wahrscheinlich sogar 1,30 m Tauchtiefe zu halten bis zu dem erfahrungsgemäß Anfang November eintretenden Steigen des Wassers durch Niederschläge. Die von niemandem vorhergesehene ungewöhnliche Dürre in den Sommer- und Herbstmonaten warf jedoch alle Berechnungen über den Haufen. Der Talsperreninhalt nahm schon im Juli in erschreckendem Maße ab und drohte bei weiter anhaltender Trockenheit bereits im September zu Ende zu gehen.

V. Der Mittellandkanal als Tagesspeicher.

Um den Wasserzuschuß aus der Talsperre besser auszunutzen und dadurch ihren Wasservorrat zu strecken, wurde der Mittellandkanal mit seiner rund 140 km langen schleusenlosen Haltung zwischen der Kanalbrücke Minden und der Schleusengruppe Münster als Tagesspeicher benutzt. Mit Hilfe des zur Speisung des Kanals bestimmten Hauptpumpwerkes in Minden wurde mit billigem Strom in der Nacht bei ruhender Schiffahrt Wasser aus der Weser in den Kanal gepumpt. Es konnte dann am folgenden Tage — teils sogar unter Rückgewinnung von Tagesstrom — der Weser in Minden als Zuschußwasser wieder zugeführt werden. Maximal wurden bis zu 20 m³/s bzw. fast 290 000 m³ in 9 Std. abgegeben. Damit konnte die Tauchtiefe in Minden um rund 20 cm für wenige Stunden oder rund 10 cm für eine entsprechend längere Zeit verbessert werden (Abb. 7). Nach Beendigung des Pumpens vergingen mehrere Stunden, bis sich der unbeeinflußte Wasserspiegel der Weser wieder einstellte. Erst dann konnte mit der Abgabe von Zuschußwasser begonnen werden.

Leider war auch dieses Hilfsmittel auf die Dauer allein nicht ausreichend. So mußte die Tauchtiefe doch immer weiter herabgesetzt werden. Ende August war nicht einmal halbe Ladung mehr möglich. Für jeden großen Kanalkahn wurden schließlich 2 bis 3 kleine Leichterkähne benötigt. Das Leichtergeschäft im Abstieghafen konnte trotz angestrengtester Arbeit nicht mehr bewältigt werden. Eine völlige Verstopfung des Abstieghafens stand bevor. Darum war schnelle Hilfe dringend geboten.

Eine Vertiefung der Wesersohle auf der Umleitungsstrecke kam nicht in Frage, weil dadurch der seit langem vorhandene Gleich-

gewichtszustand der Sohle gestört worden wäre und eine vertiefte Strecke als Sandfang gewirkt und dauernde Baggerungen erfordert hätte. Baggerung und Schiffahrt konnten außerdem wegen gegenseitiger Behinderung nicht gleichzeitig betrieben werden.

Sämtliche Schwierigkeiten wären mit einem Schlage beseitigt gewesen, wenn das Wehr der Staustufe Petershagen mit seinem bis nach Minden reichenden und hier Vollschiffigkeit von 2 m gewährleistenden Stau bereits in Betrieb gewesen wäre. Leider waren die Bauarbeiten im Kriege vor Vollendung ihres letzten Drittels zum Stillstand gekommen. Im Herbst 1947 ließ sich auch eine behelfsmäßige Fertigstellung nicht mehr rechtzeitig bewerkstelligen, abgesehen von den damit verbundenen Schwierigkeiten für die Hochwasserabführung.

VI. Schwimmende Stauanlage.

In dieser äußerst ernsten Lage wurde ein Ausweg gefunden in der Errichtung einer schwimmenden Stauanlage in der Weser bei Minden unmittelbar unterhalb der Fehlstrecke. Vor diesem ungewöhnlichen und bislang noch nicht erprobten Mittel durfte man nicht zurückschrecken, wenn nicht die Kanalschiffahrt völlig zum Erliegen kommen sollte, wie es bei der durchgehenden Weserschiffahrt bereits der Fall war.

1. Aufgabe und Beschaffenheit.

Die Sperrstelle wurde so nahe, wie es der Schiffahrtbetrieb (Spitzkehre) erlaubte, an die Einmündung des Nordabstiegs herangeschoben, um mit der örtlich erreichbaren Stauhöhe eine möglichst große hydraulische Stauwirkung noch am oberen Ende der Fehlstrecke bei der Abzweigung des Südabstiegs zu erzielen.

Die Anlage mußte so beschaffen sein, daß der Stau nicht nur schnell errichtet, sondern vor allen Dingen bei plötzlichem Ansteigen der Weser auch schnell wieder beseitigt werden konnte. Damit schieden feste Einbauten aus. Nur schwimmende Sperrmittel konnten in Frage kommen. Hierfür stand glücklicherweise eine genügende Anzahl leicht beschädigter Weserkähne (mit leichten Kriegsschäden) zur Verfügung. Nur bei deren Längslage schien die Gewähr gegeben, die Schiffe auch bei der durch den Stau bedingten starken Strömung in der Gewalt zu behalten. Zur Erzielung einer ausreichenden Stauhöhe waren 5 Schiffe erforderlich. Dabei mußte die mittlere Wassergeschwindigkeit etwa 3,5 m/s erreichen.

Entscheidend für den Erfolg war nun die Frage, ob die Sohle diese außerordenlich hohe Geschwindigkeit aushalten, oder ob sich das Wasser durch Unterspülung der Schiffe einen neuen Weg suchen würde. Hier kam dem Vorhaben der Umstand zustatten, daß an der Sperrstelle fast in Sohlenhöhe Tonschiefer ansteht, der dem Neokom angehört und unter Wasser recht widerstandsfähig ist. Er wurde in dem 3½monatigen Betriebe nicht merklich angegriffen.

2. Wirkung.

Die Wirkung des Schiffsstaues zeigt Abb. 8 an einem Spiegelnivellement vom 10. 9. 1947 kurz nach Errichtung der Anlage. Der Stau betrug an den Schiffen zuerst etwa 55, später bis zu 70 cm und am oberen Ende der Fehlstrecke, bei der Abzweigung des Südabstiegs, immerhin noch rund 30 cm.

3. Anordnung.

Die Anordnung der schwimmenden Stauanlage geht aus den Abb. 9 und 10 und den Lichtbildern 11, 12 und 13 hervor. Die Landanschlüsse wurden durch buhnenartige Steinschüttungen hergestellt. Wichtig war eine ausreichende Verankerung der Schiffe, die im Laufe der Zeit mit der Steigerung der Stauhöhe immer mehr verstärkt werden mußte.

Das Anstauen erfolgte schrittweise. Zunächst wurden nur 3 Kähne eingebracht, wobei ein freier Abflußquerschnitt von rund 23 m Breite in der Mitte verblieb. Nach Einbau der beiden letzten Kähne verringerte er sich auf 5 m. Die leer eingefahrenen Kähne wurden an Ort und Stelle durch Pumpendampfer mittels Wasserballast abgesenkt. Während die ersten 3 Kähne mit soviel Übergewicht auf die Sohle abgesetzt wurden, daß sie nur bei höheren Wasserständen aufschwammen, wurden die letzten beiden schwimmend gehalten und entsprechend dem Wachsen oder Fallen des Weserzuflusses mehr oder weniger belastet.

Ein besonderer Vorteil der schwimmenden Anlage war, daß sie sich den wechselnden Wasserständen — abgesehen von großen Schwankungen — selbsttätig anpaßte, da sich die beiden mittleren Kähne mit steigendem Wasser hoben, mit fallendem senkten und so einen größeren oder kleineren Querschnitt freigaben. Es brauchte also nur wenig gepumpt zu werden. Ein weiteres Regulierungsmittel war dadurch gegeben, daß die noch freigehaltene 5 m breite Öffnung durch Schräglegen eines Kahnes nach Bedarf verringert werden konnte.

4. Öffnung für den Weserverkehr.

Solange die Wasserstände so niedrig waren, daß praktisch keine durchgehende Schiffahrt auf der Weser möglich war, konnte vom Standpunkt der Weserschiffahrt kaum etwas gegen den Stau eingewendet werden. Die Lage änderte sich aber mit der Ende November einsetzenden Besserung der Tauchtiefe. Nun konnte der Schiffahrt im Verkehr mit Bremen der Umweg über den Dortmund-Ems-Kanal und den Küsten-Kanal auf die Dauer nicht zugemutet werden. Um sowohl den Kanal- als auch den Weser-Interessenten möglichst gerecht zu werden, wurde beschlossen, den Stau für die Weserschiffahrt je nach Bedarf auf kurze Zeit — etwa 1/2 bis 1 Tag — zu öffnen. Hierzu wurden die Kähne 2 und 3 (von links gerechnet) herausgezogen und dann wieder eingefahren. Jedes dieser Manöver dauerte 1/2 bis 1 Stunde.

5. Nutzen.

Der Nutzen, den die Kanalschiffahrt von dem schwimmenden Stau gehabt hat, geht am klarsten daraus hervor, daß die bedrohlichen Stauungen vor den Leichteranlagen des Abstieghafens in wenigen Tagen verschwunden waren, ferner daraus, daß die Tauchtiefe in dieser Weserstrecke bei Minden für längere Zeit größer war als bei allen anderen Strömen Deutschlands. Während die höchste Abladetiefe sogar auf dem Niederrhein Anfang November auf 1,10 m sank, konnte in Minden dauernd mit 1,30 m und mehr gefahren werden.

Der Versuch einer zahlenmäßigen Erfassung ergibt bei einer Verringerung der Leichtermengen um 66 307 t eine Kostenersparnis für Leichterungen, Frachten und Wertminderung des Leichtergutes von 304 000 RM. Die Aufwendungen für den Stau betrugen rund 50 000 RM, so daß sich eine volkswirtschaftliche Ersparnis von rund 250 000 RM ergibt.

Nicht einwandfrei zum Ausdruck kommt darin jedoch der Nutzen infolge Verringerung des sonst benötigten Leichterraumes, der bei dem großen Mangel an Kahnraum volkswirtschaftlich sehr hoch veranschlagt werden muß, weil es dadurch möglich wurde, viele lebenswichtige Güter zu transportieren, die sonst überhaupt nicht in Umlauf hätten kommen können.

VII. Praktische Erfahrungen.

Die praktischen Erfahrungen mit dieser neuartigen Anlage haben gezeigt, daß der Verankerung besonders Aufmerksamkeit zu schenken war. Für das Festlegen der leeren Kähne genügten Schiffsanker, die jedoch wegen des felsigen Stromgrundes im Vorland eingebaut werden mußten und zwar einseitig, damit die Trossen nicht die mittlere Öffnung bei Freigabe für die Durchfahrt der Weserschiffahrt versperrten. Jeder Kahn erhielt seine besondere Verankerung. Solange die Kähne an der Sohle, besonders am Heck aufsaßen, hatten die Anker im wesentlichen nur die Seitenkräfte aufzunehmen. Nach dem Einsetzen von Regen mit entsprechendem Steigen sowohl des Fluß- wie auch des Grundwassers gaben in dem tiefliegenden rechten Vorland die Anker trotz eingebauter Querschwellen nach. Deshalb wurden längere Kanthölzer vor den Ankern eingegraben und durch vorgerammte Pfähle gesichert sowie starke Trossen um Bäume gelegt.

Bei dem Kahn am rechten Ufer traten erhebliche Seitenkräfte zusätzlich dadurch auf, daß der Landanschluß nicht am oberen Ende, sondern etwa in der Mitte des äußeren Kahnes lag (Bild 9 und 13), wo er durch Verlängerung einer dort vorhandenen Buhne zunächst in einfachster Weise hergestellt werden konnte. Je höher der Stau wurde, um so mehr wuchs die Tendenz des gestauten Oberwassers, den Kahn am Bugende vom Land abzudrücken bzw. ihn um den Buhnenkopf im Uhrzeigersinne zu drehen, denn in Höhe der Buhne lag der Wasserspiegel landseitig des Kahnes auf Oberwasser, stromseitig um fast 30 cm tiefer auf der Mitte zwischen Ober- und Unterwasser. Der Landanschluß wurde nachträglich auch hier am oberen Ende hergestellt, wie dies bei den Schiffen am linken Ufer von vornherein geschehen war (Bild 12).

Bei plötzlichem Anschwellen der Weser konnte die starke Querschnittsverbauung zu einer unzulässigen Beanspruchung der Anlage mit Abtreiben und Sinken von Schiffen in der Fahrrinne führen. Deshalb waren Vorkehrungen für eine schnelle Auflösung notwendig durch Bereitstellung von Schleppern, eines Pumpendampfers und einer tragbaren Benzinpumpe an Bord zur Regelung des Wasserballastes.

Der Wasserballast ließ sich zwar bequem ein- und auspumpen, hatte aber den Nachteil der großen Beweglichkeit, besonders bei Kähnen ohne Schotten, wo die wandernde Last zu Schräglagen führte. Deshalb wurde später eine Grundlast von etwa 1/5 der Gesamtlast als fester Ballast in Form von Kies eingebracht.

Abgesehen von diesen Erscheinungen hat sich der schwimmende Stau bestens bewährt. Ob dieses in Minden aus einer Zwangslage heraus geborene Verfahren auch an anderer Stelle — gegebenenfalls in Form der Staffelung — Verwendung finden kann, hängt ganz von den örtlichen Verhältnissen ab.

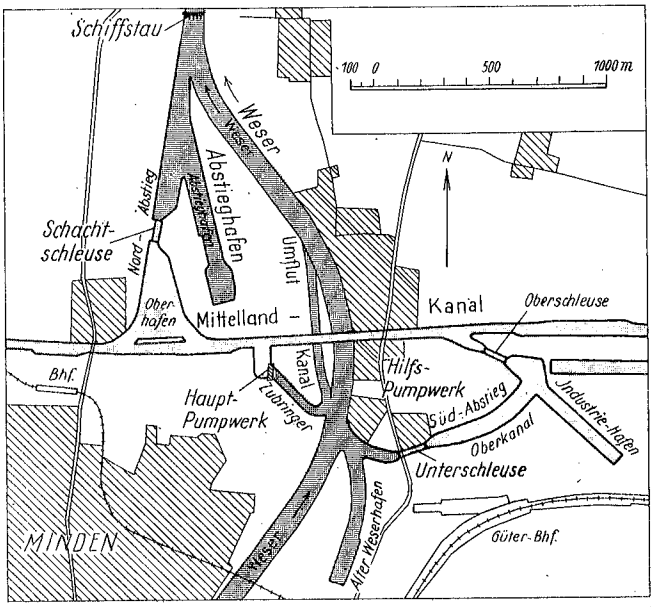

Abb. 1. Das Wasserstraßenkreuz bei Minden; Übersichtsplan.

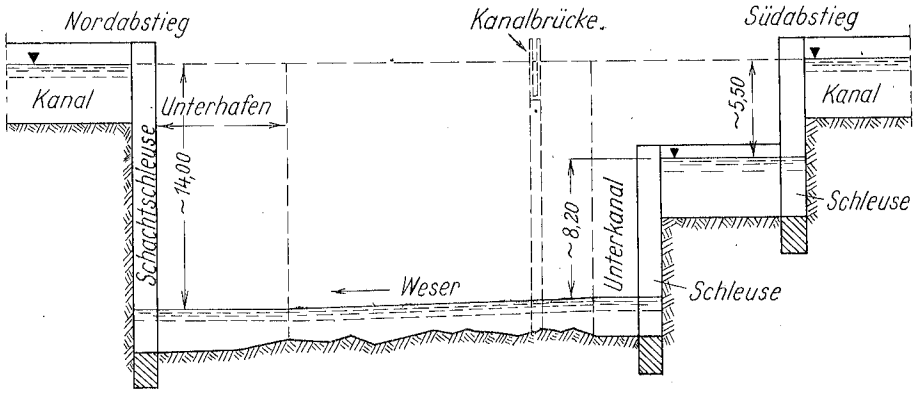

Abb. 2. Notverbindung über die Weser zwischen West- und Ostteil des Kanals.

Abb. 3 + 4

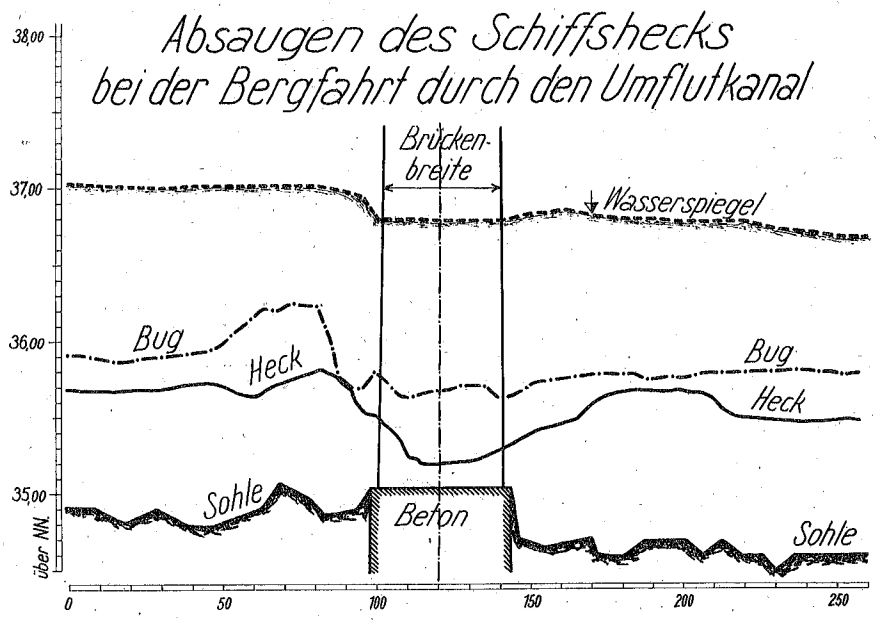

Abb. 3. Absaugen des Schiffsbodens im Umflutkanal.

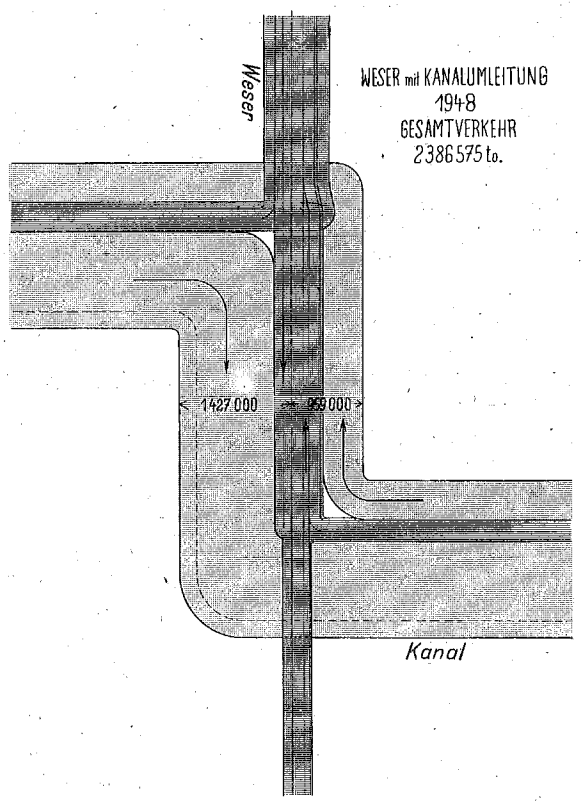

Abb. 4. Überlagerung des Weserverkehrs durch den Kanalverkehr.

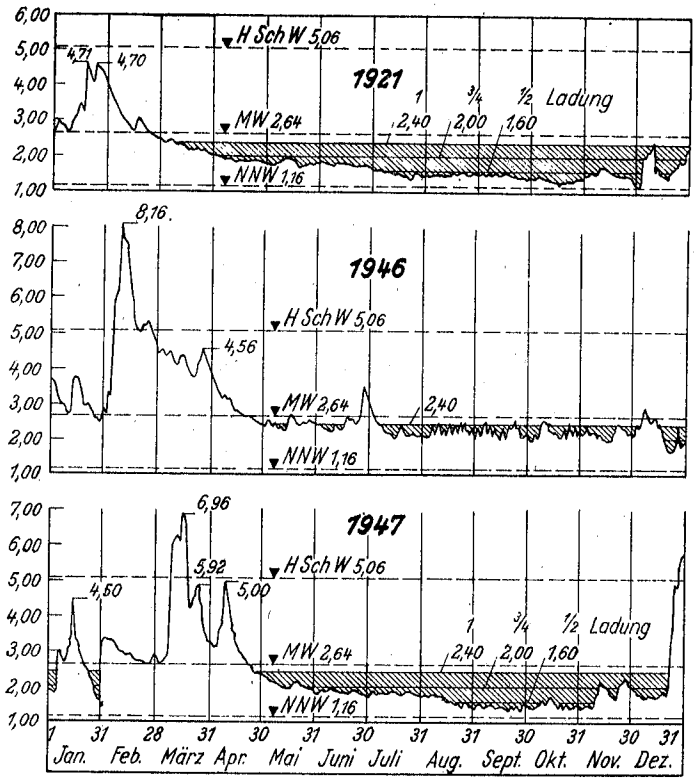

Abb. 5. Unterschreitung der Vollschiffigkeit der Weser in Minden.

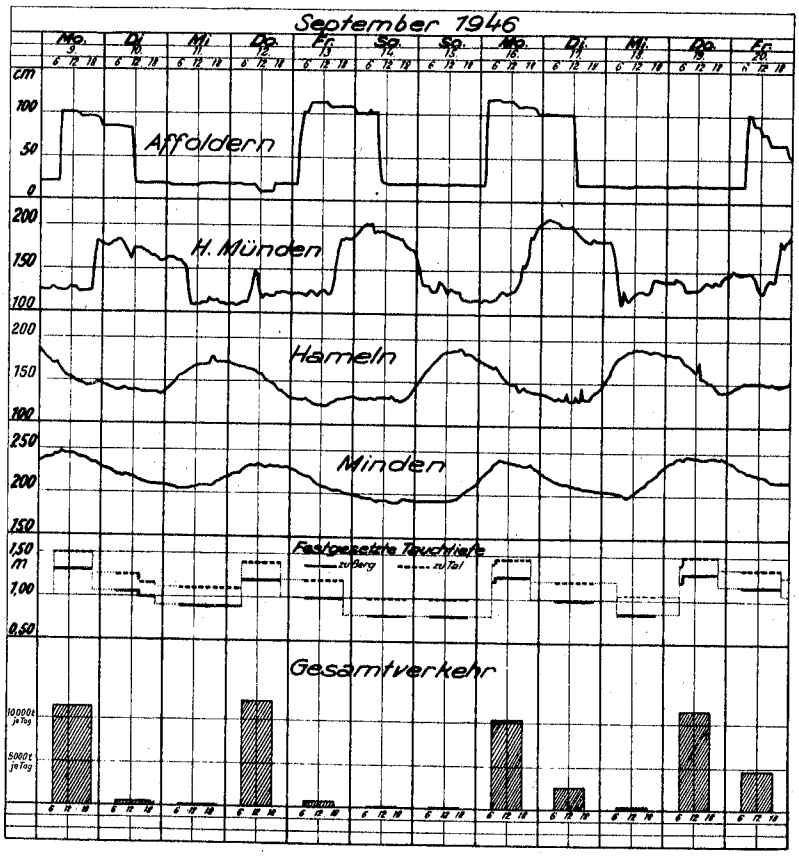

Abb. 6. Verformung der Zuschußwellen auf dem Wege vom Edersee bis Minden.

Abb. 7 + 8

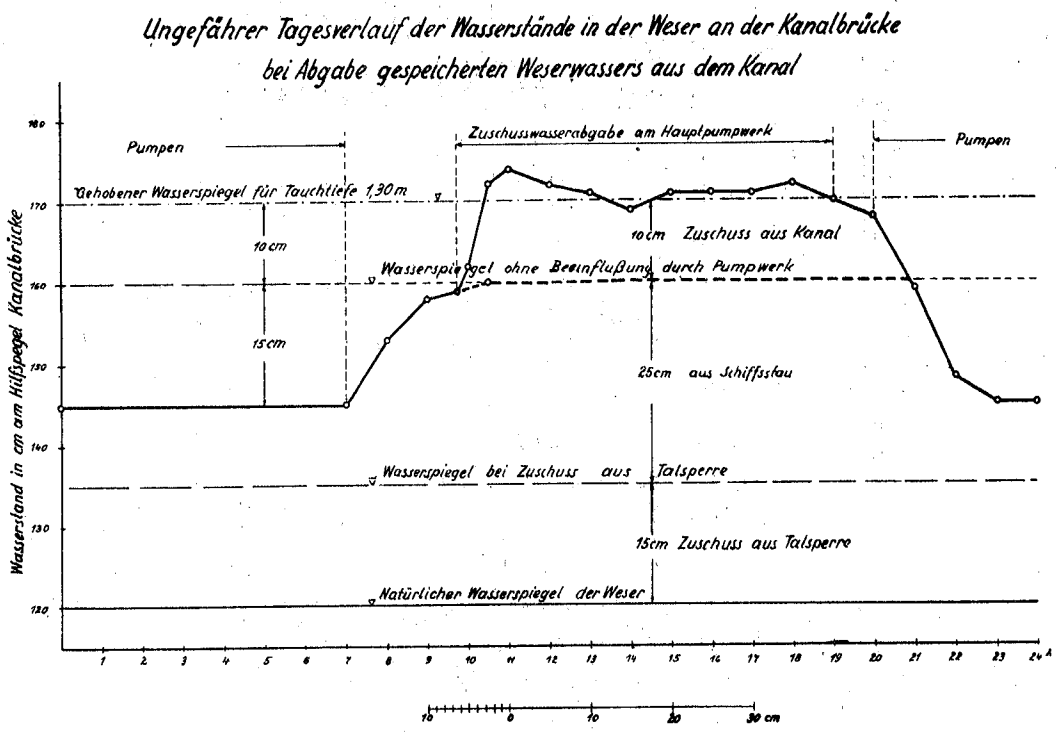

Abb. 7
Speicherung von Weserwasser im Mittellandkanal und Wiederabgabe als Zuschuß.

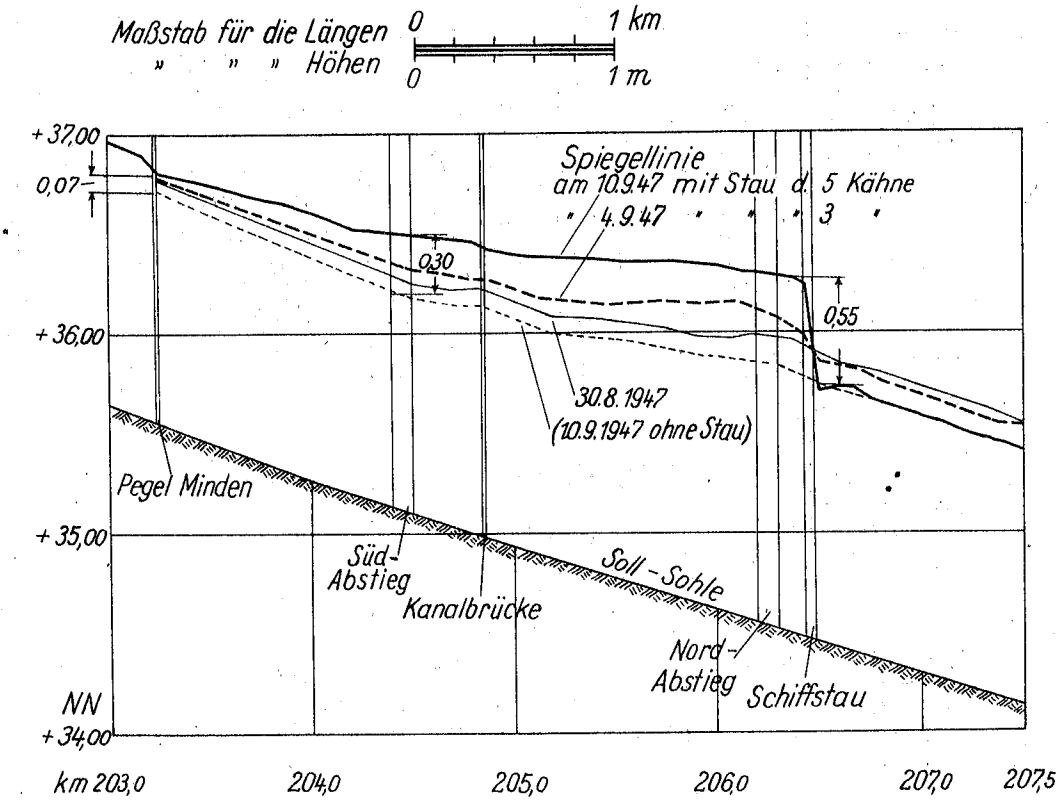

Abb. 8. Die Stauwirkung der schwimmenden Anlage.

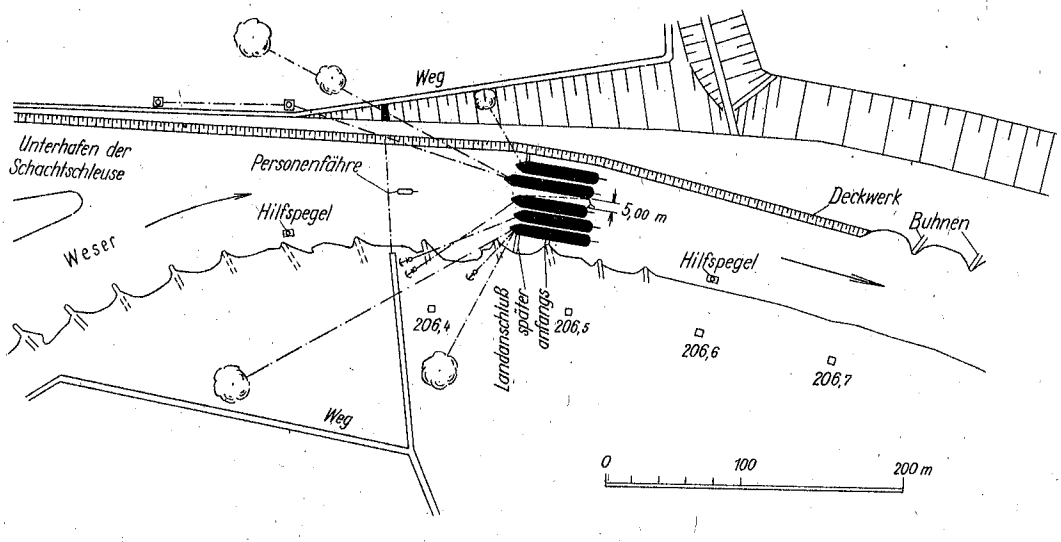

Abb. 9. Lageplan der schwimmenden Anlage.

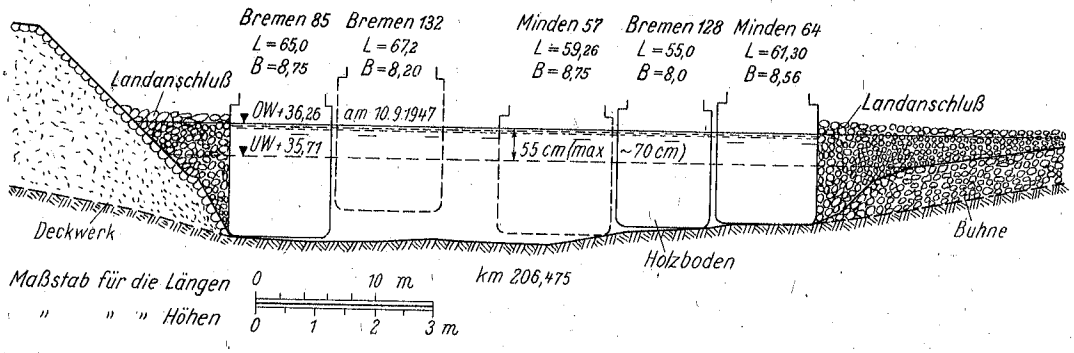

Abb. 10. Querschnitt der schwimmenden Anlage (5fach überhöht).

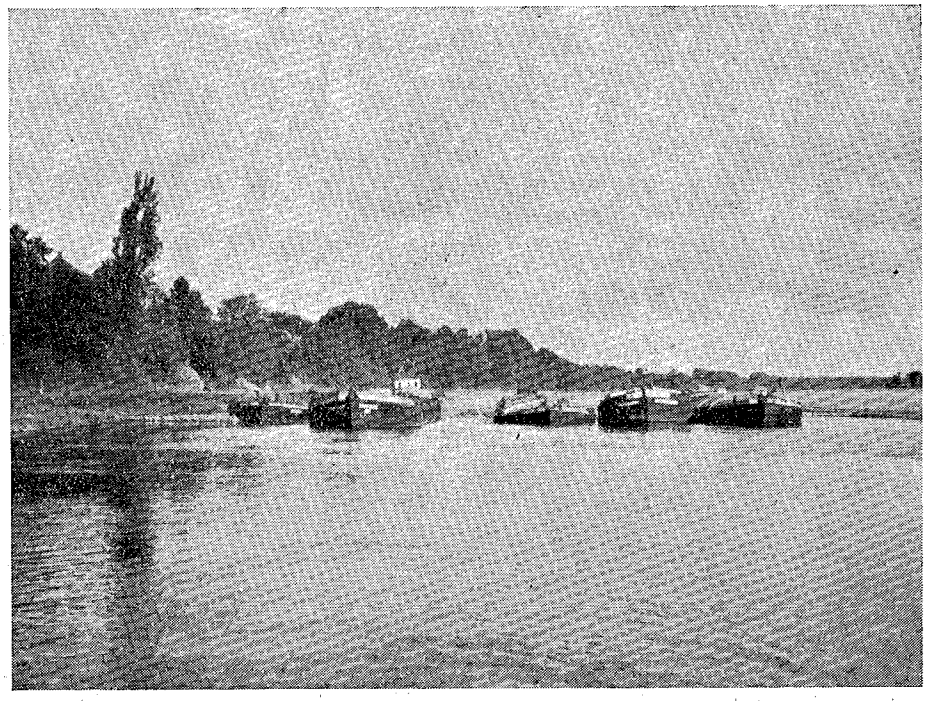

Abb. 11
Blick von Strommitte abwärts auf die verankerten Kähne.

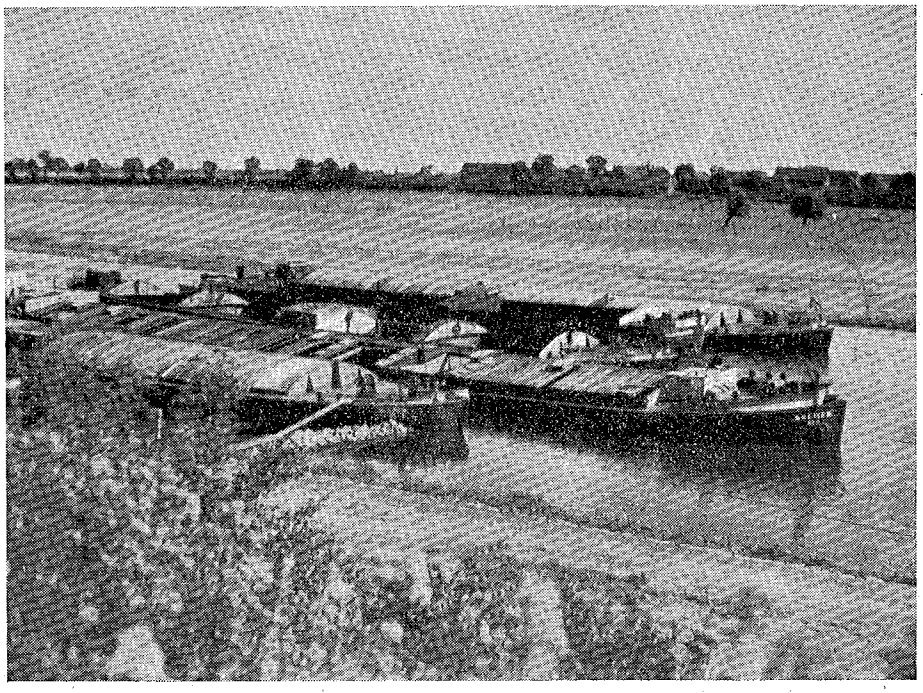

Abb. 12
Blick auf die Stauanlage vom linken Hochufer stromabwärts.
Landanschluß beim linken Kahn am Bug.

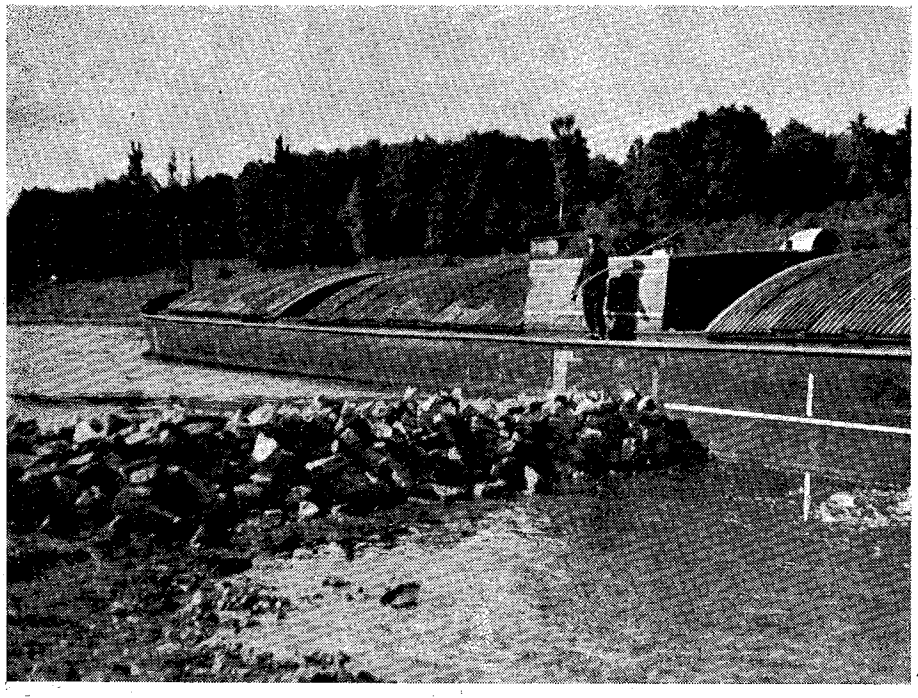

Abb. 13

Landanschluß am rechten Ufer in Kahnmitte, stromauf gesehen; Stauwirkung durch weiße Striche kenntlich gemacht.