

## Die Entwicklung der Querschnitte von Binnenschiffahrtskanälen in Deutschland

Von Walther Reinhardt, Ministerialrat in Offenbach a. M.

### I. Einfluß des Schiffahrtsbetriebes auf die Entwicklung der Kanalquerschnitte

Im deutschen Binnenschiffahrtskanalnetz sind 2 Gruppen zu unterscheiden: Kanäle, die für vom Ufer aus gezogene Schiffe entstanden sind und solche, auf denen von vornherein Schlepperzug vorgesehen war. Zur ersten Gruppe gehören die größtenteils etwa ab Mitte des 18. Jahrhunderts bis zum Aufkommen der Eisenbahnen gebauten Kanäle, so z. B. das Netz der Märkischen Wasserstraßen zwischen Spree, Havel und Oder mit Anschluß an Elbe und über die Warthe und Netze an die Weichsel. Zur zweiten Gruppe gehören die ausgangs des 18., im wesentlichen aber im 19. Jahrhundert erbauten Kanäle, vor allem des nordwestdeutschen Kanalnetzes, und die im Bau geplanten. Die erste Gruppe ersetzt vielfach kleinere Flüsse, die nicht mehr den Verkehrsanforderungen bescheidener Art entsprachen und benutzt sie in kanalisierter Form vielfach streckenweise; in die zweite Gruppe gehören die Verbindungskanäle an sich leistungsfähiger natürlicher Schiffahrtsstraßen. Sie besteht vorwiegend aus reinen Kanälen. Ausnahmen gibt es dabei auch, so benutzt z. B. das älteste Glied dieser Gruppe, der jetzt gerade 50 Jahre alte Dortmund-Ems-Kanal in seinem nördlichen Teil streckenweise die untere Ems.

Die z. Zt. des Entstehens der Kanäle auf den natürlichen Wasserstraßen vorhandenen Schiffahrtsmöglichkeiten und vorherrschenden Schiffsgrößen haben neben den technischen, wirtschaftlichen und finanziellen Möglichkeiten u. a. die Abmessungen der Kanäle mit bestimmt. Wesentlich war die schon gestreifte Frage, welche Fortbewegungsmittel zur Verfügung standen und welche Reisegeschwindigkeit wirtschaftlich dabei erreicht werden konnte. Erst als der Schraubenschlepper zur Regel wurde und sich immer mehr vervollkommnete, konnte die Neuanlage von Kanälen trotz der Entwicklung der Eisenbahnen wieder in Betracht gezogen werden, denn mit ihm erhöhte sich die Reisegeschwindigkeit und die Transportweite und man konnte größere, den Verkehr verbilligende Fahrzeuge verwenden, die sich auf den natürlichen Wasserstraßen infolge deren Verbesserung durch die dort angewandte Ausbauweise schon vorher durchgesetzt hatten.

So entstanden die Großschiffahrtskanäle im Gegensatz zu den älteren, der Kleinschiffahrt dienenden.

### II. Form und Größe der Kanalquerschnitte, Regelschiffstypen.

Tiefe und Breite des wassergefüllten Teiles des Kanalquerschnittes müssen sich nach dem Querschnitt des für den betreffenden Kanal vorgesehenen, voll beladenen Regelfahrzeuges und nach der Fahrgeschwindigkeit bei Begegnungen und Überholungen und dem dabei einzuhaltenden Sicher-

heitsabstand vom Ufer und zwischen den sich begegnenden Kähnen richten. Für das der Fahrtrichtung entgegengesetzte Rückströmen des verdrängten Wassers muß auch bei Begegnungen genügend Wasserquerschnitt vorhanden sein, damit nicht unzulässig hohe Fahrwiderstände und die Schifffahrt und den Kanalquerschnitt gefährdende Längs- und Querströmungen entstehen.

Bei den Kleinschiffahrtskanälen traten in dieser Hinsicht Schwierigkeiten kaum auf. Die geringe Fahrgeschwindigkeit wirkte sich in jeder Weise günstig aus. Die Abstände zwischen zwei Schiffen und zwischen Schiff und Ufer konnten klein gehalten werden. 0,20 m Wasserspielraum unter den Fahrzeugen genügte. Die Fahrzeuge senkten sich beim Fahren nur unmerklich ein. Infolgedessen war der in der Herstellung einfache Trapezquerschnitt mit waagerechter Sohle und steiler, meist in einer Neigung vom Wasserspiegel bis zur Sohle durchlaufender Böschung, etwa 1:1,5 bis 1:2, die Regel, mit Tiefen, die etwa von 1,60 m (Finowkanal) bis 2 m gingen. Der durch Wind verursachte Wellenschlag war den Ufern gefährlicher als die vom Verkehr herrührenden Wasserströmungen. Daher konnte die Uferbefestigung einfach und billig hergestellt werden. Nach diesen Gesichtspunkten sind auch noch die ersten in die Gruppe der Großschiffahrtsstraßen gehörenden Kanäle gebaut worden, so der Dortmund-Ems-Kanal mit 30 m Spiegel- und 18 m Sohlenbreite, 2,50 m Tiefe, Böschung 1:2 von 2,50 m bis 1,00 m Tiefe unter Wasser und anschließend Böschungen 1:3 bis 1 m über Wasser, also ausbauchenden Ufern. Die Wasserfläche betrug  $F = 58,5$  qm. Bei 2 m Begegnungszwischenraum war für das vollbeladene, 1,75 m tieftauchende Dortmund-Ems-Kanal-Schiff von 8,0 m Breite und 600 t Tragfähigkeit der Abstand der Kimm von den Böschungen 1,50 m. Für das 2 m tieftauchende 770-t-Schiff blieb bei gleicher Zwischenraumbreite nur noch 0,80 m für den Kimmabstand übrig. Das Querschnitts-Verhältnis  $n = \frac{F}{f}$  betrug  $\frac{58,5}{14,0} = 4,2$ , für das 770-t-Schiff sogar nur  $\frac{58,5}{16,4} = 3,6$ .

Auch die nur 1 Jahr jüngere Verbindung zwischen Elbe und Trave, jetzt als Elbe-Lübeck-Kanal bezeichnet, hat trapezförmigen Querschnitt mit 32 m Spiegelbreite, Böschung 1:2 und waagerechter Sohle, aber nur 2,0 m Tiefe. Hier kamen zunächst nur die im allgemeinen flacheren Schiffe der Elbe, und der Berliner Wasserstraßen in Frage.

Beobachtungen am Dortmund-Ems-Kanal und an den in zunehmendem Maße ebenfalls von Schraubenschleppern befahrenen Kleinschiffahrtskanälen ergaben bald, daß der Trapezquerschnitt im Verkehr sich zu einem Muldenquerschnitt umwandelte durch Vertiefung der Kanalmitte infolge der Schraubeneinwirkung und Ablagerung des dabei gelösten Bodens in den von den Böschungen und der Sohle gebildeten Ecken. Die Breite des Wasserquerschnittes wurde dadurch in der Tiefe der Kimm verringert. Durch Wellen- und Strömungsangriffe entstanden an den zu steilen Böschungen vielerorts Uferabbrüche. Deshalb ging man bei den nun folgenden Kanalbauten dazu über, den Muldenquerschnitt schon beim Bau herzustellen. Die Verwendung von Eimerkettenbaggern beim Aushub begünstigte dies. Die Mulde setzte trotzdem zunächst vielfach noch mit der Neigung 1:2 oder 1:2,5 in Wasserspiegelhöhe an. Die Tiefe in der Kanalachse wurde auf 3,0 m vergrößert für Kanäle mit der zulässigen Tauchtiefe von 2,0 m. Diesen Tiefgang hatte der Breslauer Maßkahn mit  $55,0 \times 8,0$  m und 620 t Lade-fähigkeit, der Dortmund-Ems-Kanal-Kahn mit  $67,0 \times 8,2$  m und 770 t Lade-fähigkeit und der Symphersche 1000-t-Kanalkahn mit  $80,0 \times 9,0$  m. Da auf dem Rhein bei guten Wasserständen auch noch mit größeren Tiefgängen

lohnend gefahren werden kann, wurde für die als Zubringerkanäle vom Ruhrgebiet zum Rhein dienenden Kanäle, Rhein-Herne-Kanal und Wesel-Datteln-Kanal, als Regelschiff der Rhein-Herne-Kanal-Kahn von 1350 t mit  $80,0 \times 9,5$  m und 2,50 m Tiefgang gewählt und die Wassertiefe in der Kanalachse hier auf 3,50 m vergrößert. Aber auch die nach 1918 ausgeführte Oststrecke des Mittellandkanals hat, trotzdem nur 2,0 m Tiefgang zugelassen sind, 3,50 m Wassertiefe in der Kanalmitte. Die Querschnitte einiger bis 1938 entstandenen Großschiffahrtskanäle zeigt die beigefügte Tafel.

Alle nach dem Dortmund-Ems-Kanal, also nach 1900 gebauten Großkanäle haben muldenförmigen Querschnitt erhalten, meist mit schwach geneigter Sohle, nur der Rhein-Herne-Kanal und Wesel-Datteln-Kanal haben waagerechte Sohlen. Das vorhandene Verhältnis

$n = \frac{F(\text{Kanalquerschnitt})}{f(\text{Regelschiff})}$  zeigt die folgende Tabelle

Kanal	B m	T m	F m <sup>2</sup>	f m <sup>2</sup>	$n = \frac{F}{f}$	Bauzeit	R t
Dortmund-Ems-Kanal (alt)	30,0	2,50	58,5	14,0	4,2	1892—99	600
Dortmund-Ems-Kanal	30,0	2,50	58,5	16,4	3,6	1892—99	770
Hohenzollern-Kanal (Bln.—Stett.)	33,0	3,0	68,5	14,0	4,9	1908—14	600
Hohenzollern-Kanal	33,0	3,0	68,5	18,0	3,8	1908—14	1000
Küsten-Kanal (Weststrecke)	32,0	3,5	75,5	18,0	4,2		1000
Rhein-Herne-Kanal	34,5	3,5	91,6	18,0	5,1		1000
Rhein-Herne-Kanal	34,5	3,5	91,6	23,7	3,9		1350
Wesel-Datteln- und Datteln-Hamm-Kanal	31,0	3,0	65,5	18,0	3,6		1000
Mittellandkanal westl. Hannover, angespannt auf 50,30 NN	33,0	3,5	82,6	18,0	4,6	1909—16	1000
desgl. östl. Hannover	39,0	3,5	94,2	18,0	5,2	1921—38	1000
Hansa-Kanal-Entwurf	39,0	3,5	94,7	18,0	5,2		1000
Dortmund-Ems-Kanal, ausgebaut	41,0	3,5	103,9	16,4	6,3	Ausbau	600
desgl.	41,0	3,5	103,9	18,0	5,8	noch	1000**)
desgl.	41,0	3,5	103,9	20,5	5,0	nicht	1000*)
desgl.	41,0	3,5	103,9	23,7	4,3	vollendet	1350
Main-Donau-Kanal, Entwurf	43,0	3,75	118,5	20,7	5,7		1200
Regelquerschnitt vom 3. 12. 1941	45,0	3,5	116,9	18,0	6,5		1000**)

Anm.: B = Breite des Wasserspiegels, T = Tiefe in Kanalmitte

F = Wasserquerschnitt, f = Querschnitt des Regelschiffes

R = zum Vergleich benutzte Regelschiffe

f = 14,0 Dortmund-Ems-Kanal-Kahn für 600 t Tragf. 67,0 . 8,0 . 1,75 m  
 f = 16,4 " " " " " " 770 t " 67,0 . 8,2 . 2,0 m  
 f = 20,5 " " " " " " 1000\*) t " 67,0 . 8,2 . 2,5 m  
 f = 18,0 Kanalkahn von Sympher " 1000\*\*\*) t " 80,0 . 9,0 . 2,0 m  
 f = 23,7 Rhein-Herne-Kanal-Kahn " 1350 t " 80,0 . 9,5 . 2,5 m

### III. Uferschutz.

Als Uferbefestigung ist in der Regel eine von 0,5 m, bei den Ausführungen nach 1918 von 1,0 m unter Regelwasser bis 1,0 m über Regelwasser reichende Steinschlagschicht auf Splittunterlage vorgesehen und an-

gewandt worden, meist 0,30 m stark, wovon 0,10 m auf die Splittschicht entfallen. Als Deckschicht werden schwere Steine von 15—25 cm Kantenlänge genommen, die durch den Anprall oder den Sog der Wellen möglichst nicht verlagert werden können. Auch Eisen- oder Metallschlacke ist vielfach verwendet worden. Wo Schilf und Rohr anwachsen, ist und wird dies mit Vorliebe angepflanzt, teils mit, teils ohne Steinschüttung.

Die Böschungsneigung 1 : 2, auch 1 : 2,5 hat sich im allgemeinen nur bei schwachem Verkehr als ausreichend gezeigt. Die im wesentlichen diluvialen Bodenarten Nord- und Nordwestdeutschlands, um dessen Kanäle es sich hier handelt, sind zwar bei diesen Neigungen standfest genug, auch bei plötzlichem Leerlaufen einer Haltung sind bei den Neigungen 1 : 2,5 Rutschungen im allgemeinen ausgeblieben, dagegen ist der Bestand der Steinschüttung bei starkem Verkehr gefährdet. An der Deckschicht wird bei den sich häufenden Begegnungen zu oft gerüttelt; Angler tun das übrige zum Lockern der Steine, lose gewordene Steine rollen ab bei dieser Neigung, die Deckschicht verschwindet allmählich. Außerdem belastet die Steinschicht ihren nur 0,30 m breiten Fuß in den weichen Bodenarten zu sehr. Die dagegen als Schutz angewandten Bohlen oder Faschinenwürste genügen nicht auf die Dauer, auch verteuern sie die Anlage. Dies hat dazu geführt, daß für die Oststrecke des Mittellandkanals von Peine bis zur Elbe und weiter nach Burg fast durchweg die Böschungsneigung in der Wasserspiegelhöhe auf 1 : 3 ermäßigt wurde. Außerdem wurde hier der Wasserquerschnitt vergrößert, so daß sich das Verhältnis  $n = \frac{F}{f}$  auf 5,2 erhöhte und die zulässige Fahrgeschwindigkeit der Schleppzüge von bisher 3,5 bis 4 km auf 5 km/Std. gesteigert werden konnte. Die Böschungsneigung 1 : 3 wurde im Einschnitt bis 2,70 m unter Wasserspiegel hinabgeführt. Anschließend wurde mit 1 : 4 dann 3,0 m erreicht, die Wasserspiegelbreite wuchs auf 41,0 m. Mit  $F = 94,25 \text{ m}^2$  und dem Sympherschen 1000-t-Kanalschiff mit  $f = 9,0 \cdot 2,0 = 18,0 \text{ m}^2$  ergibt sich nun  $n = \frac{94,25}{18,0} = 5,2$ . Als Böschungsbefestigung ist wie bisher 0,30 m Steinsicherung oder Schilf- und Rohrpflanzung angewandt.

#### IV. Neuere Planung.

Die während des Baues dieses Reststückes des Mittellandkanals in der Planung befindlichen Kanäle: Hansa-Kanal, Seitenkanal Gleesen-Papenburg, der die Emsstrecke des Dortmund-Ems-Kanals ersetzen sollte, die Kanalsstrecke der Rhein-Main-Donau-Verbindung haben im Einschnitt ähnliche Querschnitte erhalten mit geringen Breitenabwandlungen und daher geringfügigen Änderungen des Wertes  $n$ .

Bald nach der Inbetriebnahme des Mittellandkanales bis Magdeburg wurde gemeinsam mit der tschechischen Kanalbaudirektion in Prag die Planung der Oder-Donau-Verbindung aufgenommen, aber im Gegensatz zu der österreichischen Planung von 1902 jetzt für 1000-t-Kähne statt für 600-t-Kähne und auch sonst unter Anwendung der bisherigen deutschen Erfahrungen über Schleusen größerer Gefälle und Hebewerke. Im Verlauf dieser Planungsarbeiten wurde vom Generalinspektor für Wasser und Energie in Berlin, der die Wasserstraßenabteilung des Reichsverkehrsministeriums an sich gezogen hatte, am 3. Dezember 1941 für Großschiffahrtskanäle ein Querschnitt vorgeschrieben, der den 1000-t-Regelschiffen mit Kanalmaßen, also 9,0 m Breite und 2,0 m Tiefgang beim Begegnen einen Zwischenraum von 6,0 m erlaubte und in Kimmtiefe dabei noch 4,45 m Abstand

von den 1 : 3 geneigten Böschungen einhielt. Der Knick zwischen der Böschung 1 : 3 und der nur noch ganz schwach — 1 : 50 — geneigten Sohle liegt in diesem Querschnitt 3,25 m unter Regelwasser. Die Sohlenbreite beträgt 25,0 m, der bisher übliche Übergang zur Sohle mit 1 : 4 oder 1 : 5 ist fortgefallen. Sieht man von der hauptsächlich zur Erleichterung der Entwässerung während der Erdarbeiten gegebenen geringen Neigung der Sohle ab, so ist der Kanalquerschnitt von der Muldenform wieder zum Trapez zurückgekehrt. Die Wassertiefe beträgt auch hier im Einschnitt in ungedichteten Strecken in der Mitte 3,50 m. In den Auftragsstrecken ist, wie es auch bisher seit langem üblich war, zur Sicherung vor Sohlenangriffen neben der Überdeckung der Dichtung durch eine 0,50 bis 1,0 m starke Schutzschicht die Wassertiefe auf die ganze Sohlenbreite auf 4,0 m erhöht. Der wassergefüllte Querschnitt ist bei diesem Profil in Einschnitten 116,9 m<sup>2</sup> groß, so daß sich ein  $n = \frac{116,9}{18,0} = 6,5$  ergibt, das die Möglichkeit der Steigerung der Fahrgeschwindigkeit für Schleppzüge auf 6 bis 7 km nunmehr zulassen dürfte. Für die Kanalstrecke der Mai-Donau-Verbindung war bereits ein 43,0 m breiter Querschnitt gewählt, der durch die obenerwähnte Anordnung, wohl weil die Planungsarbeiten zu weit fortgeschritten waren, ausdrücklich bestehen gelassen wurde.

Wie bereits erwähnt, wurde für den Rhein-Herne-Kanal und den Wesel-Datteln-Kanal wegen ihrer engen Verbindung mit der Rheinschiffahrt das 9,5 m breite und 2,50 m tiefgehende Regelschiff gewählt. Da der Dortmund-Ems-Kanal-Kahn mit 67,0 × 8,2 m aber auch vielfach auf den Rhein übergeht, wo er mit 2,5 m Tiefgang rund 1000 t laden kann, besteht der Wunsch, nicht nur die Strecke des Dortmund-Ems-Kanals zwischen den Abzweigungen der beiden genannten Kanäle auch 2,50 m tiefgehenden Kähnen zugänglich zu machen, sondern den ganzen Dortmund-Ems-Kanal. Dem wird bei dem wegen seiner ganz unzulänglichen Breiten-, Böschungs- und Krümmungsverhältnissen zu verbessernden Dortmund-Ems-Kanal bei Erweiterungen Rechnung getragen, indem man ihn auf 3,50 m Tiefe bringt unter Verbreiterung auf 41,0 m im Wasserspiegel und Abflachen der Krümmungen, wenn er nicht streckenweise durch neue Kanalstücke ersetzt ist oder wird, die sogenannten zweiten Fahrten. Die Fahrverhältnisse erreichen auch dann für den 2,0 m tiefgehenden 1000-t-Kahn noch nicht die des 45,0 m breiten Regelquerschnittes. Für den Rhein-Herne-Kanal ergibt sich ein  $n = 4,37$ , für den 2,5 m tiefgehenden Dortmund-Ems-Kanal-Kahn mit 1000 t Tragfähigkeit erhält man  $n = 5,1$ . Daß es vielfach wegen der Bebauung und aus anderen Gründen nur möglich war, die nötige Kanalerweiterung durch senkrechte Ufer zu erreichen, wozu stählerne Spundwände einseitig oder auf beiden Seiten geschlagen wurden, sei nebenbei erwähnt. Mit dieser Bauart ist dann auch die Frage der Ufersicherung einwandfrei gelöst.

Die Entwicklung der Wasserquerschnitte der Kanäle und ihrer Ufer ist also trotz vielfacher örtlich bedingten Abweichungen dahin gegangen, daß man das Verhältnis  $n = \frac{F}{T}$  und die Wasserspiegelbreite ständig vergrößerte, um die Reisegeschwindigkeit und bei Begegnungen und Überholungen (Selbstfahrer) auch die Sicherheit des Verkehrs zu erhöhen und andererseits dadurch auch wieder den Bestand der künstlichen Wasserstraßen zu sichern, ohne die Kosten der Herstellung und Unterhaltung der Wasserstraße untragbar werden zu lassen. Dies wird erreicht durch eine genügende Abflachung der Ufer auf 1 : 3 und durch die Vergrößerung der Breite der Fahrstraße auf ein Maß, das die Sicherheit der Fahrt gewährleistet, in

Verbindung mit der Vergrößerung der Tiefe. Als Uferschutz dient hierbei eine 20 cm starke Steinschüttung auf 10 cm Splittunterlage, die mindestens bis 1 m unter Wasser reichen muß. Wenn möglich ist sie durch eine bis zur Sohle hinabreichende Steinschüttung weiter zu sichern. Hierfür und für eine Sohlenabdeckung genügt minderwertiges Gestein, Steinbruchabraum und dergleichen.

# Querschnitte von Großschiffahrts - Kanälen

0 1 2 3 4 5 m  
Maßstab

