3

Maßnahmen schiff und maschinenbautechnischer Art zur Beschleunigung des Verkehrs auf den Binnenwasserstraßen

Von L. Schulze, Ober-Reg.- und Baurat a. D. in Varel (Oldenburg)

Aufgabe der vorliegenden Abhandlung ist die Erörterung von Maßnahmen schiffbautechnischer und maschinenbautechnischer Art, mit denen eine Beschleunigung erreicht werden kann, zu denen aber solche in den Häfen und an den Verkehrseinrichtungen nicht gehören sollen.

I. Was bedeutet Beschleunigung?

Beschleunigung bedeutet hier also Erhöhung der Reisegeschwindigkeit der Güterschiffe, die ihrerseits einmal durch ihre erreichbare Geschwindigkeit auf freier Strecke, zum andern durch die Zeitverluste infolge von Begegnungen mit anderen Schiffen und von Überholungen langsamer fahrender und damit durch die Verkehrsdichte bedingt ist. Die ebengenannten Zeitverluste sind nur auf Kanälen von Bedeutung, sie spielen auf den freien Strömen kaum eine Rolle.

Die Verkehrsdichte ist als unabänderlich zu betrachten, soweit nicht etwa durch Umlegung eines Teiles des Verkehrs auf andere Wasserstraßen eine Auflockerung und damit eine Verminderung der Zeitverluste erreicht werden können. Veränderlicher Wert bleibt die Geschwindigkeit auf freier Strecke wie beim Begegnen und Überholen.

Die Größe der möglichen Streckengeschwindigkeit des einzelnen Schiffes ist nun in erster Linie abhängig von seinem eigenen Widerstand im Wasser, der zu seiner Überwindung eine entsprechende Antriebsleistung voraussetzt, sei es geschleppt oder selbstfahrend. Daneben ist vornehmlich auf Kanälen die Steuerfähigkeit und das besonders bei Überholungen zu beachten.

Widerstand und Steuerfähigkeit sind von dem wasserführenden Querschnitt der befahrenen Wasserstraße beeinflußt, d. h. von ihrer Breite, Tiefe und Profilausbildung. Mit zunehmenden Werten für diese nimmt der Widerstand ab, die Steuerfähigkeit zu; das letztere gilt auch für den Wirkungsgrad der Antriebe, wenn von der Treidelei vom Ufer aus abgesehen wird. Der Widerstand im Wasser wächst ferner in erheblich stärkerem Maße als die Geschwindigkeit.

Dieses Verhalten des Widerstandes hat zur Folge, daß auf Kanälen mit ihren im Vergleich zu den Strömen kleinen Querschnitten im allgemeinen nur niedrige Fahrgeschwindigkeiten erreicht und durch die Schiffahrts-Polizeiverordnung aus mehrfachen Gründen auch nur zugelassen werden. Neben der Vermeidung von Havarien sind dies Beschädigungen des Kanal-

bettes durch den Schraubenstrahl der Antriebe — Seitenräder sind der Breite wegen auf Kanälen kaum möglich, Heckräder nur selten anzutreffen sowie der Böschungen durch Wellenschlag, die verhütet werden sollen.

Derartige Beschränkungen fallen auf den breiten Strömen bis auf Fahrwasserengen und schwierige Stellen fort. Auf ihnen wird also von vorn-

herein schneller gefahren werden als auf den Kanälen.

Für die Überlegung, was sich praktisch an Geschwindigkeitssteigerung erreichen läßt, wird die Verteilung des Wasserstraßennetzes eines Landes auf freie Ströme und auf Kanäle von ausschlaggebender Bedeutung sein. Im allgemeinen darf wohl angenommen werden, daß die Wirtschaft auf den ersteren sich bereits einen ihren Bedürfnissen entsprechenden schnellen Verkehr unter Entwicklung geeigneter Schiffstypen aufgebaut hat. Hier sind gewisse Verbesserungen, sei es in der Schiffsform, sei es im Antrieb, wohl noch möglich, aber kaum mit durchgreifendem Erfolge.

Sind Kanäle in größerem Umfange vorhanden, so kann eine geringe Erhöhung der Reisegeschwindigkeit bereits wesentliche Zeitersparnis bringen. Wird z. B. ein 320 km langer Kanal mit 5,5 km/h anstatt 4,0 km/h durchfahren, so werden nur 58 Fahrstunden anstatt 80 benötigt, also 2 Tage gespart, so daß sich eine sorgfältige Nachprüfung lohnt. Auf einem gleichen langen Strom mit 4,0 km/h Eigengeschwindigkeit bedeutet eine Beschleunigung von etwa 12 auf 14 km/h dagegen nur 5 Stunden Zeitersparnis, im Mittel von Berg- und Talfahrt gerechnet.

II. Schiffbautechnische Maßnahmen.

1a) Modellversuche für die mitteldeutschen Wasserstraßen.

In Deutschland ist der erste Schritt in dieser Hinsicht bereits 1929 durch Modellversuche gemacht, welche die Verwaltung der Märkischen Wasserstraßen in der ehemaligen Hamburgischen Schiffsbauversuchsanstalt anstellen ließ, um für die mitteldeutschen Ströme und Kanäle die günstigsten Formen eines Schleppkahnes nach dem Groß-Plauer-Maß (67×8,2 m) mit 1,75 m Tiefgang zu finden. Dieser Typ, in Fachkreisen unter dem Namen "Amanda-Form" bekannt, hat sich dann ganz allgemein auch im Westen für die kanalgängigen Güterschiffe durchgesetzt. Er zeichnet sich durch gut abgerundete Kimmkanten im scharf gehaltenen Vor- und Hinterschiff, besonders im letzteren aus. Die Seitenkimmen sind gleichfalls abgerundet, und zwar nach einem Radius von 50 mm. Bei 2 m Abladung besitzt das Schiff einen Völligkeitsgrad von 0,875 und trägt als Schleppkahn etwa 750 t Ladung. Skizzenhaft dargestellte Spantenrisse der Amanda-Form sind unter Abschnitt "Sonderversuche des Zentralvereins" wiedergegeben.

1b) Modellversuche für den Mittellandkanal.

Erschöpfende Untersuchungen für den Mittellandkanal sind dann in den Jahren 1935—38 im Auftrage des ehemaligen Reichsverkehrsministeriums vom Reichsschlepbetrieb gleichfalls in der HSVA durchgeführt. Anschließend hatten der Zentralverein für deutsche Binnenschiffahrt sowie die Reichswerke A.-G. für Erzbergbau und Eisenhütten noch eigene Versuche mit verbesserten Binnenschiffstypen vornehmen lassen.

Auf die Ergebnisse der ersteren Versuche sei kurz eingegangen; sie zeigen am besten, welche Maßnahmen schiffbau- und maschinenbautechnischer Art für eine Beschleunigung des Verkehrs notwendig waren bzw.

noch durchzuführen wären.

Der Mittellandkanal besteht aus dem älteren schleusenfreien Ems-Weser-Hannover-Kanal von Bergeshövede bis Hannover mit rund 170 km Länge und dem sich anschließenden neueren Hannover-Elbe-Kanal von 150 km Länge mit zwei Schleppzugschleusen. Der Normalquerschnitt des ersteren Teiles ist vor einigen Jahren durch Anspannen des Wasserspiegels um 0,4 m auf 3,5 m Wassertiefe, rund 33 m Breite im Spiegel und 81,5 m² Querschnitt gebracht. Der zweite Teil des Kanals von Hannover bis zur Elbe hat im Abtrag 94 m², im Auftrag 104—106 m² Querschnitt, ist also ein gut Teil größer. Nach Ausbau des Südteiles des Dortmund-Ems-Kanals bis Bergeshövede auf rund 100 m² Querschnitt und 3,5 m Tiefe wurde die Strecke Bergeshövede/Hannover der engste Teil der Gesamtstrecke vom Rhein bis Berlin und zwar deshalb mit 170 km Länge maßgebend für Untersuchungen, die für eine Beschleunigung der Schiffahrt angestellt werden sollten.

Die Fahrgeschwindigkeit auf dieser Strecke war durch die früheren Strom- und Schiffahrts-Polizeianordnungen auf 4,5 km/h für Schleppzüge beschränkt, allerdings für eine Wassertiefe von nur 3,1 m. Dagegen waren für Selbstfahrer bereits 7,0 km/h zugelassen. Es galt festzustellen, welche Fahrgeschwindigkeiten nach Ausbau auf 3,5 m Tiefe möglich sein würden.

Für die Modellversuche wurde nicht nur das 1929 entwickelte "Bestschiff" eingesetzt, sondern auch eine Reihe anderer, schwerer schleppender Schiffstypen, weil diese im Kanalverkehr sehr zahlreich vorkommen und damit schließlich für die Steigerung der Fahrgeschwindigkeit ausschlaggebend waren.

2a) Widerstandsmessungen an Kähnen.

Die nachstehende Liste I gibt die Hauptwerte der Widerstandsmessungen an. Sie gelten für Einzelfahrt in Kanalmitte und erhöhen sich im Schleppzug gleichmäßig für alle Anhänge um 10-11 v. H. hinter Schleppern mit einer Schraube, dagegen nur um rund 5-6 v. H. hinter Doppelschraubern, weil bei diesen der Schraubenstrahl weniger abbremst. Durch die Anspannung des Wasserspiegels von 0,4 m und die damit verbundene Vergrößerung des Wasserquerschnittes von 68,6 m² auf 81,5 m² wurden im übrigen die Kahnwiderstände etwa auf die Hälfte ermäßigt, ein zwingender Beweis, wie notwendig möglichst große Querschnitte für Kanäle sind.

Der Eigenwiderstand der Schlepper war für die im Kanal möglichen Ge-

schwindigkeiten so niedrig, daß er vernachlässigt werden kann.

Widerstandsmessungen an Schleppkähnen in Einzelfahrt

im Kanal mit 3,5 m Wassertiefe											
Kahn-			-			La-	W	idersta	nd für	v =	km/h
type	L	В	<u>T</u>	V	δ	dung	5	6	6,5	7	8*)
	m.	m	m	m^3		t	t	t	t	ŧ	+
Α	67	8,2	. 2	960	0,875	750	0,68	1,05	1,35	1,62	2,60
В.	80	9	2	1220	0,848	1000	0.75	1.19	1,50	1.91	3,30
$\tilde{\mathbf{c}}$	67	8,16	2 '	960	0,877	750	0,73	1,16	1,44	1,78	2,80
. D	55	8	2	827	0,940	650	1,16	1,75	2,13	2,65	5,20
. D	55	8 .	2	826,7	0,938	650			1,93	2,40	
um- gebaut	·				,	ĺ	į				
E	55	8		700	0.000	040	. 1	1			
Ē	55	8 '	$\frac{2}{2}$	783	0,889	610	- !		1,56	1,90	·
um-	55	ο,	2,	778	0,885	605			1,10	1,35	*****
gebaut		·		1					, 1	ĺ	
F	55.75	8.93	2	775	0.779	620	0,59	0,90	1.10	4.40	0.00
*\ T):	337			1 10 1	V,110	020	0,00	_0,80	1,12	1,40	2,20

*) Die Werte für v = 8 km/h sind nur angenähert und anderen Versuchen ent-

nommen.

Die Kähne A und B sind nach dem Muster des Bestkahnes — Amanda — aus 1929 geformt, Kahn A hat die alten Kanalmaße, Kahn B ist der seit 1940 zugelassene 1000-t-Kahn für den Verkehr über den Mittellandkanal. Kahn C stellt einen Kanalkahn älteren Typs dar, D einen Elbkahn alter Bauweise mit sehr plumpen Formen und Holzboden, E gleichfalls einen älteren Elbkahn verbesserter Form und F endlich einen Weser-Kahn. Wie weiter unten ausgeführt wird, läßt sich durch Abrundungen der Kimmkanten im Vor- und Hinterschiff bei den Elbkähnen mit ganz geringen Verlusten eine wesentliche Verminderung des Widerstandes erreichen, der mit eingetragen ist. Die Weser-Kähne besitzen zwar gut geformte Vor- und Hinterschiffe, aber an den Seiten noch eckige Kimmen, die für die Fahrt im Strom auf der Weser für notwendig gehalten werden. Des knappen Raumes wegen ist davon abgesehen, spezifische Widerstände, bezogen auf 1 Ladungstonne, anzugeben, die für die wirtschaftliche Beurteilung wertvoll wären.

Zum Vergleich sind noch in der Liste II für die Kähne A und B aus den Versuchen des Zentralvereins übernommene Modellmeßwerte auf einem breiten Strom mit etwa 4,0 m Wassertiefe aufgeführt, aus denen die starke Abhängigkeit der Widerstände vom Wasserquerschnitt klar zu ersehen ist.

Werte von anderen Kahntypen liegen nicht vor.

Liste II Widerstandsmessungen an Schleppkähnen auf einem Strom mit 4,0 m Wass ertiefe in Einzelfahrt

		,	. 1		Widerstände für v =				
Kahn- type	L	. В	\mathbf{T}_{c}	δ	8	10	12	14 km/h	
A B	m 67 80	m 8,2 9,0	m 2 2	0,88 0,87	t 0,79 0,95	t 1,25 1,47	t 1,88 2,14	2,93 3,12	

Aus den vorstehenden Angaben lassen sich nun für die verschiedenen Zusammenstellungen die für die einzelnen Geschwindigkeitsstufen benötigten Trossenzüge errechnen, wobei zweckmäßig von der Füllung der Schleppzugschleusen im Kanalgebiet ausgegangen wird. Mit 225 m Nutzlänge bei 12 m Weite fassen die Schleusen des Mittellandkanals 3 Kähne von je 67 m Länge, wobei für etwas Spielraum zwischen den einzelnen Schiffen und für den Schlepper 24 m verbleiben. Von den großen 1000-t-Kähnen gehen nur 2 in die Schleuse. Die Ladung beträgt in beiden Fällen um 2000 t.

2b) Widerstandsmessungen an Schleppzügen.
Die Zugleistung, die ein Zweischraubenschlepper in den verschiedenen
Geschwindigkeitsstufen aufzubringen hätte, zeigt die Liste III.

Liste III

Widerstände von Schleppzügen im Kanal
hinter Doppelschraubenschleppern

	Widerstände in t für v =							v in km/h mit		
√Nr.	Kähne	5	6	6,5	7	8 km/h	250	300 WPS		
1 2 3 4 5 6 7	$3 \times A$ $2 \times B$ $C+D+F$ $3 \times C$ $3 \times D$ $3 \times E$ $3 \times E$ um gebaut	2,14 1,58 2,50 2,30 3,65	3,31 2,50 4,00 3,65 5,51	4,25 3,15 4,93 4,54 6,61 4,91 3,47	5,10 4,01 6,12 5,61 8,35 5,99 4,25	8,2 6,9 10,7 8,8 16,4 —	6,52 7,0 6,16 6,34 5,25 6,18 6,90	6,8 7,25 6,45 6,60 5,80 6,45 7,15		

3a) Grenzgeschwindigkeiten.

Vor den weiteren Überlegungen sei an dieser Stelle kurz auf die Grenzgeschwindigkeit für Schleppzüge eingegangen. Nach einem Aufsatz von Kempf und Helm in der 159. Mitteilung der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt wird die technische Grenze für die Steigerung der Geschwindigkeit hydraulisch bestimmt durch den von der Stauwelle vergrößerten Kahnwiderstand. Die Stauwellengeschwindigkeit beträgt nach der genannten Quelle für den 3,5 m tiefen Kanal 13,85 km/h, für Ströme mit gleichfalls 3,5 m Wassertiefe dagegen 21 km/h.

Der Widerstand wird durch die Stauwelle bereits um 30 v. H. und mehr gesteigert, wenn die Fahrgeschwindigkeit 60 v. H. der Stauwellengeschwindigkeit erreicht. Bei 80 v. H. wächst der Widerstand auf das Doppelte an. Deswegen geht man mit der Geschwindigkeit für Schleppzüge auf Flüssen im allgemeinen höchstens auf 60 v. H. der Stauwellengeschwindigkeit, d. h. bei 3,5 m Wassertiefe auf 12,5 km/h. Im Kanal liegt die Grenze bei etwa 55 v. H., also 7,6 km/h, was durch das starke Ansteigen der Widerstandswerte von 7 auf 8 km/h nach Liste I durchaus bestätigt wird.

3b) Trossenzüge des neuen Normalschleppers.

Angestrebt war eine Gleichsetzung der Schleppzugsgeschwindigkeit mit derjenigen der Selbstfahrer, also auf 7,0 km/h. Andererseits erschien eine Antriebsleistung von 250 WPS mit Rücksicht auf den Sohlenangriff wie auf Abmessungen und Kosten als Grenzwert für einen neuzuschaffenden Schlepperpark. Die damit gemessenen Trossenzüge gibt die Liste IV an, wobei, wie oben bereits angegeben, Doppelschrauber mit Kort-Düsen zugrunde gelegt sind. Auf die Bedeutung der Kort-Düsen wird weiter unten eingegangen. Die miteingetragenen Werte für 300 WPS gelten für voll ausgefahrene Maschinen. Für die Grenzgeschwindigkeit von 7,6 km/h würde der Schleppzug Nr. 3 als Antriebsleistung 500 PS verlangen. Die älteren Schlepper mit 150—175 PS erreichten nur Trossenzüge von 2,5—2,75 t für v = 4,5 km/h und können damit den gleichen Schleppzug nur mit etwas über 5 km/h in dem auf 3,5 m Wassertiefe angespannten Kanal fahren.

Liste IV Trossenzüge eines Doppelschraubenschleppers

WPS	Z i	nt für	v = 6,5	7 km/h
250	4,60	4,35	4,21	4,08
300	5,45	5,05	4,80	4,68

Trägt man nun die Widerstandsdaten der Liste III in Kurven auf und legt die Trossenzugkurven nach Liste IV darüber, so lassen sich daraus die jeweils erreichbaren Geschwindigkeiten ablesen. Die Ergebnisse von Fahrversuchen mit einigen Schleppzügen im Modell stimmten mit den so ermittelten Werte überein. Änderungen in der Reihenfolge der Kähne ergaben nur geringe Abweichungen in den Geschwindigkeiten.

Die Kähne hatten dabei in Übereinstimmung mit dem auf dem Mittellandkanal Üblichen einen Abstand von 60 m. Für die Trossenlänge zwischen Schlepper und dem ersten Kahn waren nach besonderen Modellversuchen 90—100 m die besten Werte.

3c) Erreichbare Geschwindigkeiten.

Die mit 250 und 300 WPS erreichbaren Geschwindigkeiten sind in den beiden letzten Spalten der Liste III eingetragen. Es zeigte sich, daß das angestrebte Ziel nur mit 2 der neuen 1000-t-Kähne und 3 umgebauten schlanken Elbkähnen zu erreichen ist. Der als Normalzug angesprochene Schleppzug Nr. 3 aus einem älteren Kanalkahn, einem plumpen Elbkahn und einem leicht schleppenden Weser-Kahn fährt nur 6,2 km/h, ein Zug aus 3 älteren Kanalkähnen nur etwas über 6,3, ein Schleppzug aus 3 neuen Kanalkähnen der Type A endlich nur 6,5 km/h. Volle Ausnutzung der eingebauten Maschine würde auch für die 3 A-Kähne rund 7,0 km/h erbringen, für den Normalzug 6,5 km/h, ist aber zur Schonung der Maschine nur vorübergehend zulässig.

Der praktische Betrieb auf dem Kanal hat inzwischen den Beweis erbracht, daß im allegmeinen mit rund 2000 t Ladung im Anhang 6,5 km/h gefahren werden können. Eine Ausnahme bilden nur Schleppzüge mit den nicht allzu häufigen alten Elbkähnen. Schließlich waren die 6,5 km/h gegenüber den früheren 4,5 km/h auch im Interesse der großen Selbstfahrer eine ausreichende Beschleunigung, zumal in den größeren Kanalquerschnitten des Hannover-Elbe-Kanals mit den gleichen Antriebsleistungen im Mittel

0.5 km/h mehr an Geschwindigkeit erreicht wird.

4. Sonderversuche des Zentralvereins und der Reichswerke.

Der Zentralverein wie die Reichswerke haben sodann in ihren anschließenden Modellversuchen noch kleine Verbesserungen der Amandaform erreicht. Während die Reichswerke die günstigste, d. h. tragfähigste Form eines 1000-t-Kahnes lediglich für die Kanalfahrt suchten und mit 0,90 Völligkeit fanden, wollte der Zentralverein die auch wirtschaftlich beste Form für Kanal und Strom erreichen und dehnte seine Versuche außerdem noch auf andere Kahntypen aus, von denen der 750-t-Kahn für die vorliegende Abhandlung am meisten Bedeutung hat.

Kanal und Strom stellen infolge ihrer verschiedenen Fahrgeschwindigkeit auch verschiedene Anforderungen. Zur Erläuterung seien hierunter skizzenhafte Spantenrisse des 1000-t-Kahnes einmal für reine Kanalfahrt (Modell a) und zum anderen für Strom und Kanal (Modell b), beide in der Amandaform, wiedergegeben. Die letztere stellt die für die Ausführung bestimmte

Verdrängung und Völligkeit sind mit 1222 m³ auf Spanten bzw. 0,87 bei beiden Modellen gleich. Bei dem ersten liegt der Verdrängungsschwerpunkt 1,75 v. H. vor Mitte Schiff, die Spanten im Vorschiff stehen steil nach dem Muster der reinen Amanda-Form, nach der auch das Heck ausgebildet ist. Für Flußfahrt waren aber etwas schärfere Linien im Vorschiff erwünscht, was gleichbedeutend mit einer Verlagerung des Verdrängungsschwerpunktes nach hinten war. Dabei wäre aber die Vorschiffsdeckfläche zu klein geworden. So mußte das Vorschiff doch wieder völliger vorkonstruiert werden, wobei statt der senkrechten Vorschiffsspanten V-förmige gewählt wurden und die Hinterschiffsspanten noch etwas verfeinert werden konnten. Der Verdrängungsschwerpunkt rückte sogar auf 1,85 v. H. vor Mitte Schiff. Die Widerstände dieses neuen Regelschiffes weichen nur unwesentlich von denen des Kahnes B in Liste I ab. Modell a wäre um 10 v. H. besser gewesen. Den Ausschlag gab aber die Überlegenheit von Modell b in der Stromfahrt.

Zur Vorschiffsform ist noch zu bemerken, daß die Spanten um so stärker V-förmig werden müssen, je höher die verlangte Schleppgeschwindigkeit liegt, wenn die Völligkeit groß gehalten werden soll. Bei scharf gebauten Schiffen unter $\delta = 0.8$ ist wieder der steile Amanda-Vorschiffsspant günstiger. Beide Formen müssen u. U. S-förmig gestaltet werden, wenn die Decksfläche dies verlangt. Bei der Typisierung des 67-m-Kahnes lag dem Zentralverein gleichfalls daran, eine Schiffsform zu finden, die für Strom und Kanal gleich günstig wäre und einen späteren Umbau des Kahnes zum Selbstfahrer leicht ermöglichen sollte. Der wirtschaftliche Bestwert war gleichfalls zu berücksichtigen. Das führte zu einem Modell mit 87,8 v. H. Völligkeit, 931 m³ Verdrängung auf Spanten und Lage des Verdrängungsschwerpunktes 1,3 v. H. vor Mitte Schiff. Die Vorschiffsspanten wurden leicht V-förmig gehalten.

Im Kanal liegen die Widerstände im Schleppzug etwa in Höhe der Liste I für Kahn A angegebenen Werte. Die Form hätte sich wieder mit steilen Vorschiffsspanten um 10 v. H. verbessern lassen, wozu diese im

Überwasserschiff S-förmig nach außen abgebogen werden müßten.

Für Flußfahrt auf geringen Wassertiefen (Elbe) liegt die wirtschaftliche Völligkeit höher, zwischen 0,90 und 0,92 v. H. Die Entwicklung eines Spezialtyps für diese Zwecke war aber nicht abgeschlossen. Versuche ergaben ferner, daß der Übergang vom Vor- bzw. Hinterschiff zum Mittelschiff mit Rücksicht auf gute Laderäume und billigere Baukosten an Schleppkähnen für normale Schleppgeschwindigkeiten ziemlich hart ausgebildet werden kann, bei Selbstfahrern ist aber ein weicher Übergang grundsätzlich erwünscht.

5. Verbesserung alter Kahntypen.

Die Ergebnisse aller Versuche unterstreichen die Notwendigkeit, für alle Kahnbauten nur die Bestform zu nehmen. Vorschläge zur Verbesserung der zu schweren älteren Elbkähne durch Umbau, die der RSB in seinen Modellversuchen gemacht hatte, konnten damals nicht verwirklicht werden und haben z. Z. noch weniger Aussicht. Mit sehr geringen Verlusten an Verdrängung (vgl. Liste I) würde sich der Widerstand der Kähne D und E wesentlich herabsetzen lassen, für E sogar um rund 30 v. H. Die Vorschläge sahen vor, die Spantfüße im Vor- und Hinterschiff gut abzurunden. Theodor Hitzler-Hamburg machte den noch weitergehenden Vorschlag, auch den Holzboden durch einen eisernen zu ersetzen und bei der Gelegenheit die Seitenkimmen abzurunden. Holzböden, die sich bei alten Schiffen oft durchgebogen haben und stark bewachsen sind, können den Widerstand ungeheuer vermehren und beeinträchtigen obendrein die Steuerfähigkeit.

6. Selbstfahrer im Kanal.

Für Selbstfahrer ergaben Modellversuche, daß sie mit ihrem Antriebsleistungen unschwer die im Kanal möglichen Fahrgeschwindigkeiten halten können. Im Wirkungsgrad waren die Düsen- und Tunnelschrauben der freien Schraube erheblich überlegen. Ein Selbstfahrer der Größe $67\times8,16\times2$ m mit nur 910,6 m³ Verdrängung, also sehr guten Linien, benötigte für 7 km/h als Düsenschiff nur 113 WPS, als Tunnelschiff dagegen 150 WPS! Der Typ eines motorisierten Kahnes $67\times8,16\times2$ m in der Bauart des Kahnes C mit abgeschirmter Schraube verbrauchte sogar 300 WPS. Der Schraubendurchmesser betrug in allen Versuchen 1,0 m.

7. Wühlwirkung der Schraube.

Umfangreiche Versuche befaßten sich sodann mit der Wühlwirkung der Schraube, wobei davon ausgegangen wurde, daß die Einwirkungen der damals vorhandenen Schlepper von 150—175 PS-Leistung in dem nicht ausgebauten, nur 3,1 m tiefen Kanal als zulässig anzusehen wären. Zunächst stellte sich bei den Modellen der neuen Schlepper heraus, daß die Düsen dadurch, daß sie den Schraubenstrahl zusammengefaßt und infolge der Heck-

form etwas nach unten gerichtet austreten lassen, den Sohlenangriff erheblich verstärken. Erst durch Anbringung von Leitflächen zur Ablenkung des Schraubenstrahles nach oben konnte eine Wühlwertigkeit von sogar nur $81\ v$. H. erzielt werden, wenn diejenige der alten Schlepper im alten Kanal = $100\ v$. H. gesetzt wird. Hinsichtlich des Wühlens wäre es danach doch wohl möglich gewesen, mit der Dauerleistung auf $300\ WPS$ zu gehen. Die Konstruktion der Kort-Düsen darf als bekannt vorausgesetzt werden. Sie haben im vorliegenden Fall beim Doppelschrauber $1800\ mm\ \phi$ für $1750\ mm\ Schraubendurchmesser erhalten. Als Leitflächen zum Wühlschutz sind unten eine um <math>5^\circ$ angestellte Sohlenplatte am Düsenaustritt mit einer Länge von $400\ mm$, dicht unter Mitte Schraube und kurz hinter derselben eine gleich breite und gleich geneigte Tragflügelfläche in den Düsen und oben in Verlängerung der Düsenscheitel noch eine Abstromplatte von $600\ mm\ L$ änge angebracht. Der Wirkungsgrad der Schraube geht dadurch nur um wenige v. H. zurück.

Die Wühlversuche wurden mit ziemlich günstigen Ergebnissen zunächst in Fahrt ausgeführt, wozu der Beton in der Versuchsrinne auf eine ausreichende Länge durch feinen Elbsand ersetzt wurde. Von größerer Wichtigkeit waren aber die anschließenden Wühlversuche im Stand und zwar für die Schlepper mit Rücksicht auf das Anfahren im Schleppzug und für die Selbstfahrer mit Rücksicht auf den Probelauf und das Anwärmen der Motore, wenn, wie üblich, direkt umsteuerbare Motore eingebaut sind. Während bei den Selbstfahrern die Sohlenangriffe in Fahrt bei allen Schraubenarten, Düsen-, Tunnel- und freien Schrauben, unbedenklich waren, erreichten sie im Stande bis zum Sechsfachen des zulässigen Wertes. Durch Anbringen von Leitflächen gelang es aber in besonderen Versuchen, die

notwendigen Verbesserungen zu erreichen.

Die alten Schiffahrts-Polizeibestimmungen hatten die Tauchtiefe der Schrauben auf 1,75 m beschränkt. Nachdem die Schiffahrt aber in den eben erwähnten besonderen Versuchen den Nachweis erbracht hatte, daß größere Schrauben dank geringerer Belastung der Schraubenkreisfläche mit einfachen Mitteln wühlsicher gemacht werden können, sind in der neuen Verordnung von 1940 2,0 m Schraubentiefgang bei voll abgeladenem Schiff zugelassen. Das ermöglichte für die Selbstfahrer die Vergrößerung des Schraubendurchmessers von 1,00 m auf 1,25 m und damit auch eine erhebliche Verbesserung des Wirkungsgrades, so daß an Leistung gespart werden kann. Strom-Selbstfahrer haben, wie hinzugefügt sei, vielfach größere Schrauben, bis zu 1,45 m Ø und mehr.

8. Zulässige Fahrgeschwindigkeiten.

In Auswirkung der Modellversuche unter Beachtung der Erfahrungen aus dem wirklichen Betrieb hat nun die Binnenschiffahrts-Polizeiverordnung die Fahrgeschwindigkeit auf mindestens 5 km/h, höchstens 7 km/h für beladene Fahrzeuge festgesetzt. Leere Fahrzeuge und Selbstfahrer bis zu 41,5 m Länge und 5,1 m Breite mit nicht mehr als 1,5 m Tiefgang, in Ausnahmefällen bis zu 53×6,25 m, dürfen 9 km/h laufen. Beschädigungen der Ufer durch Wellenschlag sind im Bereich der zugelassenen Fahrgeschwindigkeiten nicht zu befürchten. Eine Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit für beladene Selbstfahrer konnte aber eben mit Rücksicht auf die Uferbefestigungen nicht ausgesprochen werden.

9. Überholungen im Kanal.

Die Modellversuche für den Mittellandkanal beschränkten sich nun nicht darauf, zu ermitteln, was sich durch schiffbautechnisch richtige Gestaltung der Güterschiffe für die Steigerung der Geschwindigkeit auf der freien Strecke erreichen läßt. In weiteren sehr umfangreichen Versuchsreihen wurde die für die Güterselbstfahrer sehr wichtige Frage geprüft, wie weit Überholungen auf dem 3,5 m tief gewordenen Kanal nautisch möglich sein würden. Im alten Kanal mit 3,1 m Tiefe durften nur leere Schleppzüge und leere Selbstfahrer überholen. Ein Ausnahme bildeten so nur die Schlepper und dann kleinere Selbstfahrer bis zu 41×5 m in der Stückgutfahrt, diese nur bis 1,5 m Tiefgang, falls sie durch eine besondere Prüfung ihre Eignung bewiesen hatten.

Begegnungen waren auf dem Kanal stets ohne Schwierigkeiten verlaufen, allenfalls müssen beide Teile ihre Geschwindigkeit etwas herabsetzen. Von einer Nachprüfung in Modellversuchen wurde deshalb abgesehen. Die Reisegeschwindigkeit wird auch nicht erheblich durch sie beeinflußt.

Überholungen sind eine Frage der Steuerfähigkeit. Beim Passieren der Schiffe treten Seitenkräfte und Drehmomente auf, deren Größe von der Bauart und Größe des Überholten wie des Überholers und von der Geschwindigkeit abhängen. Nur wenn das Steuer ausreichende Stützkräfte vornehmlich gegen die Drehmomente geben kann, gelingt die Überholung.

Bei Überholungsbeginn suchen beide Kräfte die Schiffskörper voneinander zu entfernen. Hat der Überholer mit seiner Mitte das Heck des Überholten erreicht, drängen zwar die Seitenkräfte noch auseinander, die Drehmomente sind aber bereits zueinander gerichtet. Diese Gefahrenzone ist im allgemeinen noch beherrschbar, dagegen nicht die zweite Gefahrenzone, wenn Mitte Schiff des Überholers den Bug des Überholten erreicht hat, weil dann nicht nur die Drehmomente besonders für plump gebaute Kähne zu groß werden, sondern obendrein die Seitenkräfte den Überholten an den Überholenden heranschieben. Auf die Versuche näher einzugehen, verbietet leider der knappe zur Verfügung stehende Raum. Ihre Anordnung war nicht ganz einfach zu treffen, weil in dem Modellkanal neben dem fahrenden Schleppzug auch noch der fahrende Selbstfahrer mit ihren Antrieben und Meßgeräten unterzubringen waren.

Beim Überholen werden zahlreiche Rudermanöver vorgenommen. Jede Versuchsreihe wurde deshalb außer mit 0° auch mit 35° BB. und 35° StB. Ruderwinkel ausgeführt. Der Winkel von 35° wurde gewählt, weil bei den Kähnen mit Hackebeilruder kaum ein größerer Winkel möglich ist.

Die Ruderlage 0 ergab die beim Überholen auftretenden maximalen Größen der Drehmomente und Seitenkräfte, die beiden anderen Ruderlagen die größtmöglichen Stützkräfte.

Ergänzt sind die Modellversuche durch mehrere Versuche in der Wirklichkeit, deren Ergebnisse mit denen der Modellversuche durchaus übereinstimmten.

Eine glatt verlaufende Überholung dauert etwa 25 Minuten einschließlich der Verzögerung bzw. Beschleunigung vor und nach der eigentlichen Überholung und nimmt etwa 1,5 km Streckenlänge in Anspruch.

Als Endergebnis bestimmte die Binnenschiffahrts-Polizeiverordnung von 1940, daß Fahrzeuge überholen dürfen, wenn sie mindestens 7 km/h fahren können und folgende Tauchtiefen nicht überschreiten:

1,50 m	bei	einer	Breite	bis	5,10	m
1,00 m	. ,,	٠,,			6,50	
$0.85 \mathrm{m}$. ,,	,,	,,	,,	7,30	m
$0.70 \mathrm{m}$		••			8.20	m

Die überholenden Fahrzeuge dürfen bei der Vorbeifahrt nur mit einer Geschwindigkeit von höchstens 5 km/h fahren, die überholten Fahrzeuge nicht schneller als etwa 3 km/h. Bei höheren Geschwindigkeiten des ja auf der Seite des Kanals fahrenden Überholers würden so starke Brandungswellen entstehen, daß der Steinbewurf der Uferbefestigung weggespült würde. Die Kanalschlepper sind wieder von den sehr einengenden Vorschriften hinsichtlich des Tiefganges befreit, weil sie nur geringe Länge besitzen und scharf gebaut sind.

Die Wünsche der großen Selbstfahrer auf Freigabe der Überholung auch mit Ladung konnten nur insoweit erfüllt werden, als weniger als 6 km/h fahrende Fahrzeuge sich überholen lassen und dies erleichtern müssen, u. U. durch Anlegen in der nächsten Liegestelle. Eine kurze Annäherungsberechnung zeigt übrigens, daß ein Selbstfahrer auch in dem, durch die Schleusenleistungen bedingten, dichtestem Verkehr bei 7,0 km/h Fahrgeschwindigkeit auf der freien Strecke von Bergeshövede bis zur Elbe durch Überholungen nur einige wenige Stunden gewinnen würde, selbst wenn die überholten Schleppzüge nur mit 6 km/h fahren.

10. Steuerfähigkeit.

Eingangs war ausgeführt, daß eine Steigerung der Geschwindigkeit auch von der Steuerfähigkeit abhängig sei. In den Überholungsversuchen wurden bereits erste Feststellungen in dieser Hinsicht gemacht, die zu einigen weiteren Sonderversuchen führten. Zu abschließenden Versuchen ist es aber nicht gekommen, auch die Versuche des Zentralvereins führten zu keiner endgültigen Klärung. Grundsätzlich ist zwischen Steuerfähigkeit und Kursstetigkeit zu unterscheiden. Es hat sich z. B. gezeigt, daß mit den Hackebeilrudern, wie sie bei den Elbkähnen üblich sind, zwar eine große Steuerfähigkeit bis zu hohen Geschwindigkeiten erzielt wird, mit denen in Flußkrümmungen, bei Ausweichmanövern und bei Fahrt im Kanal alle Drehbeanspruchungen sicher beherrscht werden. Die Kursstetigkeit wird aber dadurch beeinträchtigt, daß ständig mit großen Winkeln und Drehkräften gearbeitet wird, die den Kahnkurs bei gesteigerten Geschwindigkeiten übermäßig beunruhigen und zudem den Mann am Ruder übermäßig anstrengen. Das letztere führt sogar gelegentlich bei zu schwer steuernden Kähnen zum Abwerfen von Schleppzug. Das Hackebeilruder besitzt eine große Balancefläche und ist nur oben im auskragenden Heck eingehängt.

Die mangelnde Kursstetigkeit ist vor allem an kurzen plumpen Kähnen zu beobachten. Lange Kähne, so die neuen 80 m langen Kanalkähne, liegen erfahrungsgemäß besonders ruhig.

Von neueren Bauarten sichert das dreifache Hitzler-Ruder mit einer Fläche mittschiffs und zwei seitlich in besonderer Anordnung zueinander im Kanal die Kursstetigkeit bis 8 km/h und verliert die Steuerfähigkeit über 9 km/h durch den Nachstrom. Auf Strömen wird das Ruder von der Praxis recht gut beurteilt, weil kleine Winkel ausreichende Drehkräfte ergeben.

Schließlich lassen auch Havarien, die im Fahrbetrieb hin und wieder dadurch verursacht werden, daß ein Kahn aus dem Ruder läuft, Verbesserungen an den Ruderanlagen erwünscht erscheinen.

Modellversuche an Schleppern ergaben, daß bei Einschraubern seitliche Doppelruder an einer Kort-Düse gegenüber Doppelrudern im Abstand des Schraubendurchmessers hinter einer freien Schraube die zweifache Wirkung haben. Der Schraubenwirkungsgrad in der Düse war aber mit nur einem Balanceruder in Düsenmitte am höchsten und die Wühlwirkung dabei am kleinsten, was den Ausschlag für die Ausführung gab.

11. Kortdüsen.

Als Abschluß des rein schiffbautechnischen Teiles sei noch einiges über die Kort-Düse gebracht. Sie stellt eine fest mit dem Schiffskörper verbundene Ummantelung der Schraube mit tragflügelförmigem Querschnitt dar, die hauptsächlich die Kontraktion des Schraubenstrahles verhütet und gleichzeitig durch starke Erweiterung des Düseneintritts reichliche Wasserzuführung zur Schraube bewirkt. An dem Vortrieb ist die Ummantelung beteiligt und entlastet dadurch das Drucklager. Da der Düsenaustritt nur etwas größer als der Schraubendurchmesser und scharfkantig ist, ist die Rückwärtsfahrt und vor allem die Steuerfähigkeit dabei weniger gut. Doppelschrauben bringen aber den Ausgleich.

Der Spalt zwischen den Schraubenflügeln und der Düse ist möglichst klein zu halten, die Flügel ähneln vielfach in ihrer Form der Kaplanschraube.

Die Überlegenheit der Kort-Düse gegenüber der Tunnel- oder freien Schraube bei Selbstfahrern war oben bereits durch Zahlen belegt. Nach den Werten der Modellversuche benötigt ein Doppelschrauber vor Schleppzügen mit rund 2000 t Ladung für 6,5 km/h mit Kort-Düsen nur 250 WPS, ein Einschraubenschlepper mit freier Schraube dagegen 320—350 WPS. Der Schraubendurchmesser betrug dabei 2×1,75 m mit 4,8 m² Kreisfläche gegenüber 1×2,1 m mit nur 3,45 m². Die freien Schrauben waren obendrein nicht wühlsicher. Bei höheren Geschwindigkeiten nimmt aber die Überlegenheit der Kort-Düsen ab.

12. Schiffbautechnische Fragen zu Schlepperneubauten.

Der Entschluß, mit Schleppkähnen schneller zu fahren, wird aus wirtschaftlichen Gründen in den meisten Fällen dazu zwingen, neue stärkere Schlepper zu bauen und nicht etwa die schwachen älteren Schlepper mit weniger Anhang fahren zu lassen.

Bei den Selbstfahrern ist die Entwicklung bereits so weit vorgeschritten, daß z.B. auf dem Rhein für den Schnellverkehr Güterboote mit 800 WPS als Zweischrauber mit Düsen eingesetzt sind. Sie haben bei 76 m Länge, 9,43 m Breite und 2,0 m Abladung eine Völligkeit von nur 0,695! Neuere Selbstfahrer haben ganz allgemein mindestens 400 PS starke Motore erhalten.

Für den Strom stärkere Schlepper zu bauen, wird im allgemeinen keine besonderen Schwierigkeiten machen, weil die Abmessungen des Schiffskörpers kaum eingeschränkt zu werden brauchen. Es wird vielmehr darauf ankommen, dem Antrieb einen möglichst hohen hydraulischen Wirkungsgrad zu geben und die Maschinenanlage wirtschaftlicher und sicher im Betrieb zu gestalten.

Auf dem Kanal dagegen schränken die nutzbare Länge der Schleuse (vgl. 2a) und in der Regel auch noch Schiffahrts-Polizeiverordnungen die äußeren Maße des Schiffskörpers auf Werte ein, die für die älteren schwächeren Schleppertypen genügten, für die Neuplanungen aber schwer zu lösende Aufgaben stellten. So dürfen auf dem Mittellandkanal außerhalb der dafür bestimmten, sehr weit auseinanderliegenden, Stellen nur Fahrzeuge bis höchstens 21,5 m Länge in der Konstruktionswasserlinie wenden. Für Diesel-Schlepper ist diese Aufgabe leicht zu lösen, wenn die Barkassen-

form mit vornliegendem Motor und achtern geschlossen angeordneten Wohnräumen für die Besatzung gewählt wird. Es ist nun gelungen, Doppelschrauber mit Gas- wie mit Dampfantrieb in dieser Form sogar mit nur 20,55 m Länge in der CWL und 21,8 m Länge über Deck zu bauen. Der Schiffskörper wiegt mit Düsen, Wellenleitungen und Schrauben nur rund 57 t beim Gasschlepper, bzw. rund 60 t beim Dampfschlepper mit einer Verdrängung von 103 m³ bzw. 110 m³ (Bunker etwas größer). Die Breite auf Spanten beträgt 5,40 m bzw. 5,50 m, der Konstruktionstiefgang 1,70 m bei beiden, der Völligkeitsgrad damit 0,51 bzw. 0,54 bezogen auf die Länge über Deck. Für die niedrigen Geschwindigkeiten auf dem Kanal von höchstens 9 km/h ist der dicke Kopf ohne Nachteil, dafür ist das Hinterschiff scharf gehalten und ermöglicht dem Wasser besten Zustrom zu den Düsen und damit die oben aufgeführten ungewöhnlich hohen Zugleistungen. Daß die Doppelschrauber auf dem Fleck wenden können, ist ein im Kanalbetrieb hoch anzuschlagender Vorteil.

III. Maschinenbautechnische Maßnahmen.

1. Überblick über die neuzeitliche Entwicklung der Antriebsarten.

Auf rein maschinentechnischem Gebiet hängen die Aufgaben vor allem von der Wahl des Brennstoffes ab. An sich wäre der Dieselmotor durch seine Betriebssicherheit, den weiten Regelbereich, das niedrige Gewicht und den geringen Raumbedarf das Gegebene für die Binnenschiffahrt, wenn er nicht, für Deutschland wenigstens, auf ausländisches Gasöl angewiesen wäre, dessen Preisentwicklung zudem unsicher ist und den Dieselmotor im Betrieb zu teuer machen kann. Aus diesem Grunde waren bereits vor dem zweiten Weltkrieg Deutzer Otto-Motore mit Generatorgas wieder in einigen Ausführungen auf Schleppern für den Rhein und die westdeutschen Kanäle eingebaut. Sie verfeuerten Perlkoks, Anthrazit oder Braunkohlenbriketts, zeichneten sich durch niedrigen Brennstoffverbrauch aus und erwiesen sich als durchaus betriebssicher. Als Brennstoff kam dann mit dem Ausbau der großen Schwelereien im mitteldeutschen Raum der Braunkohlenschwelkoks hinzu, dessen Vorzug die sehr gute Reaktionsfähigkeit und dessen Nachteil der hohe Schwefelgehalt ist.

Als dann im Kriege die Einfuhr von Dieselölen abgeschnitten war, wurden in großem Umfange Dieselmotore auf Gas umgebaut. Auf den Güterschiffen ging dabei leider sehr viel Laderaum verloren, bei einem 67×8 m Selbstfahrer 4-5 m. Ohne Maschinisten waren die umgebauten Anlagen aber schlecht zu fahren, von anderen Schwierigkeiten abgesehen war auch die Brennstoffversorgung besonders nach dem Kriege nicht immer gesichert, so daß jetzt die Motore fast durchweg wieder auf Dieselbetrieb mit Gasöl zurückgebaut sind. Auf Schleppern fehlte zumeist der Platz für

die Unterbringung der Generatoren und der Bunker.

Für Neubauten kam damals der Gasantrieb bei höheren Leistungen in erster Linie in Frage, weil Dampfantrieb noch ein gut Teil mehr Einbaugewicht, also mehr Material und zusätzlich die Heizer verlangte. Erst die Einführung des Wasserrohrkessels mit höheren Drücken sowie höherer Überhitzung und Speisewasservorwärmung ließ den Dampf wieder aufkommen. Sein Einbaugewicht konnte fast auf das der Generatorgasanlagen heruntergebracht werden.

Der Lohnanteil ist bei Diesel und Gas gleich, weil für beide ein Maschinist in der Maschinenanlage genügt, beim Dampf kommt ein Heizer dazu. In der Unterhaltung ist der Diesel am billigsten, der Gasschlepper

am teuersten, wodurch die Unterschiede in den Brennstoffkosten bis zu einem gewissen Grade ausgeglichen werden. Für Bau- und Unterhaltungskosten lassen sich z. Z. keine Vergleichswerte angeben.

2. Der Dieselmotor.

Der größeren Lebensdauer wegen werden beim Dieselmotor vielfach langsam laufende Typen gewählt mit 250—350 Umdrehungen in der Minute. Indessen können auch die Mitteltypen mit n = 450—500 bei guter, nicht zu leichter Ausführung ohne Bedenken verwendet werden. Sie sind ein gut Teil leichter als die Langsam-Läufer, so daß an Stelle der direkten Umsteuerung Wendegetriebe, zweckmäßig solche mit Druckölsteuerung, eingebaut werden können, die nicht nur die Bedienung von Deck aus wesentlich vereinfachen, sondern auch Motor und Schraubenwelle sehr schonen. Von großem Vorteil sind sie auch für das Kanalbett, weil beim Anlassen und Anwärmen der Motore die Schraube stillsteht. Die Lebensdauer guter Wendegetriebe wird ebenso groß sein wie die der Motoren.

Erwähnt sei noch, daß in den letzten Jahren auch der Zweitakter in für die Binnenschiffahrt brauchbaren Typen herausgebracht ist und des öfteren seines einfacheren Aufbaues wegen bevorzugt wird.

3. Die Gasmaschine.

Auf Generatorengas umgestellt, leistet die gleiche Motortype im Otto-Verfahren etwa 25 v. H. weniger als im Dieselbetrieb mit Gasöl, was für gleiche Leistungen also einen größeren und schwereren Motor verlangt. Im allgemeinen arbeiten die Motore mit Gas als Viertakter und nach dem Otto-Verfahren, benötigen also wie der Benzinmotor Zündkerzen. Die Anwendung des Dieselverfahrens war erst in der Entwicklung, ebenso wie der Zweitakter nach dem Otto-Verfahren. Ein gewisser Nachteil des Gasbetriebes ist der geringe Regelbereich der Motore, die nur auf etwa n = 160 heruntergehen können. Deshalb sind für Schlepper, die auf dem Kanal oder im Revier des öfteren längere Zeit ganz langsam fahren müssen, vor allem vor Leerkähnen, Motortypen mit n = 450—500 zu nehmen.

Die direkte Umsteuerung ist nicht möglich, so daß Wendegetriebe nötig sind. Beim Umbau waren deshalb hinter direkt umsteuerbaren Dieselmotoren noch Wendegetriebe einzubauen.

Zu der Entwicklung des Gasschleppers hat der Reichsschleppbetrieb sehr viel beigetragen und insgesamt 72 Stück beschafft. Die Erfahrungen damit waren durchaus befriedigend. Gewisse Schwierigkeiten macht jetzt die Ersatzteilbeschaffung.

Über den inneren Aufbau sei nur so viel mitgeteilt, daß der Generator ungefähr im Schwerpunkt des Schiffskörpers zwischen den Schraubenwellen angeordnet ist. Die Untersetzung der Wendegetriebe (3:1 von n = 450 des Motors auf n = 150 für die Schraube) wurde dazu nicht wie sonst üblich nach unten, sondern nach der Seite gelegt, so daß von Mitte zu Mitte Welle ein Abstand von 2350 mm gegenüber nur 1600 mm zwischen den beiden Motorwellen entstand. Die Bunker liegen außen beiderseits neben dem Generator, die Gasreiniger und -wäscher oben auf den Bunkern im Aufbau. Mit Leerwerden der Bunker tritt somit kein Vertrimmen des Schiffes ein, wie dies bei vornstehendem Generator und in Schiffsmitte liegenden Motoren unvermeidlich gewesen wäre. Der Schraubenstrahl wird so nicht auf die Kanalsohle gerichtet, sondern von ihr entfernt. Der Schlepphaken sitzt kurz hinter Mitte Schiff, das achterliche Vertrimmen des Schleppers unter Einwirkung des Trossenzuges ist damit auf einen Geringstwert beschränkt. Das Ruder-

haus liegt über den Wendegetrieben mit völlig freier Sicht nach vorn, auch dicht vor den Schlepper.

4. Die Dampfmaschine.

Die zunehmende Verknappung an Brennstoffen für den Generatorbetrieb im Kriege zwang schließlich dazu, auf den Dampf zurückzugreifen. Leider ergab der alte Zylinderkessel durch sein zu großes Gewicht an Stahl und Wasserinhalt auch mit dem höheren Druck von 19—20 atü für den Kanal zu große Schiffskörper, So mußte ein 2×200 PSi-Dampfschlepper für die untere Ems mit einem Zylinderkessel 184 m³ Verdrängung erhalten, während etwas später ein Schlepper gleicher Stärke für den ausgebauten Dortmund-Ems-Kanal mit Wasserrohrkessel nur 136 m³ groß zu werden brauchte. Allerdings war der erstere etwas schwerer gehalten. Die Maschinenanlagen sind in beiden Fällen die gleichen, Doppelverbundmaschinen von Christiansen & Meyer, Hamburg-Harburg.

Ein erster Versuch mit Wasserrohrkesseln wurde auf einigen für den Einsatz auf dem Südteil des Dortmund-Ems-Kanals bestimmten Schleppern mit Lamont-Kesseln gemacht, die aber nicht befriedigten. Gegen Wasserrohrkessel ohne Zwangsumlauf bestanden Bedenken. Da bot die Schmidtsche Heizdampfgesellschaft ihre Zweidruckkessel für hohe Drücke an, dessen Erstteil mit 100 atü nur den Heizdampf in einem inneren Kreislauf für den zweiten, nicht feuerberührten, Teil mit 50 atü Betriebsdruck liefert. Der Betriebsdampf sollte hoch überhitzt werden. Gleichfalls von der SHG. konstruierte Vierfachverbundmaschinen mit neuartiger Steuerung und Zwischenüberhitzung sollten einen Kohlenverbrauch von nur 0,48 kg/PSe trotz der kleinen Leistung der Maschinen von nur 2×150 PSe ergeben. Eine Versuchsausführung auf dem Prüfstand bestätigte dies bei voller Betriebssicherheit, so daß eine größere Anzahl dieses Schleppertyps in Auftrag gegeben wurde.

Der Erstteil des Kessels ist mit destilliertem Wasser gefüllt, das in dem inneren Kreislauf keinerlei Verluste erleidet und keinerlei Niederschläge oder Kesselstein bilden kann. Der Zweitteil arbeitet mit gewöhnlichem enthärtetem Speisewasser.

Der im Hauptüberhitzer auf 430° erhitzte Dampf durchströmte zunächst die Zwischenüberhitzer, um erst nach Nachüberhitzung auf 480° in einem zweiten im Kessel liegenden Überhitzer dem Hochdruckzylinder zugeführt zu werden. Die in Deutschland erhältlichen Heißdampfzylinderöle hielten diesen hohen Temperaturen aber nicht stand, so daß die Nachüberhitzung ausgebaut werden mußte. Der Dampf gelangt nunmehr mit 350° vom Zwischenerhitzer direkt in den Hochdruckzylinder. Die Zwischenüberhitzung liegt zwischen dem Mitteldruckzylinder 1 und Mitteldruckzylinder 2. Von dem thermischen Wirkungsgrad ging dadurch leider so viel verloren, daß der Kohlenverbrauch um etwa 15 v. H. anstieg.

In dem Betrieb auf dem Kanal waren diese naturgemäß ziemlich komplizierten Anlagen nicht leicht einzuführen, zumal der leitende Ingenieur nur gelegentlich an Bord erscheinen kann, im übrigen aber der Dampfermaschinist mit seinem Heizer allein fertig werden muß.

Leichter zu bedienen und weniger anspruchsvoll hinsichtlich des Materials und des Heißdampfzylinderöles war ein Wasserrohrkessel System der Wagner-Hochdruckdampfturbinen A.G. für 19 atü Betriebsdruck mit Überhitzung auf 330°, der im weiteren Verlauf der Entwicklung für Kanaleisbrecher mit 350 PSi Leistung gewählt wurde. Der Kessel wird hier

nicht von einer an die Maschine gehängten Pumpe gespeist, sondern von einer durch einen Hannemann-Regler gesteuerten Knorr-Pumpe, so daß ständig der richtige Wasserstand gehalten wird.

Die Maschinen sind wieder Doppelverbundmaschinen von Christiansen & Meyer. Sie zeichnen sich durch geringen Dampfverbrauch aus, so daß in Verbindung mit der Überhitzung und einer guten Speisewasservorwärmung

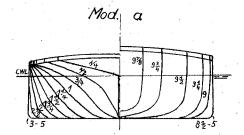
an Kohle nur etwa 0,7 kg/PSe/h verfeuert werden müssen.

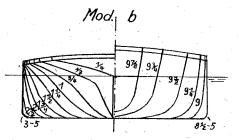
Auf die Entölung des Abdampfes und des Kondensats wurde wie auch auf den Hochdruckschleppern großer Wert gelegt, hierfür sind zum Teil neuartige Anlagen geschaffen. Um Kesselsteinbildung zu verhüten, wird für die Speisung enthärtetes Wasser verwendet, das mittels einer Wofatit-Anlage, einer Schöpfung der IG.-Farben, an Bord aus dem Kanalwasser selbst hergestellt wird. Die Verwendung enthärteten Speisewassers empfiehlt sich übrigens ganz allgemein auch auf älteren Dampfschleppern mit Zylinderkesseln, weil damit die Kesselreinigungen fast überflüssig gemacht werden können.

Der Wahodag-Kessel hat sich so gut bewährt, daß seine Verwendung für eine Reihe weiterer Schlepper mit nur 200-PSi-Leistung für Schleusenstrecken der westdeutschen Kanäle in Auftrag gegeben war, deren Bau aber

nicht mehr durchgeführt werden konnte.

Die vorstehenden knappen Ausführungen, die vielfach die Einzelfragen nur streifen konnten, dürften gezeigt haben, daß in Deutschland für die Beschleunigung des Verkehrs auf den Binnenwasserstraßen technisch hochwertige Leistungen ausgeführt sind.





Abmessungen:

Länge ü.a. 80,0 m, Länge zw. PP. 78,0 m
Breite a Spt. 9,0 m, Breite a Spt. 9,0 m
Seitenhöhe 2,5 m, Konstr. Tiefg. 2,0 m
Spt. Entf. 8,0 m, Verdr. a. Spt. 1222 m³
8 0,87