

Flusskaskotagung
vom 10. bis 12. April 2002
in Duisburg

**Das Binnenschiff - vom Tanker bis zum
Container und vom Bugstrahl bis zur
Hauptmaschine**

Volker Renner

Schiffbautechnische Versuchsanstalt
Duisburg

Zusammenfassung

des Vortrags

Das Binnenschiff – vom Tanker bis zum Container und vom Bugstrahl bis zur Hauptmaschine

Anlaß: Flusskaskotagung des Fachausschusses Transport im GDV vom 10.-12. April 2002 in Duisburg

Thema: Vom Bau bis zur Wrackbeseitigung

Wenn man von der Binnenschiffahrt spricht, so ist damit in der Regel ein System gemeint, das aus verschiedenen Elementen besteht: den Wasserstraßen und den Wasserstraßenbauwerken, den auf den Wasserstraßen verkehrenden Schiffen und den durch die Schiffe transportierten Gütermengen.

Deutsche Bundeswasserstraßen

Die deutschen Bundeswasserstraßen (Abb. 1) können grob in drei Hauptgruppen unterteilt werden:

- frei fließende Flüsse
- kanalisierte Flüsse und
- Kanäle.

Bei den frei fließenden Flüssen, die - mit Ausnahme der Donau - in Süd-Nord-Richtung fließen, handelt es sich zunächst um den Rhein, der allerdings am Oberrhein zwischen Basel und Iffezheim mit 12 Staustufen versehen ist. Auf dem Rhein findet der weitaus überwiegende Güterverkehr innerhalb Deutschlands statt.

Weiter östlich fließt die Weser, die über acht Schleusen verfügt. Der Schiffsverkehr auf der Weser ist im Vergleich zum Rhein deutlich geringer.



Abb. 1: Bundeswasserstraßen – Klassifizierung der Binnenwasserstraßen des Bundes [Der Selbst., Nr. 3/2001

Es folgt die Elbe, die im unteren Bereich bei Geesthacht mit einer Schleuse ausgestattet ist. Auch auf der Elbe ist der Schiffsverkehr im Vergleich zum Rhein deutlich geringer.

Im Grenzgebiet zwischen Deutschland und Polen finden wir die Oder, die insbesondere im polnischen Bereich bei Kattowitz über mehr als zwanzig Schleusen verfügt. Auch für die Oder gilt das gleiche wie für Weser und Elbe; der Schiffsverkehr ist vergleichsweise gering.

Im Süden Deutschlands fließt die obere Donau in west-östlicher Richtung. Die Donau verfügt auf ihrer gesamten schiffbaren Länge bis zum Schwarzen Meer über ca. zwanzig Schleusen, wobei sechs Schleusen im deutschen Bereich liegen.

Charakteristisch für die frei fließenden Flüsse sind die zum Teil sehr stark schwankenden Wasserstände. Beispielsweise beträgt die Wasserstandsschwankung auf dem Rhein bis zu 10 m. Bei diesen frei fließenden Flüssen stellt die Wasserstraßenverwaltung der Schifffahrt einen Fahrwasserquerschnitt zur Verfügung (Abb. 2). Der Fahrwasserquerschnitt setzt sich zusammen aus der Fahrwasserbreite (nicht zu verwechseln mit der Flußbreite) und einer Fahrwassertiefe (nicht zu verwechseln mit Flußtiefe), die letztendlich vom Wasserstand abhängig ist.

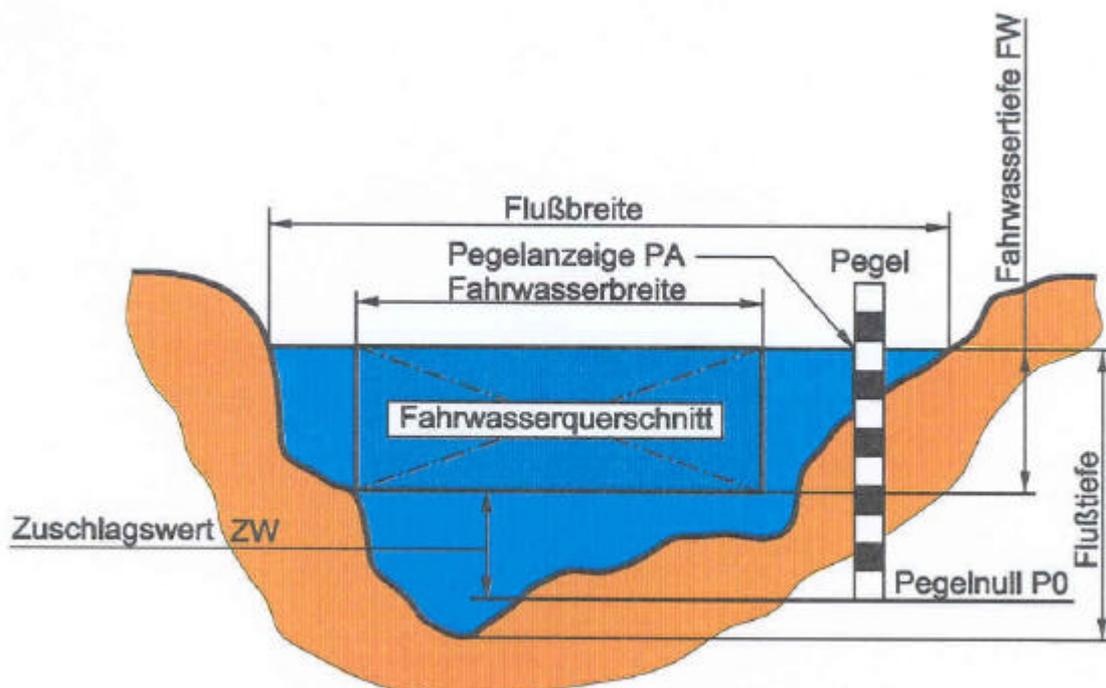


Abb. 2: Wasserstraßenquerschnitt mit Darstellung des Fahrwasserquerschnitts

Abb. 3 zeigt die vergleichsweise guten Wasserstraßenverhältnisse des Rheins im Bereich Duisburg und Abb. 4 die der Elbe bei der Einfahrt in den Niegripper-Verbindungskanal.



Abb. 3: Der Rhein im Bereich Duisburg [BdB, 1996/97]



Abb. 4: Einfahrt von der Elbe in den Niegripper-Verbindungskanal [BMVBW, 1993/94]

Bei den kanalisierten Flüssen handelt es sich um den Neckar, den Main, die Mosel, die Saar, die Ruhr und die Saale. Sämtliche dieser kanalisierten Flüsse verfügen über eine Vielzahl von Schleusen, mit denen die im Vergleich zum Rhein kleinen Flüsse schiffbar gemacht wurden. Abb. 5 gibt einen Eindruck von den Fahrwasserverhältnissen auf dem Neckar, Abb. 6 auf der Saar.



Abb. 5: Neckarschleife zwischen Mundelsheim und Hessigheim [Der Selbst., Nr. 3/2001]



Abb. 6: Saarschleife

Bei den Kanälen handelt es sich im mittleren und nördlichen Teil Deutschlands um den Rhein-Herne-Kanal, den Wesel-Datteln-Kanal, den Dortmund-Ems-Kanal, den Mittellandkanal, den Elbe-Havel-Kanal und den Elbe-Seitenkanal. Im südlichen Teil Deutschlands wird die Verbindung zwischen Main und Donau durch den Main-

Donau-Kanal gewährleistet. Bereits 1850 wurde durch den Bau des Ludwig-Donau-Main-Kanals die Verbindung zwischen Main und Donau in Angriff genommen. Das Projekt scheiterte aber letztendlich an technischen Schwierigkeiten. In Abb. 7 wird ein fertiggestellter Teil des Ludwig-Donau-Main-Kanals gezeigt und in Abb. 8 eine Schleuse aus der damaligen Zeit im heutigen Zustand.



Abb. 7: Ludwig-Main-Donau-Kanal, ca. 1850



Abb. 8: Schleuse im Ludwig-Main-Donau-Kanal, heutiger Zustand

Einen Überblick über die deutschen Bundeswasserstraßen und deren Länge ist in Abb. 9 dargestellt. Insgesamt handelt es sich um ca. 7.500 km schiffbare Wasserstraßen.

Rhein und Nebenflüsse	1 792 km
Rhein (Rheinfelden - niederländische Grenze)	623 km
Neckar (Mündung Rhein - Plochingen)	201 km
Main (Mündung Rhein - Moenns)	388 km
Main-Donau-Kanal (Mündung Main - Mündung Donau)	171 km
Mosel (französische Grenze - Mündung Rhein)	242 km
Saar (französische Grenze - Ensdorf, Völklingen - Mündung Mosel)	100 km
Lahn (Mündung Rhein - Steeden)	67 km
Wasserstraßen zwischen Rhein und Elbe	1 437 km
Ruhr (Mündung Rhein - Mülheim)	12 km
Rhein-Herne-Kanal (Duisburg - Mündung DEK)	49 km
Wesel-Datteln-Kanal (Wesel - Mündung DEK)	60 km
Datteln-Hamm-Kanal (Mündung DEK - Schmehausen)	47 km
Dortmund-Ems-Kanal (DEK) und Unterems (Dortmund - Seegrenze)	303 km
Küstenkanal und Untere Hunte (Mündung DEK - Seegrenze)	96 km
Mittellandkanal (Mündung DEK - Mündung Elbe)	325 km
Weser und Unterweser (Hannoversch-Münden - Seegrenze)	430 km
Elbe-Seitenkanal (Mündung Mittellandkanal - Mündung Elbe)	115 km
Elbegebiet	1 049 km
Nord-Ostsee-Kanal (Mündung Elbe - Kieler Förde)	109 km
Elbe-Lübeck-Kanal und Kanaltrave (Mündung Elbe - Seegrenze)	88 km
Elbe und Unterelbe (tschechische-Grenze - Seegrenze)	728 km
Saale (Leuna-Kreypau - Mündung Elbe)	124 km
Wasserstraßen zwischen Elbe und Oder	916 km
Berliner Haupt- und Nebenwasserstraßen	189 km
Havel-Oder-Wasserstraße und Nebengewässer	485 km
Spree-Oder-Wasserstraße und Nebengewässer	242 km
Oder (polnische Grenze - Abzweigung Westoder)	162 km
Gewässer an der Ostseeküste	526 km
Donau (Kelheim - österreichische Grenze)	213 km
Sonstige Bundeswasserstraßen	1 372 km
Gesamt	7 467 km

Abb. 9: Länge der Bundeswasserstraßen [BdB, 2001]

Wesentlich für das Funktionieren der Schifffahrt sind die im Bereich der Wasserstraßen angesiedelten Bauwerke.

Zunächst sind es die Schleusen, von deren Größe die Größe der einzusetzenden Schiffe abhängig ist. Der größte Teil der im deutschen kanalisierten Wasserstraßennetz anzutreffenden Schleusen verfügt über eine Breite von ca. 12 m. Daraus ergibt sich die maximale Schiffsbreite der Schiffe, die diese Schleusen passieren, von 11,45 m. Abb. 10 zeigt beispielhaft die Engstellenproblematik bei der Einfahrt eines Containerschiffes in eine Schleuse.



Abb. 10: Einfahrt Containerschiff in Schleuse

Neben den Schleusen werden zur Überwindung von Höhenunterschieden auch Schiffshebwerke eingesetzt. Abb. 11 zeigt ein solches bei Strey Thieu. Auch bei den Schiffshebwerken ist die Größe des Troges maßgeblich für die maximale Größe der einzusetzenden Schiffe.



Abb. 11: Schiffshebewerk bei Strepv Thieu (Belgien) [Binnenschifffahrt 3/2002]

Von wesentlicher Bedeutung sind darüber hinaus auch die Brückenhöhen über den Wasserstraßen. Insbesondere im kanalisiertem Wasserstraßensystem sind die Brückenhöhen häufig so niedrig, daß nur ein zwei- oder dreilagiger Containerverkehr möglich ist. In Abb. 12 wird am Beispiel einer Straßenbrücke im Bereich des Duisburger Hafens bei hohem Wasserstand diese Problematik deutlich.



Abb. 12: Straßenbrücke im Bereich des Duisburger Hafens

Darüber hinaus gibt es innerhalb des Wasserstraßennetzes auch Kanalbrücken, die insbesondere dann gebaut werden, wenn natürliche Flußläufe von Kanälen überquert werden sollen. In Abb. 13 ist eine solche Kanalbrücke des Ludwig-Donau-Main-Kanals um ca. 1850 und in Abb. 14 die Querung des Mittellandkanals über die Weser bei Minden dargestellt.



Abb. 13: Kanalbrücke des Ludwig-Main-Donau-Kanals, ca. 1850



Abb. 14: Wasserstraßenkreuz Minden [VBW, 1997/98]

Ein wesentlicher Bestandteil des Wasserstraßennetzes sind die Häfen. In Abb. 15 ist beispielhaft für das in den letzten Jahren insbesondere auf der Rheinschiene stark ansteigende Containeraufkommen eine Container-Verladeanlage im Bereich des Duisburger Hafens dargestellt.



Abb. 15 Container-Verladeanlage im Bereich des Duisburger Hafens

Schiffe

In Abb. 16 werden die auf den deutschen Wasserstraßen eingesetzten Schiffstypen und deren Größen, Tragfähigkeiten sowie die Antriebsleistungen dargestellt. Die deutsche Binnenflotte besteht aus ca. 4.000 Schiffen, wovon der größte Anteil mit ca. 1.030 Einheiten auf die Trockenfrachtschiffe entfällt, gefolgt von knapp 1.000 Schubleichtern sowie ca. 900 Tagesausflugsschiffen. Eine Übersicht über die verschiedenen Schiffstypen, deren Anzahl und deren Tragfähigkeit bzw. Personenkapazität ist in nachfolgender Abb. 17 dargestellt.

	Länge m	Breite m	Tiefgang m	Tragfähigkeit t	Leistung PS
Motorgüterschiff für trockene Ladung	38,5 – 110,0	5,0 – 11,4	2,0 – 3,5	220 – 3000	100 – 3000
Tankmotorschiff	50,0 – 110,0	6,6 – 11,4	2,2 – 3,5	400 – 3200	250 – 2000
Koppelverband (Schiebendes Motorschiff mit Leichter)	150,0 – 186,5	9,5 – 11,4	2,5 – 3,5	2530 – 5000	800 – 3000
Schubbboot	10,0 – 40,0	7,6 – 15,0	1,4 – 2,2		500 – 6000
Schubleichter	70,0 – 76,5	9,5 – 11,4	2,5 – 4,0	1240 – 2800	(Die größten Schubböote schieben sechs Leichter = 15.600 t)

Abb. 16: Schiffstypen und –größen [BdB, Heft 3]

31.12.2000	Anzahl	Tragfähigkeit in t
Motorgüterschiffe für trockene Ladung	1 028	1 198 526
Tankmotorschiffe	305	446 042
Schubleichter für trockene Ladung	987	891 738
Tankschubleichter	41	55 352
Schleppkähne für trockene Ladung	75	51 516
Tankschleppkähne	12	3 899
Trägerschiffsleichter (Lash)	121	94 260
Zusammen	2 569	2 741 333
Bunkerboote	103	14 129 kW
Schlepper	164	33 776 kW
Schubboote	286	107 041 kW
Tagesausflugsschiffe	899	225 675 Personenkapazität
Fahrgastkabinenschiffe	25	2 833 Bettenkapazität

Abb. 17: Deutsche Binnenflotte [BdB, 2001]

Da die bundesdeutschen Wasserstraßen nicht nur von deutschen Schiffen, sondern einem großen Teil ausländischer Schiffe befahren werden, ist für eine Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der deutschen Flotte ein Vergleich der durchschnittlichen Tragfähigkeit aller Schiffe von Interesse. In Abb. 18 wird die durchschnittliche Tragfähigkeit der auf den bundesdeutschen Wasserstraßen eingesetzten Motorgüterschiffe dargestellt. Zunächst fällt auf, daß die durchschnittliche Tragfähigkeit der deutschen Schiffe mit ca. 1.005 t (Bezugsjahr 2001) nur noch von der Tragfähigkeit der französischen Schiffe unterschritten wird. Ein wesentlicher Grund hierfür ist die Übernahme der ehemaligen DDR-Flotte, die letztendlich zu einer Verringerung der durchschnittlichen Tragfähigkeit geführt hat.

	1990	1994	2001	Veränderungen in % 2001/1990
Niederlande	932 t	1.080 t	1.133 t	21,6
Deutschland	1.151 t	986 t	1.005 t	-12,7
Belgien	860 t	954 t	1.058 t	23,0
Frankreich	570 t	421 t	530 t	-7,0
Schweiz	1.877 t	1.934 t	2.082 t	10,9
Luxemburg	1.167 t	1.125 t	1.564 t	34,0
Gesamt	957 t	1.008 t	1.030 t	7,6

Abb. 18: Durchschnittliche Tragfähigkeit der Motorgüterschiffe, [VBW, 1999-2001]

In nachfolgenden Abbildungen wird am Beispiel einiger ausgewählter Einsatzfälle die Vielzahl der Transportmöglichkeiten mit dem Binnenschiff deutlich gemacht. Abb. 19 zeigt einen Koppelpverband bestehend aus einem schiebenden Motorgüterschiff und einem Leichter beim Transport von Kraftwerkskohle im Kanal, Abb. 20 den Einsatz eines RoRo-Schiffes im Duisburger Hafen.



Abb. 19: Koppelverband mit Leichter im Kanal



Abb. 20: RoRo-Schiff im Duisburger Hafen

In der Containerschifffahrt gibt es einen beträchtlichen Sprung zu besonders großen Transporteinheiten. Hierbei handelt es sich um die Containerschiffe „Jowi“ und „Amistade“ mit einer Größe von $L = 135$ m, $B = 17$ m, die in vier Lagen übereinander ca. 400 TEU transportieren können. Abb. 21 zeigt das Containerschiff „Jowi“ in beladenem Zustand und Abb. 22 den Größenvergleich des Containerschiffes „Jowi“ mit einem Standard-Containerschiff mit einer Kapazität von ca. 200 TEU.



Abb. 21: „Jowi“ beladen



Abb. 22: Größenvergleich verschiedener Containerschiffe [BdB, BdS-Info]

Neben den Containerverkehren werden auch nach wie vor große Mengen von trockenen und flüssigen Massengütern mit dem Binnenschiff transportiert. Abb. 23 zeigt beispielhaft die Entladung eines Binnenschiffes mit Getreide, Abb. 24 den Einsatz eines Tankschiffes auf dem Rhein und Abb. 25 einen 6-er Schubverband beladen mit Eisenerz von ca. 18.000 t im Bereich des Duisburger Hafens.



Abb. 23: Getreideentladung [BdB, BdS-Info]



Abb. 24: Tanker auf dem Rhein



Abb. 25: 6-er Schubverband beladen im Duisburger Hafen

Wie aus Abb. 17 deutlich wird, ist neben der Güterschiffahrt auch eine große Anzahl von Fahrgastschiffen im Einsatz. Abb. 26 zeigt beispielhaft ein modernes Tagesausflugsschiff und Abb. 27 ein modernes Kabinenschiff. Während sich der Einsatzbereich der Tagesausflugsschiffe im Normalfall auf einen beschränkten Wasserstraßenbereich konzentriert, erfolgt der Einsatz der Kabinenschiffe europaweit.



Abb. 26: Mittelgroßes modernes Tagesausflugsschiff



Abb. 27: Modernes Kabinenschiff

Der Antrieb der motorisierten Schiffe erfolgt heute überwiegend über Propeller. Abb. 28 zeigt die Standardanordnung der Antriebsorgane eines Zweischrauben-Motorgüterschiffes bestehend aus Propeller, der in einer Propellerdüse arbeitet. Hinter dem Propeller befindet sich als wesentliches Steuerorgan das Ruder.

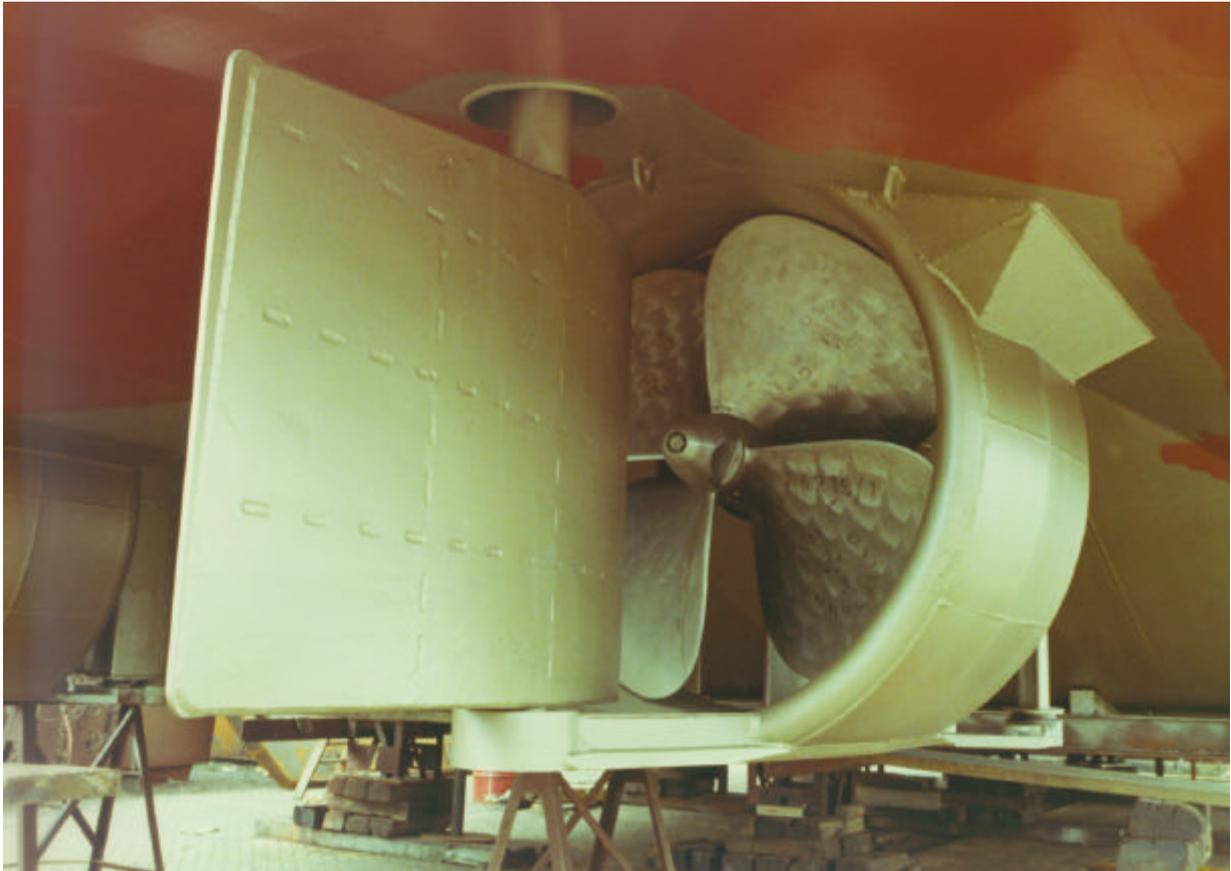


Abb. 28: Anordnung der Antriebsorgane an einem 2-Schrauber

Eine neuere Antriebsvariante bestehend aus einem Ruderpropeller mit Saug- und Druckpropeller ist in Abb. 29 dargestellt. Diese als sehr modern anzusehende Antriebsvariante wird zum gegenwärtigen Zeitpunkt fast ausschließlich nur bei neuen, modernen Fahrgastschiffen eingesetzt.



Die zwei Schottel STP 200 (je 368 kW) der bei der Lux-Werft gebauten "Princesse Marie Astrid" Foto: Schottel

Abb. 29: Ruderpropeller mit Saug- und Ruckpropeller an modernem Fahrgastschiff

Gesteuert werden die Schiffe vom Steuerhaus. In Abb. 30 wird der Steuerstand eines 4-er Schubverbandes dargestellt. Es handelt sich um ein Schubboot mit einer 3-Propelleranlage. Besonders charakteristisch sind die auf den Binnenschiffen eingesetzten Flußradaranlagen, die auch während der Nachtzeit und bei Nebel eine sichere Fahrt gewährleisten.

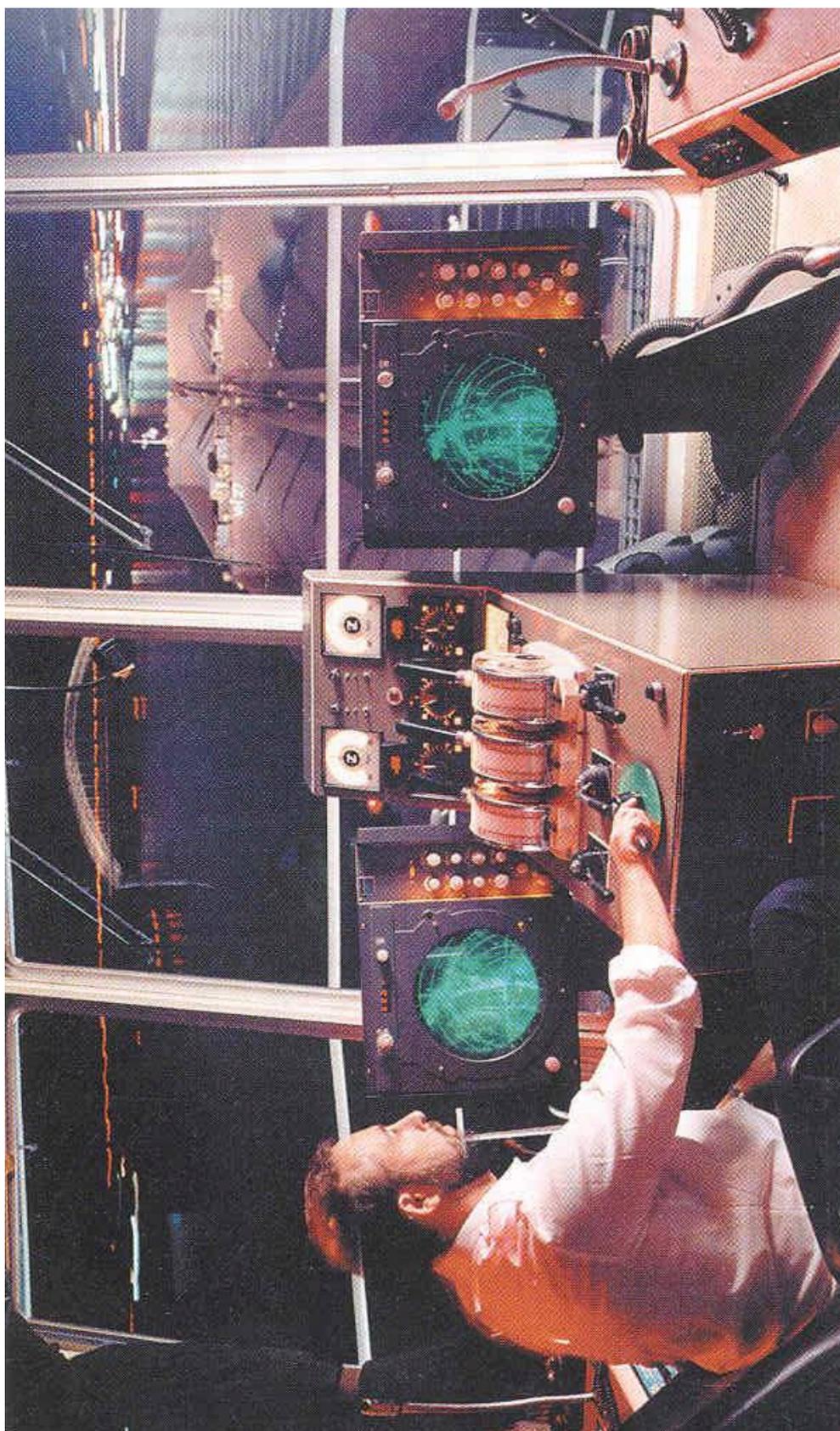


Abb. 30: Steuerstand eines 4-er Schubverbandes bei Nacht [BdB, BdS-Info]

Transportmengen und einige Daten im Vergleich mit LKW und Bahn

Bezogen auf das Bezugsjahr 2001 wurden auf den deutschen Binnenwasserstraßen ca. 242 Mio. t transportiert. Der größte Teil betrifft den Transport von Steinen und Erden mit ca. 53,4 Mio. t, gefolgt von Erdöl und Mineralerzeugnissen sowie Erzen und Metallabfällen mit jeweils ca. 40 Mio. t. In Abb. 31 werden die wesentlichen Gütertransportgruppen und die entsprechenden Transportmengen dargestellt.

Anteil am Gesamtverkehr 2000	in Mio. t	in %
Steine und Erden einschl. Baustoffe	53,4	22,0
Erdöl, Mineralölerzeugnisse, Gase	39,5	16,3
Erze und Metallabfälle	39,5	16,3
Feste mineralische Baustoffe (Kohlen)	30,5	12,6
Chemische Erzeugnisse	19,4	8,0
Nahrungs- und Futtermittel	15,0	6,2
Eisen, Stahl und NE-Metalle einschl. Halbzeug	14,0	5,8
Land-, forstwirtschaftliche und verwandte Erzeugnisse	11,5	4,7
Düngemittel	7,9	3,3
Fahrzeuge, Maschinen, Halb- und Fertigerzeugnisse	11,5	4,7
Zusammen	242,2	100,0

Abb. 31: Transportgüter in der Binnenschifffahrt [BdB, 2001]

In Abb. 32 werden einige wesentliche Verkehrsdaten der Binnenschifffahrt im Vergleich mit LKW und Bahn angeführt. Auffallend ist, daß die Binnenschifffahrt mit ca. 7.500 km Wasserstraßenlänge im Vergleich zur Bahn und der Straße eine vergleichsweise geringe Verkehrsstraßendichte aufweist. Interessant ist jedoch, daß das Verkehrsaufkommen wie auch die Verkehrsleistung im Vergleich zur Bahn nur ge-

ringförmig kleiner sind. Entsprechend groß im Vergleich zu Bahn und Straße ist das Verkehrsaufkommen je Kilometer Verkehrsstraßenlänge von ca. 32.000 t. Weiterhin von Interesse ist die von der Binnenschiffahrt transportierte Gefahrgutmenge, die mit knapp 53 Mio. t etwas größer ist als die von Bahn und LKW. Weitere spezifische Verkehrsdaten sind der Abb. 32 zu entnehmen.

	Bahn	Binnenschiff	LKW
Streckenlänge in km	36 300	7 467	230 700
Verkehrsaufkommen in Mio. t	294,5	242,2	982,1
Verkehrsleistung in Mrd. tkm	76,1	66,5	263,1
Verkehrsaufkommen in t je km Strecke	8 100	32 400	4 300
Transportraum in Mio. t	8,0	2,7	15,5
Mittlere Transportweite in km	258	275	268
Gefahrguttransporte in Mio. t	51,5	52,7	50,6
Externe Kosten in Pf/tkm	1,15	0,35	5,01
Spezifischer Endenergie- verbrauch in kJ/tkm	566	464	2 290
CO ₂ -Ausstoß in g/tkm	48,1	33,4	164

Abb. 32: Verkehrsdaten im Vergleich mit LKW und Bahn in 2000 [BdB, 2001]

Wie bereits zuvor erwähnt, ist am Gütertransport auf deutschen Wasserstraßen ein großer Anteil nicht-deutscher Fahrzeuge beteiligt. Hier sind es vor allen Dingen die niederländischen Schiffe, die heute den überwiegenden Anteil des Gütertransportes auf den deutschen Wasserstraßen durchführen. In Abb. 33 ist die aus deutscher Sicht dramatische Entwicklung zwischen 1970 und 2000 dargestellt. Während sich der deutsche Transportanteil in 1970 noch auf ca. 57 % und der niederländische Anteil auf ca. 28 % belief, änderte sich das Bild deutlich zugunsten der Niederländer, die inzwischen einen Güteranteil von knapp 50 % und die deutsche Flotte nur noch von ca. 37 % abdecken.

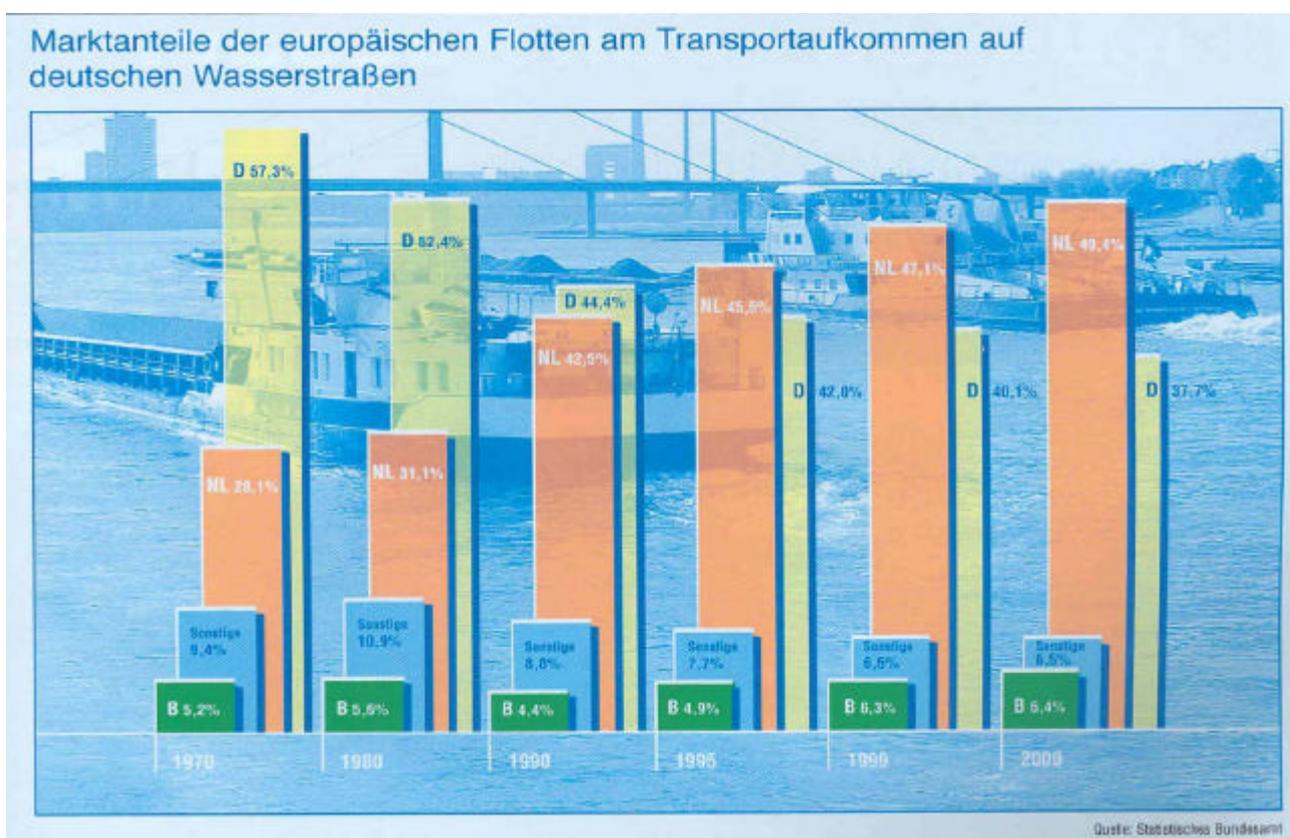


Abb. 33: Marktanteile der europäischen Flotten am Transportaufkommen auf deutschen Binnenwasserstraßen [Der Selbst., Nr. 3/2001]

Duisburg, 22. August 2002

Dipl.-Ing. V. Renner
 Fachbereichsleiter Verkehrstechnik