

548 | Februar 1995

SCHRIFTENREIHE SCHIFFBAU

Volker Bertram (Herausgeber)

Schiffstechnische, logistische und wirtschaftliche Aspekte von Containerschiffen mit mehr als 6000 TEU Kapazität

TUHH

Technische Universität Hamburg-Harburg

Schiffstechnische, logistische und wirtschaftliche Aspekte von Containerschiffen mit mehr als 6000 TEU Kapazität

Volker Bertram (Herausgeber), Hamburg, Technische Universität Hamburg-Harburg, 1995

ISBN: 3-89220-548-5

© Technische Universität Hamburg-Harburg
Schriftenreihe Schiffbau
Schwarzenbergstraße 95c
D-21073 Hamburg

<http://www.tuhh.de/vss>

INSTITUT FÜR SCHIFFBAU DER UNIVERSITÄT HAMBURG

Bericht Nr. 548

Schiffstechnische, logistische und wirtschaftliche
Aspekte von Containerschiffen
mit mehr als 6000 TEU Kapazität

Volker Bertram (Herausgeber)

Februar 1995

Inhaltsverzeichnis

Vorwort Volker Bertram	2
Entwicklungstendenzen der Containerschiffe Harald Poehls	4
Technische Konzepte für Schiff und Terminal Andreas Kraus, Gerhart Grünanger	43
Voraussetzungen und Rahmenbedingungen für Liniendienste mit Jumbo Container Vessels und die Auswirkungen im Hinterland Horst Hebeler, Burkhard Lemper	60
Planerische und bautechnische Auswirkungen des Einsatzes großer Containerschiffe Wolfgang Hurtienne	73
6000+ TEU aus Sicht eines multimodalen Transportunternehmens Thorsten Grenz	86

Die Autoren

Volker Bertram: Privat-Dozent am Institut für Schiffbau (IfS) der Univ. Hamburg; Habilitation (1994) an der TU Berlin; Projektleiter bei der HSVA; Managementberater bei McKinsey&Co; Dr.-Ing. (1990), Dipl.-Ing.(1985) an der Univ. Hamburg, M.S.E. (1984) der Univ. of Michigan

Harald Poehls: Prof. am Institut für Schiffbau (IfS) der Univ. Hamburg; Prof. an der TU Hannover; Leiter Abt. Theorie und Berechnung bei den Thyssen Nordseewerken (TNSW), Emden; Mitarbeiter Theorieabteilung bei Blohm+Voss; Dr.-Ing. (1970) an der TH Aachen; Dipl.-Ing. (1964) an der TU Hannover

Andreas Kraus: Gruppenleiter in der Projektteilung von HDW; Projektleiter der BMFT-Studie über "Rahmenbedingungen und Konzepte für Container-Transportsysteme der Zukunft"; Dr.-Ing. (1989) an der TU Berlin

Gerhart Grünanger: Abteilungsleiter Planung und Entwicklung bei Noell; Konstruktionsleiter des Sondermaschinenbaus in mehreren Maschinenbaubetrieben; Dr.-Ing., Dipl.-Ing. an der TU Berlin

Horst Hebeler: Direktor der Eckelmann-Eurokai-Gruppe, verantwortlich für die Entwicklung von europaweiten intermodalen Verkehren, See- und Binnenterminalanlagen, Innovationen wie z.B. automatische Container-Identifizierung, Terminalautomatisierung, Vorsitzender des Ausschusses für betriebliche Systeme im Hafenumschlag der HTG

Wolfgang Hurtienne: Leiter der Abteilung Hafenplanung von Strom- und Hafenbau, Wirtschaftsbehörde Hamburg; Dipl.-Ing. (1980) an der TU Braunschweig

Burkhard Lemper: Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik (ISL) in Bremen; Dipl.-Volksw. (1992) der Westfälischen Wilhelms-Univ. Münster

Thorsten Grenz: Leiter Konzern-Controlling bei Hapag-Lloyd AG; Managementberater bei McKinsey&Co; Dr.sc.pol. (1986), Dipl.-Kaufm. (1983) an der CAU Kiel

Vorwort

Volker Bertram

1968 lieferten der Bremer Vulkan mit der "Weser Express" und Blohm&Voss mit der "Elbe Express" die ersten in Deutschland gebauten Containerschiffe ab. Die baugleichen Schiffe hatten eine Stellkapazität von 736 TEU (20-Fuß-Container). Die technische Entwicklung verlief bei den Containerschiffen danach so rasant wie bei keinem anderen Fahrzeug, sei es Auto, Flugzeug oder anderes Schiff. Deutsche Werften waren dabei von Anfang an treibende Kraft und Technologie-Führer. Diese Position konnten sie bis heute verteidigen, auch wenn der Vorsprung knapper geworden ist.

Innerhalb von zwei Jahrzehnten sank pro Container der Energieverbrauch um 66%, der Stahlverbrauch um 57%, die Besatzungsstärke um 47% und die Umschlagszeit um etwa 20%. Fortschritte bei der Konstruktion dieser Schiffe mit Hilfe der Methode der Finiten Elemente (FEM) und sparsamere Motoren trugen zu diesen enormen Verbesserungen bei. Die Hauptursache lag aber in der Größenentwicklung der Containerschiffe. Die Größe bzw. Kapazität der Containerschiffe wuchs schnell von den ca. 750 TEU der sogenannten 1. Generation auf die über 4000 TEU der 4. Generation, die heute den Langstreckendienst nach Fernost bedienen. Neubauten haben heute häufig Kapazitäten zwischen 3500 und 4500 TEU. Über den Bau noch größerer Schiffe mit 6000 bis 8000 TEU Kapazität wird ernsthaft nachgedacht. Der Germanischer Lloyd sieht keine prinzipiellen Unterschiede in der Festigkeit bzw. Konstruktion dieser Schiffe.

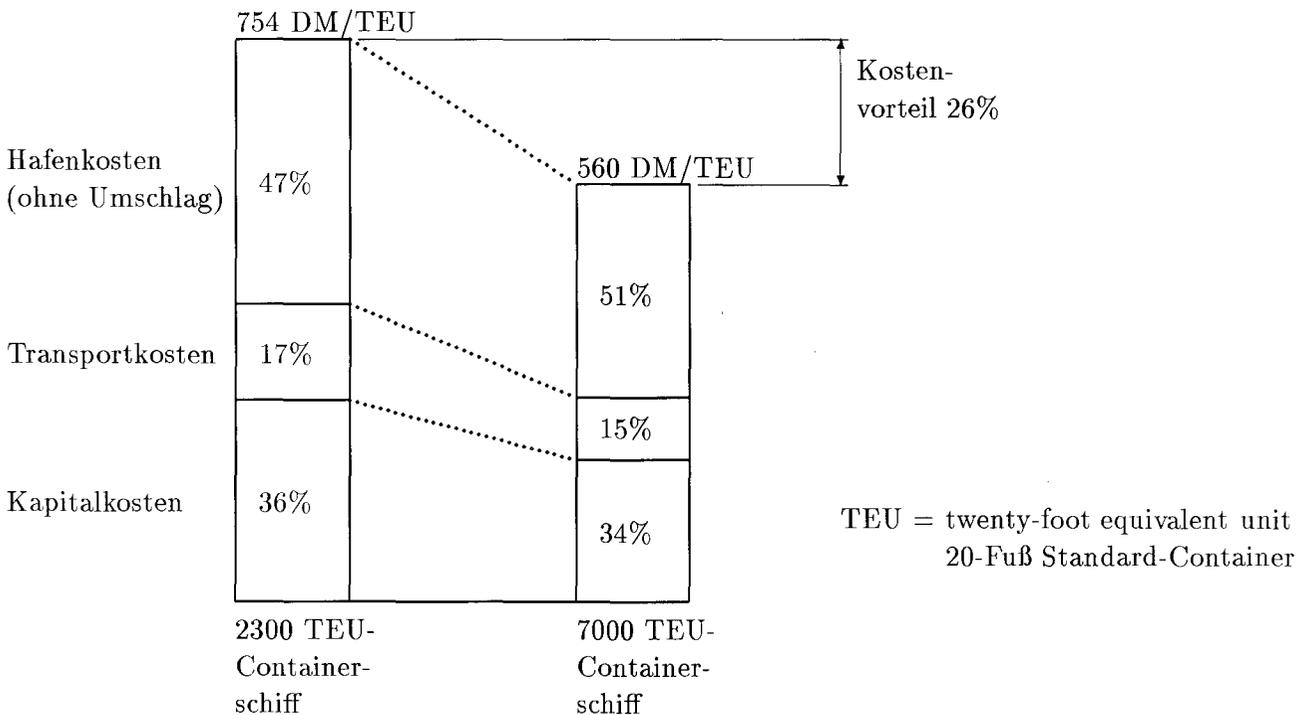


Abb.1: Zwischen einem 2300 TEU- und einem 7000 TEU-Containerschiff ergeben sich für die Kai-zu-Kai-Kosten (Kapital-, Transport-, Hafenkosten ohne Umschlagkosten) erhebliche Einsparungen

Diese "Jumbos" erscheinen auf den ersten Blick sehr attraktiv, da sie beim Kai-zu-Kai Transport deutlich billiger als kleinere Schiffe sind, Abb.1. Das Schiff muß aber als Teil einer Transportkette und nicht für sich allein betrachtet werden. So haben sich auch die großen Container-Reedereien zu multimodalen Transport-Unternehmen gewandelt, die den Transport von Haus-zu-Haus übernehmen. Größere Schiffe bedeuten aber weniger häufige Abfahrtszeiten, weniger angelaufene Häfen und damit höhere Kosten im Feder- und Hinterlandverkehr. Es muß also eine optimale Größe geben, die die Gesamtkosten aus Seeverkehr, Umschlag und Weitertransport im

Hinterland minimal werden läßt. Erste Analysen zeigen, daß diese Größe z.Z. nicht über 6000 TEU liegt.

Das Argument, daß die "Jumbos" nicht mehr durch den Panama-Kanal passen werden, ist dabei von untergeordneter Bedeutung, da inzwischen nur noch ein geringer Teil der Welthandelsströme in Containerverkehr durch den Panama-Kanal geht. Auch Sorgen von Umweltschützern und Hafenverwaltungen hinsichtlich etwaiger Belastungen durch Fahrwasservertiefungen erscheinen unbegründet. Die vorgestellten Entwürfe von "Jumbos" haben Tiefgänge in der gleichen Größenordnung wie die größten gebauten Panamax-Schiffe, d.h. Schiffe mit 4400 TEU Kapazität, die gerade noch durch den Panama-Kanal passen. Die zusätzliche Kapazität der "Jumbos" wird vor allem durch ihre größere Breite erzielt.

Wenn sich die ersten Analysen bestätigen und die "Jumbos" zumindest bis auf weiteres in den Schubladen liegen bleiben, so bedeutet dies nicht, daß Schiffbauern, Reedern und Hafentechnikern der Stoff zum Nachdenken ausgeht. Der Containerverkehr wächst weiter – auch in Zeiten der Rezession. Wenn nicht größere Schiffe, dann sind es eben mehr und mehr Schiffe, die in kurzer Zeit umgeschlagen werden wollen. Die Umschlagstechnik und der schnelle Abtransport ins Hinterland sind die Herausforderung des nächsten Jahrzehnts. Die Umschlagskosten können 30% bis 50% der Frachtraten ausmachen. Forschungsvorhaben in Deutschland und Japan mit dem Ziel, Umschlagstechniken und -kosten drastisch zu verbessern, könnten von daher das jetzige Optimum doch noch zugunsten der "Jumbos" verschieben.

Forum TEU 6000 +
am 21.2.1995
im Institut für Schiffbau, Hamburg

Entwicklungstendenzen der Containerschiffe

Harald Poehls

Institut für Schiffbau, Hamburg

Es soll versucht werden, einen Überblick über bisherige und gegenwärtige Entwicklungstendenzen der Containerschiffe nach Kapazität, Hauptabmessungen und besonderen Typen zu geben. Moderne große sowie oben offene Zellenschiffe sollen besonders berücksichtigt und kritisch bewertet werden. Dazu werden zuerst die rein analytischen Zusammenhänge (also zunächst ohne Einbeziehung wirtschaftlicher Bewertungen) zwischen Kapazität, Geschwindigkeit, Fahrtstrecke, Abfahrtsdichte und Hafentiegezeit einer Routenflotte in möglichst allgemeiner Form angegeben, grafisch dargestellt und durch Vergleichszahlen quantitativ interpretiert. Es folgen vergleichende Berechnungen der Umschlagzeiten verschiedener Containerschiffstypen auf Basis früherer Zeitmessungen, bevor auf die erwähnten Entwicklungstendenzen der Containerschiffe eingegangen wird.

1. Container-Routenflotte

Die Bedeutung der Hafentiegezeit, des Verhältnisses Hafen- zu Seezeit bei gegebener Fahrtstrecke und der Abfahrtsdichte für die zu wählende Größe, Zahl und Geschwindigkeit einer auf einer Rundreiseroute eingesetzten Containerschiffsflotte ist an sich allgemein bekannt. Dennoch soll hier zum besseren, auch quantitativen Einblick eine Darstellung der analytischen Zusammenhänge dieser Parameter in möglichst allgemeiner Form an den Anfang gestellt werden. Auf eine Berücksichtigung der natürlich außerdem vorhandenen wirtschaftlichen Entwurfs Gesichtspunkte wird dabei zunächst bewußt verzichtet, um die qualitativen und quantitativen Tendenzen bei der Variation der genannten Parameter zunächst rein analytisch zu erkennen.

1.1 Herleitung analytischer Gleichungen

Seezeit pro Rundreise (ohne Revierfahrt):

$$t_p [\text{Tag}] = \frac{1}{24 \cdot v_s} \cdot \sum_{i=1}^H d_{pi} \quad (1)$$

Darin bedeuten:

- t_p [Tag] = Zeit (**T**ime) zwischen Häfen (**P**orts) ohne Reviere
- d_p [sm] = Strecke (**D**istance) zwischen Häfen ohne Reviere
- H [-] = Zahl der pro Rundreise angelaufenen Häfen (**H**arbours)
- v_s [kn] = (mittlere) Schiffsgeschwindigkeit im Dienst (**S**ervice)

Revierzeit pro Rundreise:

$$t_E [\text{Tag}] = \frac{1}{24} \cdot \left[\sum_{i=1}^H \left(\frac{d_E}{v_E} \right)_i (\text{in}) + \sum_{i=1}^H \left(\frac{d_E}{v_E} \right)_i (\text{out}) \right] \quad (2)$$

Darin bedeuten:

- t_E [Tag] = Zeit für Revierfahrt (**E**stuaries)
- d_E [sm] = Strecke (**D**istance) des betr. Reviers i
- v_E [kn] = (mittlere) Schiffsgeschwindigkeit auf dem betr. Revier i bei Ein- und Auslaufen (in/out)

Für den Fall einer konstanten mittleren Reviergeschwindigkeit kann Gleichung (2) vereinfacht werden:

$$t_E [\text{Tag}] = \frac{2}{24 \cdot v_E} \cdot \sum_{i=1}^H d_{Ei} \quad (2a)$$

Fahrtzeit pro Rundreise:

$$t [\text{Tag}] = t_p + t_E = \frac{1}{24} \cdot \frac{d}{\bar{v}} \quad (3)$$

Darin bedeuten:

- t [Tag] = Fahrtzeit des Schiffes pro Rundreise
- d [sm] = Summe der Strecken zwischen den Häfen einer Rundreise einschl. Reviere
- \bar{v} [kn] = mittlere Schiffsgeschwindigkeit für See- und Revierfahrten insgesamt

Hafenliege- und Wartezeit des Schiffes pro Rundreise:

$$p' [\text{Tag}] = \sum_{i=1}^H (p_i + w_i) \quad (4)$$

Darin bedeuten:

- p' [Tag] = gesamte Liegezeit in den Häfen (Ports) einer Rundreise einschließlich Wartezeiten außerhalb der Kais
- p_i [Tag] = Kai-Liegezeit im Hafen i
- w_i [Tag] = Wartezeit außerhalb des Kais im Hafen i (z.B. infolge Tide, Verholen, An- und Ablegen, etc.)

Bei untereinander gleichen Häfen vereinfacht:

$$p' \text{ [Tag]} = (p + w) \cdot H$$

Verhältnis Hafentiege- zu Fahrzeit einer Rundreise (Port/Sea Time Ratio):

$$\Pi [-] = \frac{p'}{t} = 24 \cdot p' \cdot \frac{\bar{v}}{d}$$

Gesamtzeit pro Rundreise (Total Time):

$$T \text{ [Tag]} = t + p' = \frac{1 + \Pi}{24} \cdot \frac{d}{\bar{v}} = f(\Pi)$$

mit dem Grenzwert: $\lim_{\Pi \rightarrow 0} T = t = \frac{1}{24} \cdot \frac{d}{\bar{v}}$

Oder mit Glg.(5):

$$T \text{ [Tag]} = \frac{1 + 24 \cdot p' \cdot \frac{\bar{v}}{d}}{24} \cdot \frac{d}{\bar{v}} = \frac{d + 24 \cdot p' \cdot \bar{v}}{24 \cdot \bar{v}} = f(d)$$

mit dem Grenzwert: $\lim_{d \rightarrow 0} T = p'$

Oder mit Glg.(5):

$$T \text{ [Tag]} = \frac{1 + 24 \cdot p' \cdot \frac{\bar{v}}{d}}{24} \cdot \frac{d}{\bar{v}} = \frac{\frac{d}{\bar{v}} + 24 \cdot p'}{24} = f(\bar{v})$$

mit dem Grenzwert: $\lim_{\bar{v} \rightarrow \infty} T = p'$

oder umgekehrt:

$$\Pi [-] = 24 \cdot \frac{\bar{v}}{d} \cdot T - 1$$

Abfahrtsdichte (Departure Frequency):

$$F[\text{Tag}] = \frac{T}{N} \quad (7)$$

mit: N = Zahl der (gleichen) Schiffe der Routenflotte

Mit Glg. (6) folgt daraus:

$$\bar{v} [\text{kn}] = \frac{1 + \Pi}{24} \cdot \frac{d}{N \cdot F} = f(N \cdot F) \quad (7a)$$

Zahl der Rundreisen (Roundtrips) eines Schiffes pro Jahr:

$$R [-] = \frac{365 - mr}{T} = \frac{(365 - mr) \cdot 24}{1 + \Pi} \cdot \frac{\bar{v}}{d} = f(\Pi)$$

mit dem Grenzwert: $\lim_{\Pi \rightarrow 0} R = (365 - mr) \cdot 24 \cdot \frac{\bar{v}}{d}$

wobei: mr [Tag] = Jährliche Außer-Betrieb-Zeit des Schiffes für Wartung und Reparatur (Maintenance and Repair)

Oder mit Glg. (5):

$$R [-] = \frac{(365 - mr) \cdot 24 \cdot \frac{\bar{v}}{d}}{1 + 24 \cdot p' \cdot \frac{\bar{v}}{d}} = \frac{(365 - mr) \cdot 24 \cdot \bar{v}}{d + 24 \cdot p' \cdot \bar{v}} = f(d)$$

mit dem Grenzwert: $\lim_{d \rightarrow 0} R = \frac{365 - mr}{p'}$

Oder mit Glg. (5):

$$R [-] = \frac{(365 - mr) \cdot 24}{\frac{d}{\bar{v}} + 24 \cdot p'} = f(\bar{v})$$

mit dem Grenzwert: $\lim_{\bar{v} \rightarrow \infty} R = \frac{365 - mr}{p'}$

Auf der Route pro Jahr abgefahrene Ladung (PayLoad):

$$PL [\text{TEU}] = \sum_{i=1}^H PL_i = \sum_{j=1}^N C_j \cdot u_j \cdot R_j \quad (9)$$

Darin bedeuten:

PL_i [TEU] = Ladung (PayLoad) in TEU (bzw. in Tonnen, falls multipliziert mit dem Durchschnittsgewicht der Container), abgefahren pro Jahr von Hafen i

C_j [TEU] = Kapazität (Capacity) an geometrischen Stellplätzen in TEU (bzw. in Tonnen) des j-ten Schiffes der Routenflotte

- R_j [-] = Zahl der Rundreisen des j-ten Schiffes pro Jahr
- u_j [-] = mittlerer Auslastungsgrad (Utilization Factor) des j-ten Schiffes pro Jahr, bedingt etwa durch folgende Einflüsse:
- zeitweilig begrenztes Ladungsaufkommen;
 - begrenzte Stabilität des Schiffes (inkl. Ballastwasser - Nutzung);
 - begrenzter Tiefgang des Schiffes;
 - begrenzter Trimm oder Festigkeit (selten);
 - begrenzte Stellplätze für Spezialcontainer, z.B. Reefer oder IMDG.

Für den Fall untereinander gleicher Schiffe der Routenflotte und bei Annahme eines für alle Schiffe gleichen, mittleren Auslastungsgrades vereinfacht sich Gleichung (9) zu:

$$PL \text{ [TEU]} \stackrel{!}{=} u \cdot C \cdot N \cdot R \quad (9a)$$

Daraus erhält man mit Glg. (8):

$$C \text{ [TEU]} = \frac{PL}{u \cdot N \cdot R} = \frac{PL \cdot d \cdot (1 + \Pi)}{u \cdot N \cdot (365 - mr) \cdot 24 \cdot \bar{v}} \quad (10)$$

Durch Umformen erhält man die relative, d.h. auf das Ladungsaufkommen bezogene Kapazität der Routenflotte untereinander gleicher Schiffe, die zum Transport der Ladung PL pro Jahr erforderlich ist:

$$\frac{N \cdot C}{PL} [-] = \frac{1 + \Pi}{24 \cdot u \cdot (365 - mr)} \cdot \frac{d}{\bar{v}} = f(\Pi)$$

mit dem Grenzwert: $\lim_{\Pi \rightarrow 0} \frac{N \cdot C}{PL} = \frac{d}{24 \cdot u \cdot (365 - mr) \cdot \bar{v}}$

Oder mit Glg. (5):

$$\frac{N \cdot C}{PL} [-] = \frac{1 + 24 \cdot p' \cdot \frac{\bar{v}}{d}}{24 \cdot u \cdot (365 - mr)} \cdot \frac{d}{\bar{v}} = \frac{d + 24 \cdot p' \cdot \bar{v}}{24 \cdot u \cdot (365 - mr) \cdot \bar{v}} = f(d)$$

mit dem Grenzwert: $\lim_{d \rightarrow 0} \frac{N \cdot C}{PL} = \frac{p'}{u \cdot (365 - mr)}$

Oder mit Glg. (5):

$$\frac{N \cdot C}{PL} [-] = \frac{\frac{d}{\bar{v}} + 24 \cdot p'}{24 \cdot u \cdot (365 - mr)} = f(\bar{v})$$

mit dem Grenzwert: $\lim_{\bar{v} \rightarrow \infty} \frac{N \cdot C}{PL} = \frac{p'}{u \cdot (365 - mr)}$

Umgekehrt folgt aus Glg. (11a) für die erforderliche Geschwindigkeit jedes Schiffes der Routenflotte:

$$\bar{v} [kn] = \frac{1 + \Pi}{24 \cdot u \cdot (365 - mr)} \cdot \frac{d}{\frac{N \cdot C}{PL}} = f(\Pi)$$

mit dem Grenzwert: $\lim_{\Pi \rightarrow 0} \bar{v} = \frac{d}{24 \cdot u \cdot (365 - mr) \cdot \frac{N \cdot C}{PL}}$

Durch Kombination der Glg. (11a) mit Glg. (3) und Glg. (6) ergibt sich richtig, daß die relative Flottenkapazität letztlich nur von der Rundreisezeit T abhängt:

$$\frac{N \cdot C}{PL} [-] = \frac{(1 + \Pi) \cdot t}{u \cdot (365 - mr)} = \frac{T}{u \cdot (365 - mr)} \quad (12)$$

Aus Glg. (9a) folgt auch abhängig von der jährlichen Rundreisezahl R:

$$\frac{N \cdot C}{PL} [-] = \frac{1}{u \cdot R} \quad (12a)$$

oder umgekehrt:

$$R = \frac{PL}{u \cdot N \cdot C} \quad (12b)$$

d.h. die Zahl der jährlichen Rundreisen jedes Schiffes der Routenflotte ist gleich dem reziproken Wert der mit dem Auslastungsfaktor u beaufschlagten relativen Flottenkapazität, also gleich dem Verhältnis des jährlichen Ladungsaufkommens der Route zur effektiven Flottenkapazität.

Die einfache Abhängigkeit von der Abfahrtsdichte F ergibt sich aus Glg. (12) und Glg. (7):

$$\frac{N \cdot C}{PL} [-] = \frac{N \cdot F}{u \cdot (365 - mr)} \quad (13)$$

Mit der Annahme

$$u = 0,75 \quad \text{und} \quad mr = 15 \text{ Tage/Jahr}$$

vereinfachen sich obige Gleichungen wie folgt:

Glg. (8a): $R = \frac{8400}{1 + \Pi} \cdot \frac{\bar{v}}{d} \quad ; \quad \lim_{\Pi \rightarrow 0} R = \frac{8400 \cdot \bar{v}}{d}$

Glg. (11a): $\frac{N \cdot C}{PL} = \frac{1 + \Pi}{6300} \cdot \frac{d}{\bar{v}} \quad ; \quad \lim_{\Pi \rightarrow 0} \frac{N \cdot C}{PL} = \frac{d}{6300 \cdot \bar{v}}$

Glg. (13): $\frac{N \cdot C}{PL} = \frac{N \cdot F}{262,5}$

1.2 Grafische Darstellung der Funktionen

Interessant erscheint die Betrachtung folgender Funktionen, wobei sich, nach Glg. (12a), R und $\frac{N \cdot C}{PL}$ entsprechen:

$$T = f(\Pi) \quad (6a)$$

$$R = f(\Pi) \quad (8a) \quad \text{bzw.} \quad \frac{N \cdot C}{PL} = f(\Pi) \quad (11a)$$

$$R = f(d) \quad (8b) \quad \text{bzw.} \quad \frac{N \cdot C}{PL} = f(d) \quad (11b)$$

$$R = f(\bar{v}) \quad (8c) \quad \text{bzw.} \quad \frac{N \cdot C}{PL} = f(\bar{v}) \quad (11c)$$

$$\bar{v} = f(\Pi) \quad (11d) \quad \text{und} \quad \bar{v} = f(d) \quad (11d)$$

$$\bar{v} = f(N \cdot F) \quad (7a)$$

Um den gesamten, in der Praxis vorkommenden Bereich der Lang- und Kurzstreckenschiffe sinnvoll zu erfassen, werden im folgenden vier Varianten unter Annahme von jeweils typischen Werten von Fahrstrecke d, Geschwindigkeit \bar{v} und Hafenbedingungen Π behandelt:

Tabelle 1

Variante Nr. Schiffstyp	(1) Überseeschiff	(2) Großer Feeder	(3) Kleiner Feeder	(4) (Schnelle) Fähre
d[sm]	20 000	2 000	200	20
\bar{v} [kn]	25	20	15	10(20;30)
H[-]	8 (2)	6	4	2
(p+w)[Tag]	0,8 (1,0)	0,5	0,25	0,1

Mit diesen Annahmen errechnen sich für die Varianten folgende typische Werte:

Tabelle 2

Variante Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)
t [Tag]	33, 3333	4,1667	0,5556	0,08333 (0,04167; 0,02778)
p'[Tag]	6,4 (2,0)	3,0	1,0	0,2
Π [-]	0,1920 (0,060)	0,720	1,80	2,4 (4,8; 7,2)
T [Tag]	39,7333(35,3333)	7,1667	1,5556	0,28333 (0,24167; 0,22778)
R [-]	8,81 (9,91)	48,8	225	1235 (1448; 1537)
$\frac{N \cdot C}{PL}$ [-]	0,1514 (0,1346)	0,02730	0,005926	0,001079(0,0009206;0,0008677)

Ausgehend von diesen typischen Werten der Tabellen 1 und 2 werden die jeweiligen Variablen der o.g. Funktionen variiert, um Tendenzen zu erkennen und quantitativ zu vergleichen. Die Ergebnisse sind nachfolgend in Diagrammen mit logarithmischer Auftragung dargestellt:

Diagramm 1 : $T = f(\Pi)$; $R = f(\Pi)$

Nach Gleichungen (6a) und (8a):

$$T = (1 + \Pi) \cdot t \quad , \quad t \text{ nach Tab. 2}$$

$$R = \frac{350}{T}$$

Schiffe (1) mit langer Fahrzeit erleiden bei Verlängerung der Hafen- und Wartezeit um das 2,2-fache (H=8 statt H=2 Häfen) eine Verringerung der jährlichen Rundreisezahl um nur 11 %, während sich bei Schiffen (4) mit kurzer Fahrzeit bei 10 Knoten die Rundreisezahl bei gleicher Verlängerung der Hafen- und Wartezeit um 49 %, also um mehr als das vierfache, verringert; bei 20 Knoten sind es 57 %. Dies begründet deutlich die bekannte Forderung: "Schnelle Häfen für schnelle Schiffe (auf kurzen Strecken)", die bei den europäischen Bestrebungen "Road to Sea" eine so entscheidende Rolle spielt, besonders im Hinblick auf die Notwendigkeit, daß "Short Sea Shipping" trotz zusätzlicher Umschlagkosten in den Häfen wettbewerbsfähig gegenüber dem Landverkehr sein muß. Demgegenüber "lohnt" es sich (hier ja noch ohne Kosten betrachtet!) offensichtlich für große Überseeschiffe, in Europa und Übersee jeweils mehrere Häfen statt nur jeweils einen Hafen anzulaufen, zumal dann im Gesamtsystem jeweils

weniger Landverkehr zu erwarten ist (z.B. Container für Hamburg trotz langer Revierfahrt nicht über Rotterdam oder Bremerhaven).

$$\text{Diagramm 2 : } \frac{N \cdot C}{PL} = f(\Pi)$$

Nach Glg. (11a):

$$\frac{N \cdot C}{PL} = \frac{1 + \Pi}{6300} \cdot \frac{d}{\bar{v}}, \quad d \text{ und } \bar{v} \text{ nach Tab. 1}$$

Nach Glg. (12a) entsprechen sich Diagr. 1 und 2, so daß die Tendenzen gegensätzlich sind. Auch die Prozentangaben der Änderungen entsprechen sich in den beiden Diagrammen, wobei zu beachten ist, daß in Diagr. 1 stets auf den höheren R-Wert, in Diagr. 2 dagegen stets auf den niedrigeren $\frac{N \cdot C}{PL}$ -Wert bezogen wird.

Aus Diagr. 2 ist zu erkennen, daß die relative Flottenkapazität von Langstreckenschiffen (1) bereits sehr nahe am Grenzwert liegt, so daß sie sich durch Verringerung von Π kaum verkleinern läßt. Umgekehrt gesehen, vergrößert sich die erforderliche relative Flottenkapazität von Langstreckenschiffen infolge einer Verlängerung der Hafen- und Wartezeit um das 2,2-fache (H=8 statt H=2 Häfen) nur um 12,5 %; bei Kurzstreckenschiffen mit 10 Knoten dagegen um 94 %, also das 7,5-fache; und bei Schnellfähren mit 30 Knoten beträgt die Zunahme 152%, ist also mehr als 12 mal größer als bei Langstreckenschiffen.

Das Diagramm demonstriert deutlich die Tatsache, daß der Übergang von konventionellen Überseefrachtschiffen (etwa im Bereich der Typvariante (2)) auf die modernen, wesentlich größeren Übersee-Containerschiffe (1) nur durch drastische Verkürzung der Hafen- und Wartezeiten möglich war. Dabei wurde Π etwa auf ein Zehntel reduziert, weil die Umschlagsleistungen sich infolge Containerisierung seit etwa 1970 mehr als verzehnfacht haben. Im Kurzstreckenbereich, in dem die Schiffe auf Grund ihres hohen Π -Wertes weit über dem Grenzwert für $\frac{N \cdot C}{PL}$ operieren müssen, wird es dagegen sehr schwierig und aufwendig sein, die Hafen- und Wartezeiten vergleichbar zu reduzieren.

$$\text{Diagramm 3 : } R = f(d)$$

Nach Glg. (8b):

$$R = \frac{8400 \cdot \bar{v}}{d + 24 \cdot p' \cdot \bar{v}}, \quad \bar{v} \text{ und } p' \text{ nach Tab. 1 und 2}$$

Das Diagramm zeigt, daß die jährliche Rundreisezahl von Langstreckenschiffen (1) wesentlich empfindlicher auf eine hier angekommene Verdoppelung der Fahrtstrecke reagiert als die von Kurzstreckenschiffen (4). Die Ursache ist, daß Kurzstreckenschiffe relativ viel schneller fahren als Langstreckenschiffe. So verringert sich die Fahrtstrecke von Variante (1) zu Variante (4) um den Faktor 1000, die Geschwindigkeit jedoch nur um einen Faktor unter 2,5. Die Rundreisezeit verkürzt sich also nicht nur mit der kürzeren Distanz, sondern auch durch die relativ zur Fahrtstrecke weitaus höhere Geschwindigkeit. Dies zeigt sich besonders bei Erhöhung der Geschwindigkeit der Variante (4) in den Bereich von Schnellfähren (30 kn).

Nicht zu vergessen ist natürlich wieder, daß hier die Wirtschaftlichkeit im Schiffsentwurf nicht betrachtet wird; sonst würden sich der größere Brennstoffvorrat, der bei größerer Fahrtstrecke und/oder höherer Geschwindigkeit benötigt wird, sowie die höhere Maschinenleistung schnellerer Schiffe selbstverständlich auswirken.

Diagramm 4 : $\frac{N \cdot C}{PL} = f(d)$

Nach Glg. (11b):

$$\frac{N \cdot C}{PL} = \frac{d + 24 \cdot p' \cdot \bar{v}}{6300 \cdot \bar{v}} \quad , \quad \bar{v} \text{ und } p' \text{ nach Tab. 1 und 2}$$

Diagr. 4 entspricht nach Glg. (12a) dem Diagr. 3, dessen Tendenz sich hier umgekehrt, wie dies schon für die Diagramme 1 und 2 ausgeführt wurde. Die erforderliche relative Flottenkapazität nimmt also im gleichen Maße mit der Fahrtstrecke d zu, wie die mögliche Zahl der Rundreisen (Diagr. 3) abnimmt.

Diagramm 5 : $R = f(\bar{v})$

Nach Glg. (8c):

$$R = \frac{8400}{\frac{d}{\bar{v}} + 24 \cdot p'} \quad , \quad d \text{ und } p' \text{ nach Tab. 1 und 2}$$

Das Diagramm läßt erkennen, daß sich eine Änderung der Schiffsgeschwindigkeit (hier als Beispiel um den relativ großen Betrag von ± 5 kn) bei Langstreckenschiffen (1) stärker auf die erreichte jährliche Rundreisenzahl auswirkt als bei Kurzstreckenschiffen (4); dabei bewirkt eine Geschwindigkeitsverringerung im allgemeinen eine etwas größere Einbuße an Rundreisen, als man umgekehrt Rundreisen gewinnt, wenn man die Schiffsgeschwindigkeit um den gleichen

Betrag erhöht. Bei Langstreckenschiffen mit 25 Knoten bewirkt eine um 0,2 kn = 0,8 % geringere Geschwindigkeit eine um 0,7 % geringere Rundreisezahl pro Jahr, was etwa einem jährlichen Verlust von 2,5 Tagen an Fahrzeit entspricht. Da die Tageskosten großer Containerschiffe in der Größenordnung von DM 100.000,- liegen, leitet sich daraus die ungefähre Höhe von Konventionalstrafen in Neubauverträgen ab, wobei die Mindereinnahmen noch nicht berücksichtigt sind.

Die Ursache für das in Diagramm 5 gezeigte Verhalten ist das Hafen-/Fahrzeit-Verhältnis Π , das bekanntlich für Kurzstreckenschiffe wesentlich höhere Werte annimmt, so daß dieser Schiffstyp bereits nahe an seinem Rundreisengrenzwert operiert. Dadurch läßt sich entspr. Diagramm 5 eine Erhöhung von R um z.B. 24,5 % nur gewinnen, wenn man die Schiffsgeschwindigkeit um enorme 20 kn auf 30 kn erhöht. Mehr als das Doppelte an Rundreisen (55%) läßt sich dagegen bei $\bar{v} = 10$ kn gewinnen, wenn es gelingt, die Hafen- und Wartezeit p' von 0,2 Tagen auf 0,1 Tage zu halbieren und dadurch den Grenzwert von R zu verdoppeln (bei $\bar{v} = 20$ kn sind es dann sogar 71 % mehr Rundreisen). Dies zeigt erneut eindrucksvoll, daß es bei Kurzstreckenschiffen weit mehr auf schnellstmögliche Abfertigung, schnelle Anlegemanöver und Vermeiden jeglicher Wartezeiten ankommt als auf eine höhere Schiffsgeschwindigkeit (die zudem höhere Investitions- und Betriebskosten bedeutet).

Demgegenüber bewirkt eine Verlängerung der Hafen- und Wartezeit p' um das 2,2-fache (H=8 statt H=2 Häfen) bei Langstreckenschiffen nur 11 % weniger Rundreisen, wie schon für Diagramm 1 besprochen.

$$\text{Diagramm 6 : } \frac{N \cdot C}{PL} = f(\bar{v})$$

Nach Glg. (11c):

$$\frac{N \cdot C}{PL} = \frac{d}{\bar{v}} + 24 \cdot p' \quad , \quad d \text{ und } p' \text{ nach Tab. 1 und 2}$$

Die Ergebnisse von Diagramm 6 entsprechen nach Glg. (12a) denen von Diagramm 5: die erforderliche relative Flottenkapazität nimmt mit zunehmender Geschwindigkeit im gleichen Maße ab, wie die mögliche Zahl der Rundreisen (Diagr. 5) zunimmt.

Diagramm 7 : $\bar{v} = f(\Pi)$

Nach Glg. (11d):

$$\bar{v} = \frac{1 + \Pi}{6300} \cdot \frac{d}{\frac{N \cdot C}{PL}}, \quad d \quad \text{und} \quad \frac{N \cdot C}{PC} \quad \text{nach Tab. 1 und 2}$$

Langstreckenschiffe (1) fahren auf Grund ihres geringen Hafen-/Fahrzeitverhältnisses Π mit Geschwindigkeiten, die nahe an der Grenzgeschwindigkeit liegen. Infolgedessen sind die möglichen Verringerungen der Geschwindigkeit bei jeweiliger Halbierung des Π -Wertes bei Langstreckenschiffen wesentlich geringer als bei Kurzstreckenschiffen (4).

Noch deutlicher wird dies, wenn man die Geschwindigkeitsverringerungen in Einsparungen an Antriebsleistung der Schiffe nach dem sog. 3. Potenz-Gesetz umrechnet. Bei der hier angenommenen Verkürzung der Hafen- und Wartezeit jeweils auf die Hälfte ergeben sich folgende Leistungseinsparungen der Schiffe (bei gleicher Transportleistung pro Jahr):

Tabelle 3

Variante	(1)	(2)	(3)	(4)
\bar{v} [kn]	25	20	15	10 (30)
$\Delta\bar{v}$ [kn]	0,71 (2,02)	4,19	4,82	3,53 (13,17)
$\frac{\Delta\bar{v}}{\bar{v}}$ [%]	2,8 (8,1)	21	32	35 (44)
$\frac{\Delta P}{P} = 1 - \left(\frac{\bar{v} - \Delta\bar{v}}{\bar{v}}\right)^3$ [%]	8,3 (22,3)	50,6	68,7	72,9 (82,3)

Diese (theoretischen) Leistungseinsparungen wirken sich auf die Investitions- und Betriebskosten der Schiffe und damit auf ihre Wirtschaftlichkeit aus. Sie haben freilich zur Voraussetzung, daß sich die Hafen- und Wartezeiten auf die Hälfte verringern lassen, was besonders bei den (absolut schon geringen) Hafenzeiten von Kurzstreckenfahrten schwierig sein dürfte, zumal aktuelle Schiffsunglücksfälle mit RoRo-Fähren deren umschlagsgünstige Konzeption aus Gründen der Sicherheit immer mehr in Frage stellen könnten.

Dennoch zeigen diese Vergleiche unter anderem auch, daß die hohen Geschwindigkeiten moderner Schnellfähren angesichts ihrer relativ großen Hafen- und Wartezeiten (Π -Werte von 2 bis 7) eigentlich ein Luxus sind, der sich nur dank der Nachfrage rechnet.

Diagramm 8 : $\bar{v} = f(d)$

Nach Glg. (11d):

$$\bar{v} = \frac{1 + \Pi}{6300} \cdot \frac{d}{\frac{N \cdot C}{PL}} \quad , \quad \Pi \text{ und } \frac{N \cdot C}{PL} \text{ nach Tab. 2}$$

Wie zu erwarten, ist die erforderliche Schiffsgeschwindigkeit in einer Routenflotte für alle Schiffsvarianten proportional der Fahrtstrecke. Man erkennt außerdem deutlich, daß auf kurzen Fahrtstrecken die Schiffsgeschwindigkeit natürlich stets wesentlich höher (Faktor etwa 400) gewählt wird, als es bei konstanter Fahrzeit der kleineren Strecke proportional entsprechen würde: 10 kn auf 20 sm $\left(= \frac{20000}{1000} \right)$ statt $\frac{25}{1000} = 0,025$ kn, vgl. Erläuterungen zu Diagr. 3 und die Fahrzeiten t in Tab. 2.

Diagramm 9 : $\bar{v} = f(N \cdot F)$

Nach Glg. (7a):

$$\bar{v} = \frac{1 + \Pi}{24} \cdot \frac{d}{N \cdot F} \quad , \quad \Pi \text{ nach Tab. 2}$$

Um etwa realistische Werte zu erhalten, werden die Fahrtstrecken d der Varianten für dieses Diagramm etwas geändert:

$$\text{Variante (1) : } d = 20\,000 \text{ sm} \quad , \quad N = 6$$

$$\text{Variante (2) : } d = 8\,000 \text{ sm} \quad , \quad N = 4$$

$$\text{Variante (3) : } d = 2\,000 \text{ sm} \quad , \quad N = 3$$

$$\text{Variante (4) : } d = 750 \text{ sm} \quad , \quad N = 2$$

Das Diagramm macht deutlich, daß die Abfahrtsdichte ($N \cdot F$) bei Langstreckenschiffen (1) wesentlich weniger von der Schiffsgeschwindigkeit abhängt als bei Kurzstreckenschiffen (4). Bei letzteren bewirkt eine bestimmte Geschwindigkeitserhöhung daher eine sehr viel geringere Erhöhung der Abfahrtsdichte (kleineres $N \cdot F$) als bei Langstreckenschiffen. Die Ursache ist wieder das bei Kurzstreckenschiffen wesentlich größere Hafen-/Fahrzeit-Verhältnis Π . Man wird daher im Kurzstreckenbereich im allgemeinen eine Erhöhung der Abfahrtsdichte (d.h. kleineres F) eher durch eine Erhöhung der Schiffszahl N einer Flotte erreichen als durch eine Erhöhung der Geschwindigkeit \bar{v} ; bei Langstrecken ist es umgekehrt.

Hinzu kommt, daß zahlreiche kleine (möglichst kostengünstig, z.B. serienmäßig nach modularen Prinzipien gebaute) Schiffe eine größere Flexibilität im Fahrplan gewährleisten als wenige große Schiffe; außerdem ist die Umschlagszeit kleiner Schiffe geringer, so daß sie - neben der größeren Zahl N - auch aus diesem Grund bei gegebener Rundreisezeit langsamer fahren können.

Diagramm 10 : Beispiel für Containerschiffsflotten

Während die Diagramme 1 bis 9 die analytischen Zusammenhänge für Containerschiffsflotten auf langen bis kurzen Strecken wiedergeben, stellt Diagramm 10 für ein angenommenes Beispiel den Ausgangspunkt für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen dar, die mit dem Ziel der optimalen Lösung für die möglichen Containerschiffsflotten durchzuführen sind.

Als Beispiel ist Variante (4) aus Diagramm 9 gewählt, wobei allerdings die Hafenbedingungen (dort wegen der Systematik: $H = 2$; $p' = 0,2$ Tage) an die Realität besser angepaßt werden:

$$\begin{array}{rcl}
 PL & = & 100.000 \frac{TEU}{Jahr} \\
 d & = & 750 \text{ sm} \\
 p + w & = & 10 \text{ Std.} = 0,42 \text{ Tage} \\
 H & = & 5 \quad \left| \quad H = 2 \right. \\
 p' & = & 2,08 \text{ Tage} \quad \left| \quad p' = 0,83 \text{ Tage} \right.
 \end{array}$$

Aus Glg. (11c) ergeben sich mit diesen Daten und mit $u = 0,75$ und $mr = 15$ Tage/Jahr die Gleichungen:

$$C[TEU] = \frac{\frac{d}{v} + 24 \cdot p'}{24 \cdot u \cdot (365 - mr)} \cdot \frac{PL}{N} = \frac{\frac{750}{v} + 50}{6300} \cdot \frac{10^5}{N} \quad (H = 5)$$

bzw.

$$C[TEU] = \frac{\frac{750}{v} + 20}{6300} \cdot \frac{10^5}{N} \quad (H = 2) \quad ,$$

die in Diagramm 10 dargestellt sind, ähnlich wie in Diagramm 6 in allgemeiner Form.

Die im Diagramm 10 eingezeichneten, für die jährliche Ladungsmenge erforderlichen Kapazitäten bei jeweiliger Abfahrtsdichte F ergeben sich wie folgt:

$$C[TEU] = \frac{PL}{u \cdot (365 - mr)} \cdot F = \frac{10^5}{262,5} \cdot F$$

Die von den Schiffen tatsächlich erreichten Abfahrtsdichten F können je nach Geschwindigkeit zwischen diesen Linien interpoliert werden.

Diagramm 10 zeigt folgende Tendenzen auf:

- Die für jedes Schiff der Flotte erforderliche, absolute Containerkapazität C nimmt mit steigender Schiffsgeschwindigkeit um so stärker ab, je kleiner die Schiffszahl N der Flotte ist; bei großen Schiffszahlen ist die Kapazität nahezu unabhängig von der Schiffsgeschwindigkeit.
- Werden statt 5 nur 2 Häfen angelaufen (Fährbetrieb), so läßt sich die erforderliche Kapazität C um so stärker reduzieren, je kleiner die Schiffszahl N ist; prozentual wird diese Reduktion jeweils im oberen Geschwindigkeitsbereich besonders groß, weil die Liege- und Wartezeiten in jedem Hafen hier als konstant angenommen worden sind und sich bei höherer Geschwindigkeit stärker auswirken. Alternativ kann bei gleicher Kapazität die Schiffsgeschwindigkeit entsprechend gesenkt werden, falls nur 2 Häfen bedient werden.

Das Diagramm ermöglicht eine übersichtliche Eingrenzung der Flottenalternativen, die zwecks Optimierung nach auszuwählenden Kriterien auf ihre Wirtschaftlichkeit hin untersucht werden sollen. Als Beispiel sind hier folgende Grenzen angenommen:

- Schiffsgeschwindigkeit zwischen 10 und 36 kn, letztere für unkonventionelle Lösungen;
- Abfahrtsdichte zwischen 0,5 und 2 Tagen (hängt natürlich auch von den Vorstellungen der Verlager ab);
- Schiffszahl zwischen 2 und 8 (bzw. 6, falls nur 2 Häfen zu bedienen sind).

2. Entwurfsbedingte Umschlagszeiten im Vergleich

Unter der entwurfsbedingten (nominellen) Umschlagszeit ist die ideale ("Netto"-) Umschlagszeit der Container verschiedener Schiffsentwürfe zu verstehen, die also (soweit bei Zeitmessungen möglich) keine terminalbedingten Zusatzzeiten enthält. Sie wird seitens des Schiffsentwurfs vorwiegend durch Parameter beeinflusst wie etwa

- Breite und Seitenhöhe des Schiffes; Containerraster,
- Verhältnis Raum- zu Deckscontainer-Zahl,
- Einweisersysteme,
- Lukendeckelzahl und -anordnung; Laschbrücken,
- Containergröße; Import/Export.

Demgegenüber enthält die tatsächliche, terminalbedingte (effektive) Umschlagszeit ("Brutto") der Container auch alle terminalseitigen Stör-, Warte- und Checkzeiten und ist für die Liegezeit eines Schiffes am Terminal bestimmend. Sie beträgt erfahrungsgemäß im Mittel etwa das 1,5- bis 1,7-fache der entwurfsbedingten, idealen (nominellen) Umschlagszeit.

Zwecks Vergleich verschiedener Containerschiffsentwürfe hinsichtlich ihrer nominellen Umschlagszeiten wurden 1992 Zeitmessungen im Hamburger Hafen an insgesamt 1170 Containern (751 à 20', 419 à 40') durchgeführt, bei denen der gesamte Spreaderzyklus jeweils in 5 bis 7 einzeln gemessene Teilzeiten unterteilt wurde. Die Messungen, ihre Auswertung und Ergebnisse sind ausführlich beschrieben im Bericht Nr. 530 des Instituts für Schiffbau der Universität Hamburg.

Die Berechnung der (nominellen) Umschlagszeit auf der Basis der Zeitmessungen für Laden bzw. Löschen kann für die Raumcontainer einer beliebigen Bay nach folgender Formel erfolgen:

$$T_H \text{ [sec]} = \sum_{j=1}^{N_{D_{\max}}} [N_{B_{\max_j}} \cdot (a - d \cdot j) + b \cdot \sum_{i=1}^{N_{B_{\max_j}}} i] \quad (14)$$

Darin bedeuten:

T_H [sec] = Umschlagszeit für 1 Bay im Laderaum (**H**old)

$N_{D_{\max}}$ [-] = maximale Lagenzahl einer Bay (vertikal)

- $N_{B_{\max}}$ [-] = maximale Reihenzahl der j-ten Lage einer Bay (horizontal quer)
 i [-] = Zähler für die Containerreihen, beginnend mit 1 für die dem Kai zugewandte, erste Containerreihe im Laderaum einer Bay im Mittschiffsbereich
 j [-] = Zähler für die Containerlagen, beginnend mit 1 für die unterste Lage auf dem Innenboden des Laderaumes einer Bay im Mittschiffsbereich
 a, b, d = Konstanten, gewonnen aus Zeitmessungen

Es wird also erst über alle Reihen i der j -ten Lage und dann über alle Lagen j einer Bay im Laderaum summiert.

Im Mittschiffsbereich haben alle Lagen gleich viele Reihen nebeneinander, d.h. dort ist $N_{B_{\max_j}} = N_{B_{\max}} = \text{const}$, so daß sich obige Formel etwas vereinfacht (ohne Berücksichtigung des fehlenden Kimm-Containers):

$$T_H[\text{sec}] = a \cdot N_{B_{\max}} \cdot N_{D_{\max}} + b \cdot N_{D_{\max}} \cdot \sum_{i=1}^{N_{B_{\max}}} i - d \cdot N_{B_{\max}} \cdot \sum_{j=1}^{N_{D_{\max}}} j \quad (14a)$$

Die (nominelle) Umschlagszeit für die Deckscontainer einer Bay ergibt sich aus folgender Formel:

$$T_D[\text{sec}] = a \cdot N_{B_{\max}} \cdot N_{D_{\max}} + b \cdot N_{D_{\max}} \cdot \sum_{i=1}^{N_{B_{\max}}} i \quad (15)$$

Darin sind alle Größen sinngemäß für den Decksbereich zu definieren, wie zuvor für den Laderaum.

Die Umschlagszeit aller Container einer Bay ist:

$$T_B[\text{sec}] = T_H + T_D \quad (16)$$

Zusätzlich sind folgende Pauschalzeiten gemäß Messungen zu berücksichtigen:

- pro Lukendeckel (Cover) einer Bay : $T_C = 180 \text{ sec}$
 - Laschkorbbeinsatz (Lashing) pro Lage Deck-
Container über der 1. Decks Lage einer Bay : $T_L = 120 \text{ sec}$
- (17)

Die aus den Zeitmessungen gewonnenen Weg-Zeit-Gleichungen sind vom Typ

$$T_H[\text{sec}] = a + b \cdot N_B - d \cdot N_D \text{ (Raum) \quad und}$$

$$T_D[\text{sec}] = a + b \cdot N_B \quad \text{(Deck).}$$

Die Konstanten a, b und d sind für die hier verglichenen Fälle in Tabelle 4 zusammengestellt (aus IfS-Bericht Nr. 530). Verglichen werden für die Fälle 20' Import und Export sowie 40' Import und Export die folgenden Schiffstypen:

Schiff 1: Panmax; ca. 3570 TEU; keine Luken (Open-Top); Containerraster 11 x 9 (13 x 4 über Hauptdeck); Einweiser quer: höhenversetzt, ohne Trichter.

Schiff 2: Panmax; ca. 4400 TEU; Dreifachluken mit Deckeln; Containerraster 11 x 8 (13 x 5/4 an Deck); 48,2 % Deckscontainer; Einweiser quer: höhenversetzt, enge Trichter; halbautomatische Twistlocks; Laschbrücken.

Schiff 3: Panmax; älteres Baujahr 1981, ca. 3430 TEU; Doppelluken mit Deckeln; Containerraster 10 x 9 (13 x 4 an Deck); 43,4 % Deckscontainer; Einweiser quer: nicht höhenversetzt, weite Trichter; normale Twistlocks; keine Laschbrücken.

Schiff 4: Post-Panmax; ca. 4420 TEU; Dreifachluken mit Deckeln; Containerraster 12 x 8 (15 x 4/5 an Deck); 53,6 % Deckscontainer; Einweiser quer: höhenversetzt, enge Trichter; normale Twistlocks; Laschbrücken.

Tabelle 4

Containergröße	20' (Diagr. 11)					
	Import			Export		
Fall	a	b	d	a	b	d
Konstante	a	b	d	a	b	d
Schiff 1	107,9	2,19	3,87	113,7	1,47	1,99
Schiff 2 (Raum)	85,4*)	3,40*)	5,44*)	78,6	1,84	2,00
Schiff 2 (Deck)	-	-	-	66,2	1,74	-
Schiff 3 (Raum)	74,8	2,52	4,10	75,7	1,36	2,19
Schiff 3 (Deck)	-	-	-	-	-	-
Schiff 4 (Raum)	94,3	2,36	3,32	115,6	2,15	2,42
Schiff 4 (Deck)	-	-	-	-	-	-

*) 2 x 20' in 40'-Zelle

Containergröße	40' (Diagr. 12)					
Fall	Import			Export		
Konstante	a	b	d	a	b	d
Schiff 1	103,7	2,40	3,94	131,6	1,92	2,84
Schiff 2 (Raum)	75,3	2,27	3,61	83,7	1,84	2,46
Schiff 2 (Deck)	73,9	2,27	-	-	-	-
Schiff 3 (Raum)	74,0	2,52	3,75	82,0	1,81	2,54
Schiff 3 (Deck)	44,0	2,52	-	51,8	1,73	-
Schiff 4 (Raum)	108,2*)	2,68*)	4,44*)	118,5	2,56	2,19
Schiff 4 (Deck)	50,6*)	2,70*)	-	-	-	-

*) Mischung 20'/40'

Für die angegebenen Schiffe und Fälle werden jeweils für eine Bay im Mittschiffsbereich lagenweise die kumulativen Umschlagszeiten der Container berechnet und in den Diagrammen 11 und 12 über der Lagenzahl N_D aufgetragen. Hierfür ergeben sich nach Glg. (14a) und (15) folgende Beziehungen (a, b, d nach Tab.4):

$$\text{Schiff 1 : } T_H = 11 \cdot a + 77 \cdot b - 11 \cdot d \cdot N_D$$

$$\text{Schiff 2 : } T_H = 11 \cdot a + 77 \cdot b - 11 \cdot d \cdot N_D$$

$$T_D = 13 \cdot a + 91 \cdot b$$

$$\text{Schiff 3 : } T_H = 10 \cdot a + 70 \cdot b - 10 \cdot d \cdot N_D$$

$$T_D = 13 \cdot a + 91 \cdot b$$

$$\text{Schiff 4 : } T_H = 12 \cdot a + 96 \cdot b - 12 \cdot d \cdot N_D$$

$$T_D = 15 \cdot a + 120 \cdot b$$

Dabei sind die Gesamtcontainerzahlen einer Bay der einzelnen Schiffe fast gleich: 125 Cont. (Schiff 1); 127 Cont. (Schiff 2); 129 Cont. (Schiff 3); 126 Cont. (Schiff 4).

Aus Diagr. 11 und 12 sind etwa folgende Erkenntnisse zu ziehen:

- Die nominellen, entwurfsbedingten Containerumschlagszeiten (also weitestgehend ohne terminalbedingte Einflüsse) weisen für die verschiedenen Schiffstypen und Einweisersysteme sehr große Unterschiede auf (maximal bis zu etwa 100 %, bezogen auf den kleine-

ren Wert); diese Unterschiede sind erwartungsgemäß wegen des schwierigen Zentrierungsvorganges bei 40'-Containern und Export größer als bei 20'-Containern und Import.

- Die "Reihenfolge" der Schiffe ist in allen Fällen die gleiche, wenn auch quantitativ verschieden: die kürzesten Umschlagszeiten weist das ältere Schiff 3 mit 10 Containerreihen im Laderaum auf; es folgt das moderne Panmax-Schiff 2 mit 11 Containerreihen und demgemäß engeren Einweiser sowie mit halbautomatischen Twistlocks; deutlich darüber liegt das Open-Top-Schiff 1, bei dem alle Container sehr hoch gehievt werden müssen; die höchsten Umschlagszeiten zeigt das Post-Panmax-Schiff 4, wenn auch nur relativ wenig höher als Schiff 1.
- Einfluß der Vertikalbewegung: Im Laderaumbereich sind die gezeigten Kurven leicht "nach oben durchgebogen", d.h. der Zuwachs (Gradient) der kumulativen Umschlagszeiten wird mit zunehmender Lagenzahl N_D kleiner, weil der vertikale Weg der Container abnimmt. Im Decksbereich konnte dieser vertikale Weg nur implizit erfaßt werden; dort weisen daher die Kurven eine etwas größere Steigung auf, auch weil im Decksbereich die Zahl der Containerreihen (N_B in horizontaler Richtung) jeweils größer ist als im Laderaum.
- Unterschied 20' und 40'-Container: Der Export von 40'-Containern erfordert durchweg mehr Zeit (etwa 4 bis 16 %) als der Export von 20'-Containern; am größten ist dieser Unterschied beim Open-Top-Schiff (16 %, bezogen auf 20'). Ursache: zeitaufwendiges Zentrieren des beladenen 40'-Spreaders in die Einweiser. Beim Import (Zentrieren des leeren 40'-Spreaders in die Einweiser) ist dieser Unterschied zwischen 40' und 20'-Containern wesentlich geringer, z.T. auch mit umgekehrter Tendenz.
- Unterschied Import und Export: Sowohl bei 20' als auch bei 40'-Containern wird für Export mehr Zeit benötigt als für Import, im wesentlichen weil der beladene Spreader schwieriger zu zentrieren ist als der leere. Die Zeitunterschiede liegen zwischen etwa 6 und 12 % bei 20'-Containern und etwa 15 bis 30 % bei 40'-Containern, jeweils bezogen auf die kleineren Werte.
- Unterschied Schiff mit und ohne Lukendeckel: Am besten in dieser Hinsicht zu vergleichen sind die Schiffe 1 und 2, weil beide Panmax-Schiffe mit 11 Containerreihen im Laderaum sind. Bezogen auf Schiff 2, liegen die Umschlagszeiten von Schiff 1 um etwa 35 bis 55 % über denen von Schiff 2, solange es sich um Raumcontainer handelt. Bei

Deckscontainern dagegen schwächt sich dieser Nachteil von großen Open-Top-Schiffen deutlich ab bzw. kehrt sich u.U. sogar um, weil dort das punktgenaue, zeitaufwendige Aufsetzen des leeren bzw. beladenen Spreaders (Import bzw. Export) im Decksbereich ohne Führungsschienen entfällt und weil bei Schiff 2 die Zeiten für das Bewegen der Lukendeckel (HC = Hatch Cover) und des Laschkorbes (LB = Lashing Basket) noch hinzugerechnet werden müssen (gestrichelt in Diagr. 11 und 12).

Von großem Interesse ist zweifellos die Abwägung der Vor- und Nachteile großer Open-Top-Schiffe 1 gegenüber vergleichbaren Schiffen 2 mit Lukendeckeln. Zu dem letztgenannten Nachteil längerer Umschlagszeiten insbesondere für Raumcontainer treten bekanntlich etwa folgende weitere Nachteile für lukendeckellose Schiffe hinzu:

- Geringere Flexibilität bezüglich Containergrößen; insbesondere können auch nicht 2 x 20'-Container mit nur einseitiger Führung in 40'-Schienen gefahren werden, weil die Struktur des Schiffes das manuelle Einlegen der dann erforderlichen Twistlocks nicht erlaubt. Abhilfe eventuell mit umsetzbaren Staugerüsten.
- Begrenzte Belastbarkeit der Containerecksäulen (i.a. max. 9 voll beladene Container übereinander). Abhilfe: hydraulisch betätigte Zwischenlager oder Stauplanung nach max. Stackgewichten.
- Soweit bekannt, höheres Leerschiffsgewicht (entspr. Baukosten ?), da wegen größerer Seitenhöhe des Schiffes mehr umbauter Raum, außerdem wesentlich höhere Staugerüste (13 Lagen).
- Größere Vermessung, da aus Sicherheit gegen Wassereinbruch die Seitenhöhe größer gewählt werden muß (Modellversuche).
- Sicherheitsfragen: hohe installierte Pumpenkapazität für die Laderäume (Regenwasser); IMDG-Container-Stauung; Feuerlöschsysteme.

Auf der anderen Seite bieten Open-Top-Schiffe eine Reihe von unter Umständen entscheidenden Vorteilen:

- Grundsätzlich eine konsequente Fortsetzung der durch die Containerisierung ermöglichten Mechanisierung des Umschlags. Das bedeutet im einzelnen:
 - Wegfall aller manuellen Lascharbeiten, dadurch geringere Betriebskosten und Wegfall der Gefährdung des Laschpersonals;

- Wegfall des (Korrosions- und verschleißintensiven) Laschmaterials mit seinen vielen Einzelteilen, dadurch Senkung der Investitions- und Betriebskosten;
- Wegfall der Lukendeckel, die grundsätzlich folgende Nachteile haben: hohes Gewicht (große Schiffe: etwa 50 Lukendeckel à 20 bis 30 Tonnen) in hoher Lage, dadurch Beeinträchtigung der Stabilität; Investitionskosten; Betriebskosten für Kranbewegungen; Platzbedarf beim Ablegen auf dem Kai.
- Schutz der Container vor Beschädigung und Verlust bei schwerem Wetter.
- Im allg. geringere (zumindest nicht größere) Umschlagszeiten für Container über dem Hauptdeck als für Deck-Container von Lukendeckelschiffen. Bei Einbeziehung der erforderlichen Zeiten für Lukendeckelbewegungen und Laschkorbeinsätze bei Lukendeckelschiffen erhöht sich dieser Vorteil der Open-Top-Schiffe noch beträchtlich.
- Größere Dispositionsflexibilität für die Container (max. 1 Stapel = 13 Cont.), dadurch optimales Planning mit deutlich weniger Umstaubewegungen möglich, d.h. geringere Betriebskosten.
- Schutz der Container vor Nässe im Fall einer leichten Abdeckung (Norasia-Schiffe).

Insgesamt dürften sich bei großen Containerschiffen die Vor- und Nachteile von Open-Top-Schiffen etwa die Waage halten, so daß im wesentlichen die "Philosophie" des Reeders den Ausschlag geben wird. Bei kleinen (Feeder-) Schiffen mit ihrem relativ hohen Hafen-/Fahrzeit-Verhältnis werden die Vorteile dagegen eher überwiegen, weil die Umschlagszeiten und -Kosten von entscheidendem Einfluß sind.

3. Entwicklungstendenzen der Containerschiffe

Ausgangspunkt der Betrachtungen ist Diagramm 13a + b, in dem für die Ablieferungsjahre 1986 bis 1996 die weltweiten Neubauten von Containerschiffen nach Kapazität (Tragfähigkeit und Stellplätze) und Hauptabmessungen (L, B, D, T) aufgetragen sind. Quelle für diese Auftragungen waren die entspr. Jahrgänge der Fachzeitschrift "Hansa", in der regelmäßig Neubaulisten veröffentlicht werden, die vom Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik (ISL) in Bremen jeweils zum 10. eines Monats zusammengestellt werden.

Als teilweise Einschränkung muß zu diesen Neubaulisten folgendes festgestellt werden:

- Zwar sind für alle aufgeführten Neubauten stets die Werte für die Tragfähigkeit (die als

Kapazitätsmaß bei Containerschiffen allerdings nur mit einer gewissen Einschränkung aussagefähig ist) angegeben, jedoch nicht immer die Stellplatzzahl und mit noch größeren Lücken die Hauptabmessungen, so daß die Zahl der Neubauten in den einzelnen Aufträgen nicht übereinstimmen kann.

- Sehr viele kleinere und kleine Schiffe erscheinen in den Listen als "Cargo Vessel" ohne Angabe, ob und wie weit sie geeignet für Container sind. Diese Schiffe wurden daher nicht in Diagramm 13 berücksichtigt, obwohl zu vermuten ist, daß dadurch die Zahl der kleineren Containerschiffe (etwa 1.000 bis 20.000 tdw) in Wirklichkeit insgesamt etwa doppelt so groß sein dürfte, als in Diagramm 13 angegeben ist.

Trotz dieser Einschränkungen können aus Diagramm 13 folgende Tendenzen abgeleitet werden:

a) Lukenlose (Open-Top) Containerschiffe wurden wie folgt abgeliefert:

- 1992: 5 Schiffe à ca. 47.000 tdw/3570 TEU von IHI und MHI, Japan, an Nedlloyd, Niederlande;
- 1990+92: je 1 Schiff ("Bell Pioneer" und "Europower") à ca. 5100 tdw/300 TEU und 5340 tdw/333 TEU von Teraoka, Japan, an Eurocontainer Shipping, Irland (Bell-Line);
- 1994: 4 Schiffe à ca. 8000 tdw/500 TEU von Verolme, Niederlande, an Eurocontainer Shipping, Irland (Bell-Line);
- 1993: 2 Schiffe ("European Express") à ca. 20.000 tdw/1640 TEU von Verolme, Niederlande, an Oost Atlantic Lijn B.V. (Joon Shipping), Niederlande;
- 1994: 2 Schiffe à ca. 13.000 tdw/750 TEU von Ulstein, Norwegen, an Spliethoffs Befrachtungs-Kantoor, Niederlande;
- 1993-96: 6 Schiffe à 41.570 tdw/2780 TEU von HDW, Kiel, an Norasia, Schweiz;
- 1994: 2 Schiffe à 4400 TEU (Post-Panmax) von MHI, Japan, an Nedlloyd, Niederlande.

Es scheint sich also die weiter oben in Abschnitt 2. geäußerte Schlußfolgerung zu bestätigen, daß lukenlose Containerschiffe besonders im Bereich der Feederschiffsgrößen mit ihrem relativ hohen Hafen-/Fahrtzeit-Verhältnis von Vorteil sind, aber auch von einzelnen Reedereien als Großschiffe bevorzugt werden.

b) Post-Panmax-Schiffe mit einer Breite von mehr als 32,2 m kamen zuerst 1988 (5 Schiffe von HDW und Bremer Vulkan, BRD, für American President Lines, USA) und dann seit 1991 in wachsenden Stückzahlen von koreanischen und japanischen Werften zur Ablieferung: 2 in 1991, 5 in 1992, 2 in 1993, 5 in 1994, 18 in 1995, bisher 17 in 1996, bisher 2 in 1997, insgesamt bisher seit 1988 also mindestens 56 Einheiten. Dabei werden seit 1995 auch Breiten von 40 m und mehr gewählt, d.h. 16 bis 17 Containerreihen an Deck, die nur von wenigen Häfen voll bedient werden können.

Der Vorteil der großen Breite liegt in der großen Steigerung der Stellplatzkapazität ohne wesentliche Erhöhung von Länge (Baukosten, Liegeplätze) und Tiefgang (Häfen, Reviere), zumal auch bei voller Beladung kaum bzw. kein Ballastwasser zur Einhaltung der Mindeststabilität erforderlich ist. Da mit der Schiffsbreite nicht nur die Anfangsstabilität, sondern auch das Breitenträgheitsmoment wächst, kann die Rollzeit und damit die entspr. Beschleunigung der Deckscontainer durch geeignetes Stau-Planning in akzeptablen Grenzen gehalten werden. Ähnliches gilt auch für das größere, hydrodynamisch prinzipiell nachteilige B/T-Verhältnis dieser Schiffe, dessen Auswirkung man durch die Entwicklung geeigneter Linienentwürfe mildern kann.

Dagegen wird durch die Breite die Torsionsbeanspruchung des Schiffskörpers in schräg einkommendem Seegang stark erhöht, so daß das Stahlgewicht (Baukosten) pro Container trotz erhöhter Kapazität nicht wesentlich kleiner werden dürfte. Außerdem wird die Einsatzflexibilität von Post-Panmax-Schiffen gegenüber Panmax-Schiffen geringer, was aber angesichts der in bestimmten Fahrtgebieten recht stabilen Containerströme offensichtlich immer weniger als Nachteil angesehen wird.

Es ist daher im Hinblick auf die pro Container sinkenden Transportkosten für die Zukunft durchaus mit steigenden Zahlen von Post-Panmax-Schiffen auf Langstreckenrouten zu rechnen, solange nur die Containerströme nicht zurückgehen. Diese Prognose scheint sich auch durch die rückläufige Zahl von Panmax-Containerschiffen zu bestätigen. Siehe dazu Diagramm 13a, wo eine gewisse Verlagerung von Panmax- zugunsten von Post-Panmax-Schiffen zu erkennen ist.

- c) Sämtliche Schiffe der "Hansa"-Neubaulisten sind in Diagramm 13a mit ihrer Tragfähigkeit dw ausgewiesen. Es fällt auf, daß die Schiffszahlen sich besonders in den Tragfähigkeitsbereichen bis etwa 24.000 t (kleinere und Feederschiffe) und etwa ab 40.000 t aufwärts (größere und sehr große Schiffe) konzentrieren, während der Bereich dazwischen relativ gering besetzt ist. Auch in der zeitlichen Entwicklung scheint diese Tendenz zuzunehmen, d.h. große bis sehr große Langstreckenschiffe sowie sehr zahlreiche große und kleine Feederschiffe scheinen zunehmend bevorzugt zu werden (sog. Nabe-Speichen-Prinzip).

Die größten, jeweils registrierten Tragfähigkeiten nehmen von 1988 bis 1996 im Mittel um etwa 2000 t pro Jahr von etwa 54.000 t auf etwa 70.000 t zu. Betrachtet man nur die Langstreckenschiffe ab 40.000 t, so nimmt die jährlich abgelieferte Großtonnage zwischen 1989 und 1996 insgesamt um den Faktor 6,7 (!) von 0,44 Mio. auf 2,94 Mio t nahezu kontinuierlich zu, vgl. Tabelle 5. Da gleichzeitig auch die Zahl der jährlich abgelieferten Schiffe von 9 auf über 50 zunimmt, wächst der jährliche Mittelwert der Großschiffe relativ langsamer von etwa 46.000 auf etwa 56.600 t pro Schiff. Ein Ende des Größenwachstums der Großschiffe ist zur Zeit noch nicht abzusehen. Die sehr zahlreich geordneten Feederschiffe bilden die Entsprechung im Bereich der kleineren Tonnage.

- d) Nicht alle, mit ihrer Tragfähigkeit ausgewiesenen Containerschiffe der "Hansa"-Neubaulisten sind auch mit ihrer Stellplatzzahl TEU angegeben. Dennoch ergibt sich für die TEU-Zahlen etwa das gleiche Bild wie für die Tragfähigkeit: bis etwa 1500 TEU gibt es sehr zahlreiche (Feeder-) Schiffe aller Größen sowie über 3200 TEU zahlreiche Großschiffe mit Größenschwerpunkten bei etwa 3500, 4000, 4400 und 4800 TEU entspr. den Stufen des Containerrasters; zwischen etwa 1500 und 3200 TEU erscheinen relativ weniger Schiffe.

Die größten, jeweils angegebenen Stellplatzzahlen nehmen von 1989 bis 1996 im Mittel um etwa 200 TEU pro Jahr von ca. 3600 auf ca. 5000 TEU zu. Betrachtet man nur die Großschiffe ab 3200 TEU, so nimmt die jährlich abgelieferte TEU-Kapazität zwischen 1989 und 1996 insgesamt um den Faktor 9,5 (!) von 21.100 auf 200.570 TEU kontinuierlich zu, vgl. Tabelle 5. Ebenso kontinuierlich steigt auch die Zahl der aufgeführten Schiffe von 6 auf 47 und die mittlere Stellplatzkapazität dieser Schiffe von 3515 auf 4270 TEU pro Schiff an. Auch hier ist derzeit kein Ende des Größenwachstums abzusehen, so daß es nur zu berechtigt ist, wenn man sich international bereits seit längerem mit der Entwicklung

von Größtschiffen bis zu 8000 TEU beschäftigt.

- e) Die in Diagramm 13a aufgetragenen Schiffsbreiten B, soweit sie in den "Hansa"-Neubaulisten angegeben sind, ergeben entspr. den Stufungen des Containerrasters klare Schwerpunkte nach der Zahl N_B der Containerreihen; die Streuung der Breiten ist eine Folge der verschieden gewählten Breite der Doppelhülle und der Containerabstände quer (Einweiser-systeme) im Laderaum sowie auf Deck. Tabelle 5 zeigt eine deutliche Bevorzugung von 6, 9 und 11 Containerreihen an Deck sowie besonders der Panmax-Breite von 32,2 m mit 13 Containerreihen an Deck, während die übrigen Reihenzahlen seltener gewählt werden;

Tabelle 5 (nach Diagr. 13a + b)

Abliefer. Jahr	Tragfähigkeit (Schiffe ≥ 40.000 tdw)			Stellplätze (Schiffe > 3200 TEU)		
	Schiffs- zahl	Gesamt [t]	Mittel [t]	Schiffs- zahl	Gesamt [TEU]	Mittel [TEU]
1989	9	0,44 Mio.	48.500	6	21.100	3515
1990	21	0,97 Mio.	46.100	8	28.200	3525
1991	35	1,62 Mio.	46.300	10	38.500	3850
1992	52	2,48 Mio.	47.800	19	76.170	4010
1993	55	2,64 Mio.	47.900	30	113.980	3800
1994	47	2,31 Mio.	49.150	38	147.300	3875
1995 bis-	55	2,86 Mio.	52.000	38	160.480	4225
1996 her	52	2,94 Mio.	56.600	47	200.570	4270

Abliefer. Jahr	Anzahl Schiffe mit Zahl der Deckscontainerreihen N_B (Deck)										
	6	7	8	9	10	11	12	13 (Panmax)	14	15	16
1989	12	2	-	10	3	16	-	9	-	-	-
1990	13	8	-	4	-	12	-	21	-	-	-
1991	42	8	-	22	8	14	-	44	-	2	-
1992	11	15	1	27	9	11	-	48	-	5	-
1993	9	8	3	23	13	21	1	41	-	2	-
1994	13	22	13	18	8	31	3	21	-	5	-
1995 bis-	22	8	6	8	18	9	7	22	3	9	6
1996 her	7	-	3	3	6	3	2	14	3	3	11
Gesamt	129	71	26	115	65	117	13	220	6	26	17

Tabelle 5 (Fortsetzung)

Abliefer. Jahr	Anzahl Schiffe mit Zahl der Raumcontainerlagen N_D (Hold)						
	3	4	5	6	7	8	9
1989	2	6	9	5	5	3	-
1990	4	10	13	3	9	2	-
1991	29	6	24	5	17	5	-
1992	7	17	21	4	19	12	6
1993	16	8	40	-	18	11	3
1994	22	14	28	6	4	15	-
1995 bis-	12	7	15	6	-	12	7
1996 her	2	2	2	2	-	3	7
	94	70	152	31	72	63	23

Abliefer. Jahr	Anzahl Schiffe mit L bzw. T					
	200...250 m	> 250 m	10...11,8 m	11,9...12,4 m	= 12,5 m	> 12,5 m
1989	7	4	23	3	2	-
1990	11	6	19	3	-	-
1991	26	3	34	13	1	1
1992	30	15	29	18	17	1
1993	26	12	26	15	13	1
1994	5	20	19	3	10	6
1995 bis-	10	27	18	13	1	3
1996 her	5	21	4	3	5	1
Gesamt	120	108	172	71	49	13

$N_B = 6$ kommt dabei mit 129 Schiffen nach dem Panmax-Wert $N_B = 13$ (220 mal) am zweithäufigsten vor, weil es sich um den Feederbereich handelt. Die teilweise Verlagerung der Panmax-Breite hin zu Post-Panmax-Breiten wurde weiter oben unter b) bereits angesprochen.

- f) Die in Diagramm 13 b) aufgetragenen Seitenhöhen D , soweit sie in den "Hansa"-Neubaulisten angegeben sind, ergeben entspr. den Stufungen des Containerrasters ebenso wie die Breiten klar erkennbare Bereiche nach der Zahl N_D der Containerlagen im Laderaum; die Streuung der Seitenhöhen ist eine Folge der verschieden gewählten Höhen des Doppelbodens und des Lukensülls sowie der zugrundegelegten Containerhöhen zwischen 8,5' und

9,5'. Tabelle 5 zeigt eine deutliche Bevorzugung kleinerer Seitenhöhen ($N_D = 3$ bzw. 4 für Feederschiffe) entspr. $N_D = 5$ bzw. 7, weil dann der umbaute Raum kleiner (Baukosten, Vermessung) und die Stellplatzkapazität (Deckscontainer) größer wird, letzteres allerdings mit dem Nachteil erhöhter Laschkosten und geringeren Schutzes für die Container. Besonders große Seitenhöhen ($N_D = 8$ oder 9) werden dagegen nur für Open-Top-Schiffe (in 1992) wegen der erforderlichen Sicherheit gegen überkommendes Wasser sowie für Großschiffe der letzten Jahre gewählt.

- g) Die in Diagramm 13 b) aufgetragenen Schiffslängen L, soweit sie in den "Hansa"-Neubaulisten angegeben sind, lassen vier bevorzugte Bereiche erkennen: 80 bis 120 m (kleine Feederschiffe), 140 bis 170 m (große Feederschiffe), um 230 m und um 275 m (große Langstreckenschiffe). In allen Bereichen, außer bei den größten Längen, kann aus dem Diagramm mit den Jahren eine abnehmende Tendenz hinsichtlich der Häufigkeit jeweils größerer Längen beobachtet werden, vgl. auch Tabelle 5. Die Zahl sehr großer Schiffslängen steigt dagegen offensichtlich an und wird vermutlich im Fall der Bestellung künftiger Größtschiffe die 300m-Marke überschreiten.
- h) Die in Diagramm 13 b) aufgetragenen (maximalen Konstruktions-) Tiefgänge T, soweit sie in den "Hansa"-Neubaulisten angegeben sind, lassen keine besondere Struktur erkennen. Lediglich eine Zunahme der höchsten auftretenden Tiefgänge bei sehr großen Containerschiffen läßt sich für die letzten Jahre feststellen, wie auch Tabelle 5 ausweist. Dort wurde die Aufteilung der Tiefgangsbereiche entspr. der Fahrrinntiefe der Elbe vorgenommen: Tiefgänge bis 11,9 m sind jederzeit, bis etwa 12,5 m dagegen nur unter Ausnutzung der Tidewelle möglich.

Zusammenfassend sind die drei wichtigsten Schlußfolgerungen aus Diagr. 13 etwa wie folgt:

- Open-Top-Schiffe haben sich bisher im Bereich größerer Einheiten bei Nedlloyd und Norasia mit insgesamt 13 Neubauten (davon 2 Post-Panmax), im Bereich kleinerer (Feeder-) Einheiten bei zwei holländischen und einer irischen Reederei mit insgesamt 10 Neubauten durchgesetzt; mit weiteren Bestellungen ist daher durchaus zu rechnen, solange sich die Schiffssicherheit gegen überkommendes Wasser insbesondere bei kleineren Schiffen als ausreichend bewährt.

- Post-Panmax-Schiffe wurden bisher mindestens 56mal (davon 2 als Open-Top-Schiffe) bestellt; es ist abzusehen, daß im Falle weiter anhaltender Containerströme weitere Aufträge für Schiffe in zunehmenden Stückzahlen und Kapazitäten/Abmessungen folgen werden.
- Eine gewisse "Polarisierung" in große/größte Langstreckenschiffe und kleine/größere Feederschiffe ist unverkennbar; dabei ist ein bisher ungebremstes, starkes Anwachsen der Stückzahlen sowie der absoluten und gemittelten Größen im Bereich der Großschiffe in den Jahren seit 1988 festzustellen.

Diagram 1: $R, T = f(\pi)$

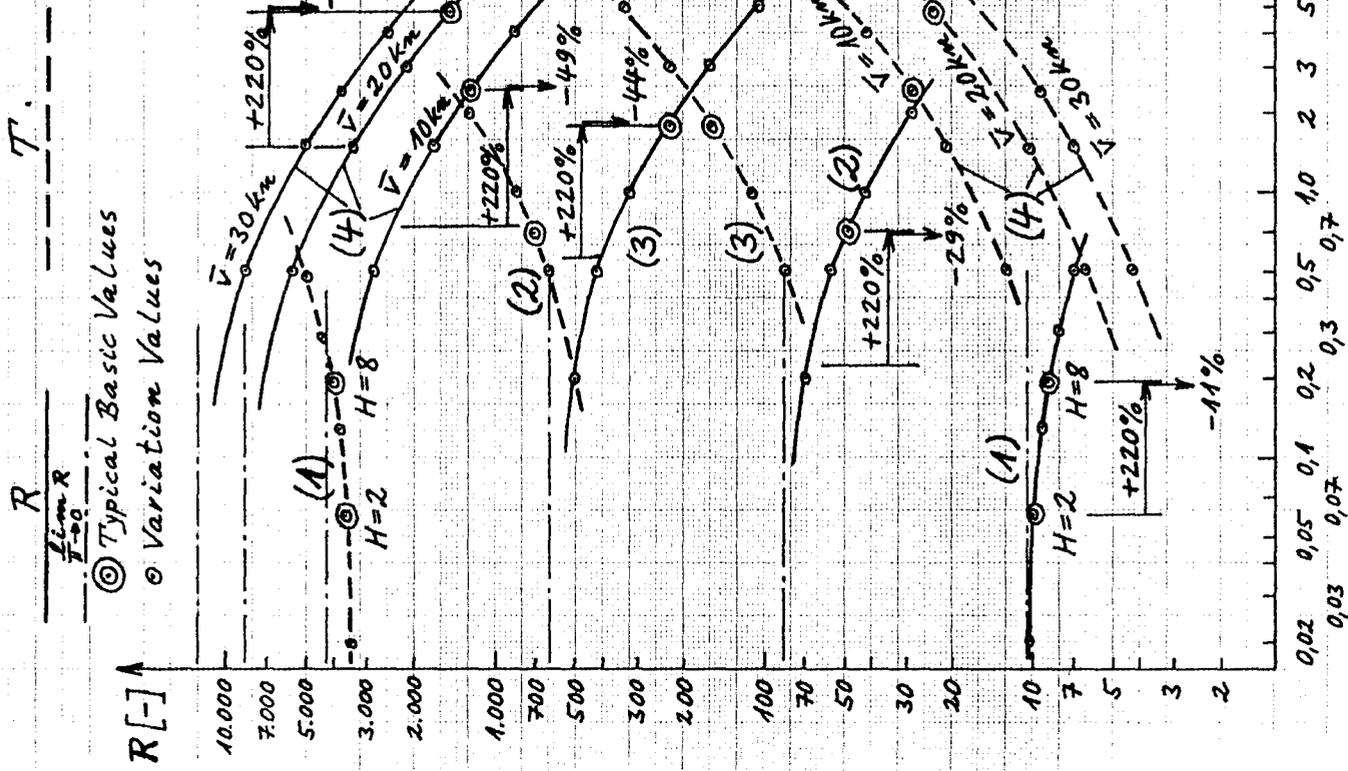


Diagram 2: $\frac{N \cdot C}{PL} = f(\pi)$

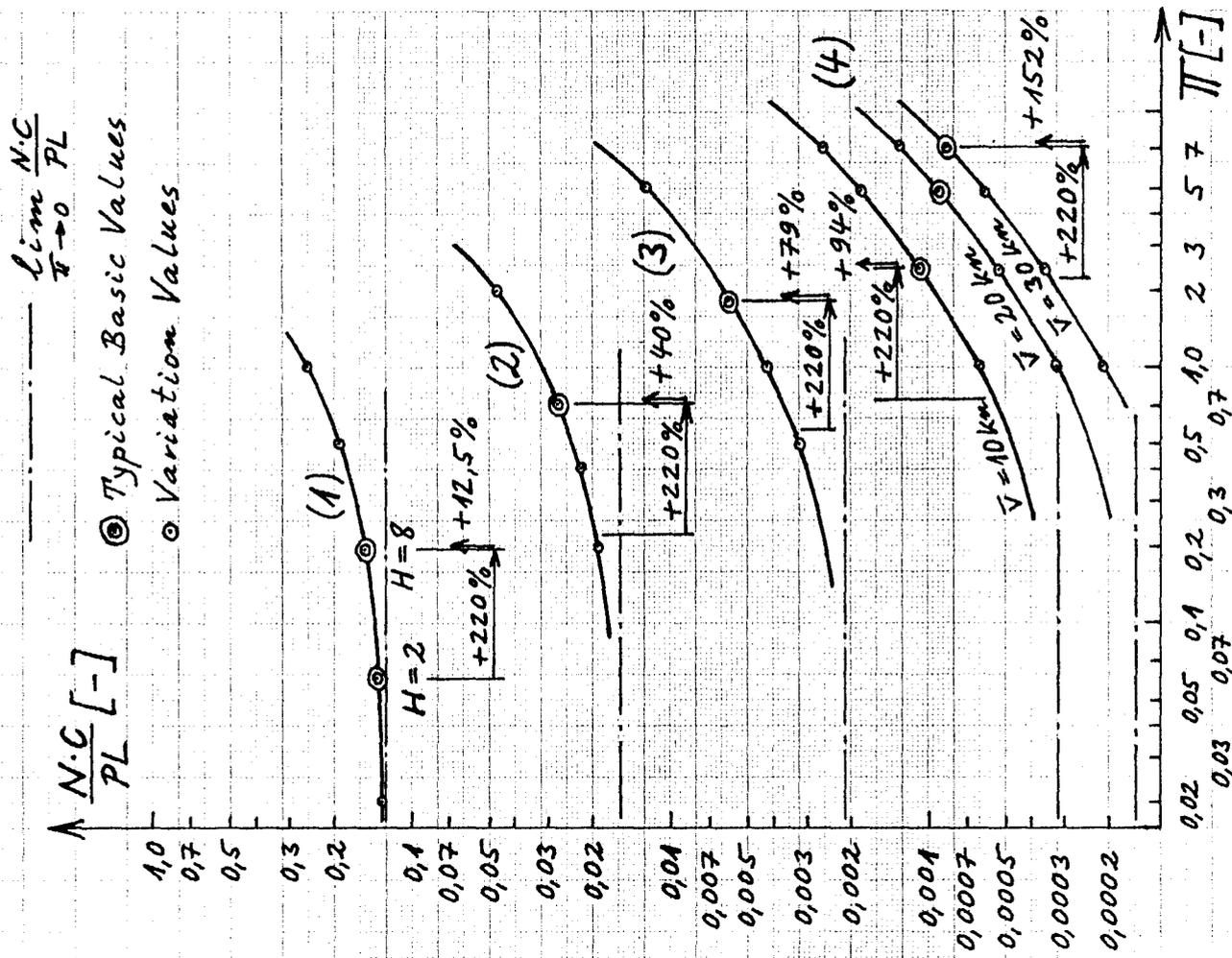


Diagram 3: $R = f(d)$

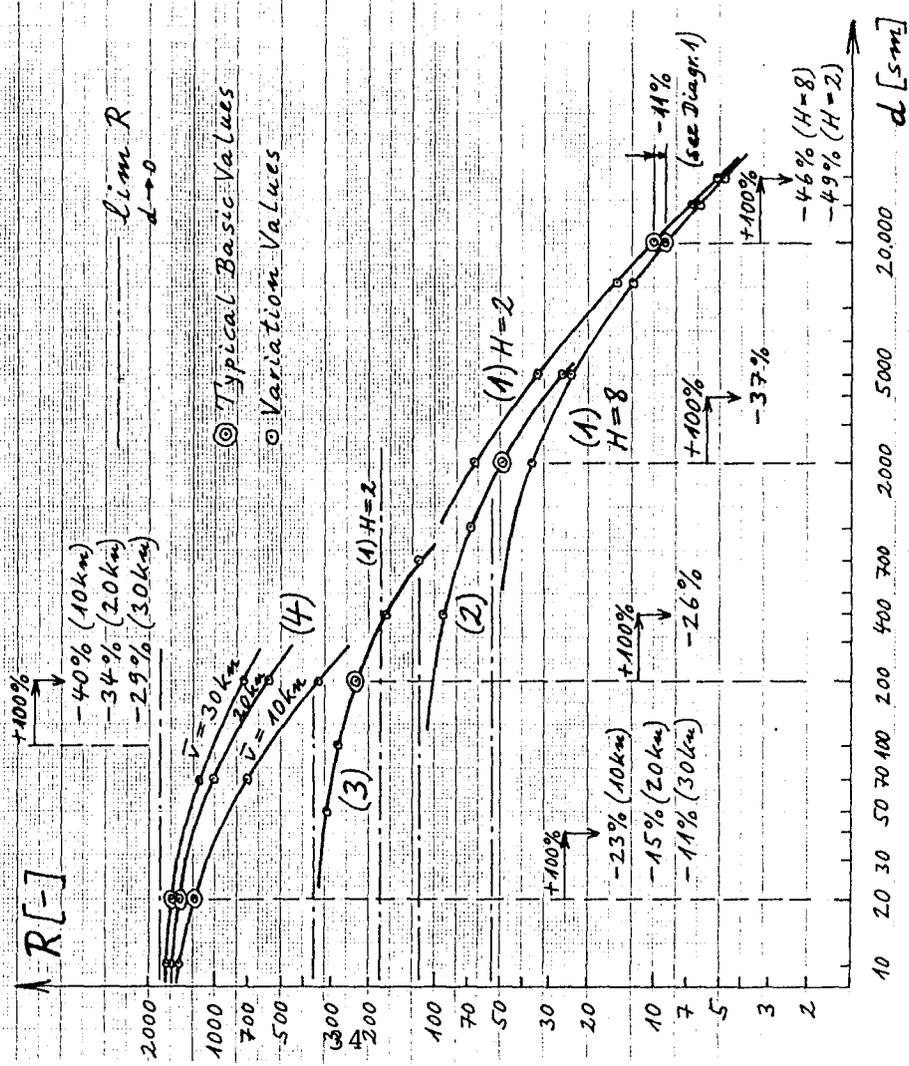


Diagram 4: $\frac{N.C.}{PL} = f(d)$

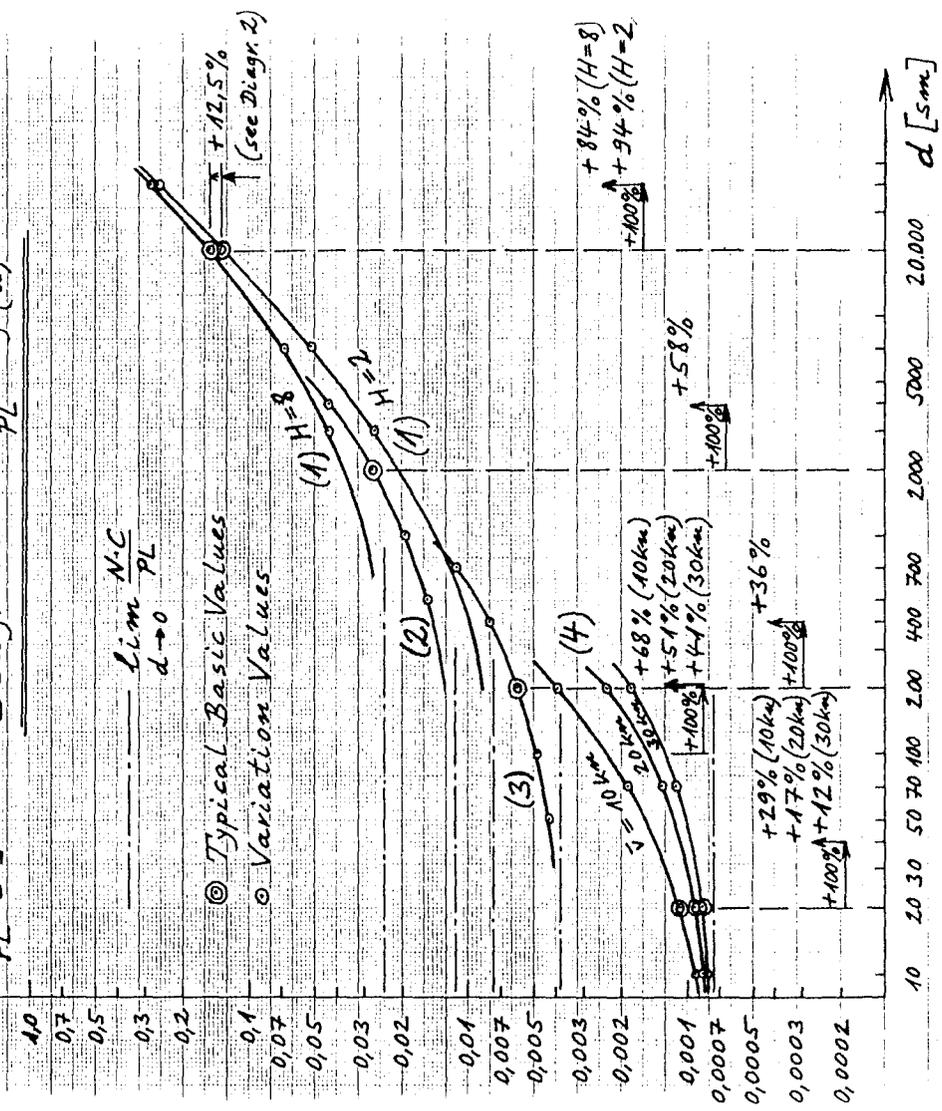


Diagram 8: $\bar{v} = f(d)$

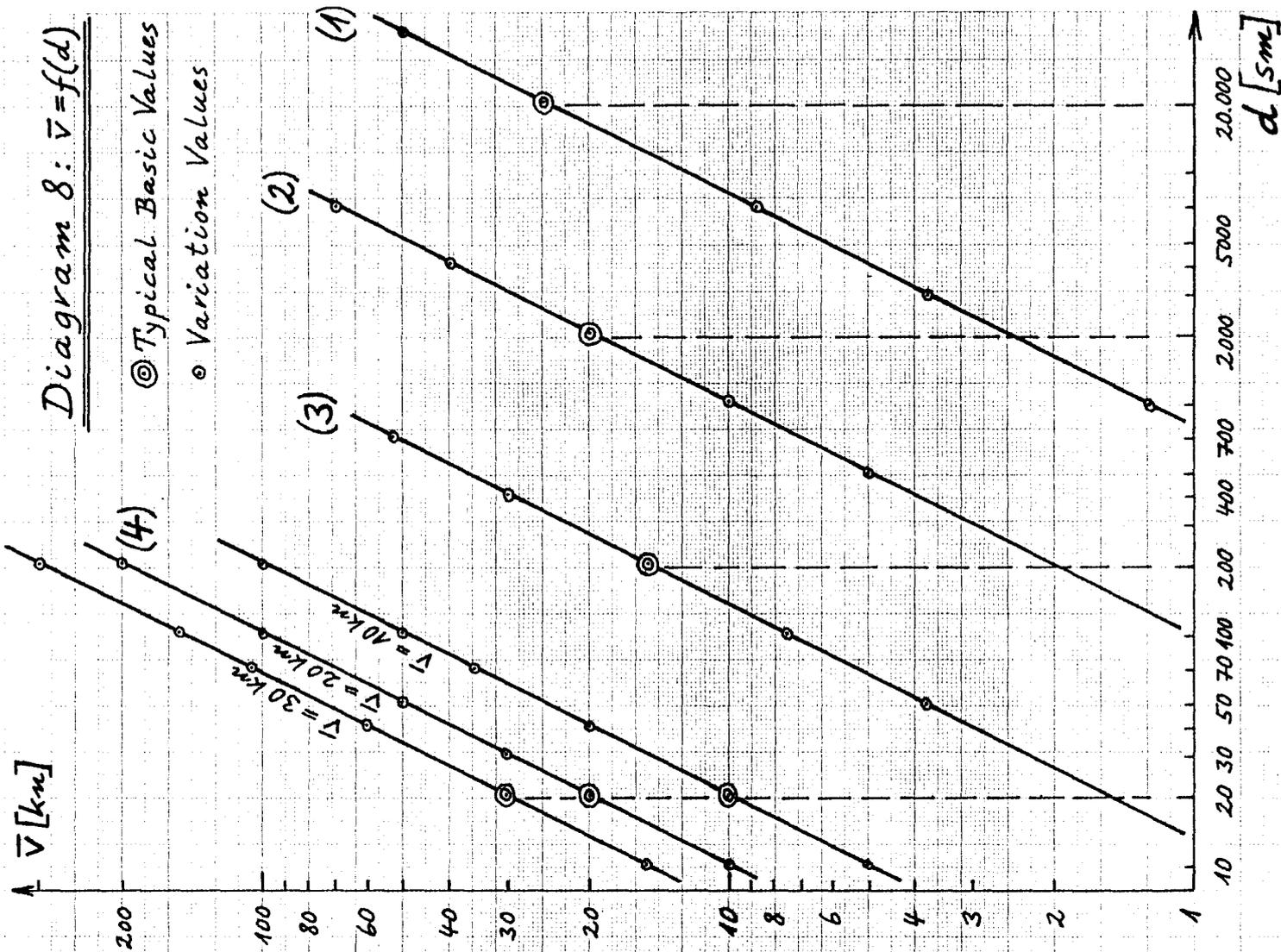


Diagram 7: $\bar{v} = f(\pi)$

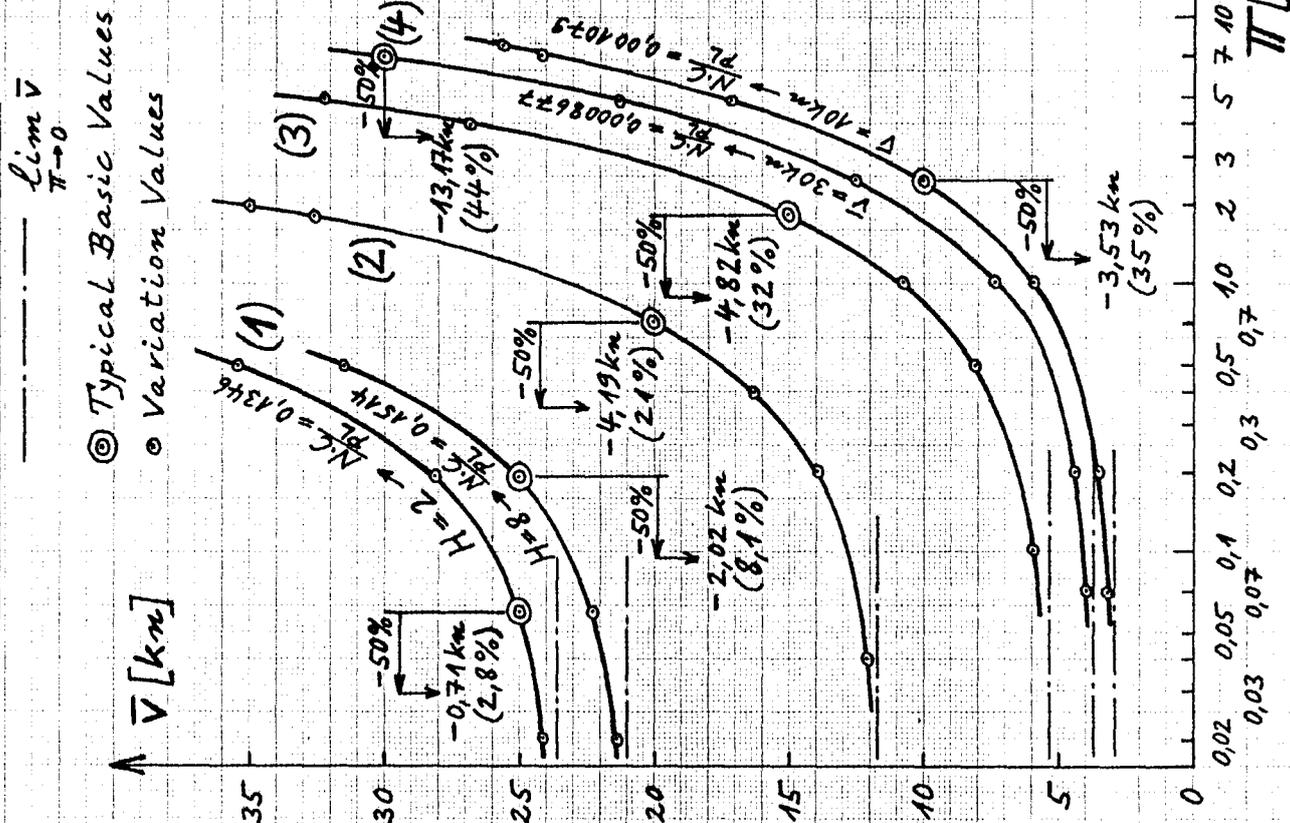
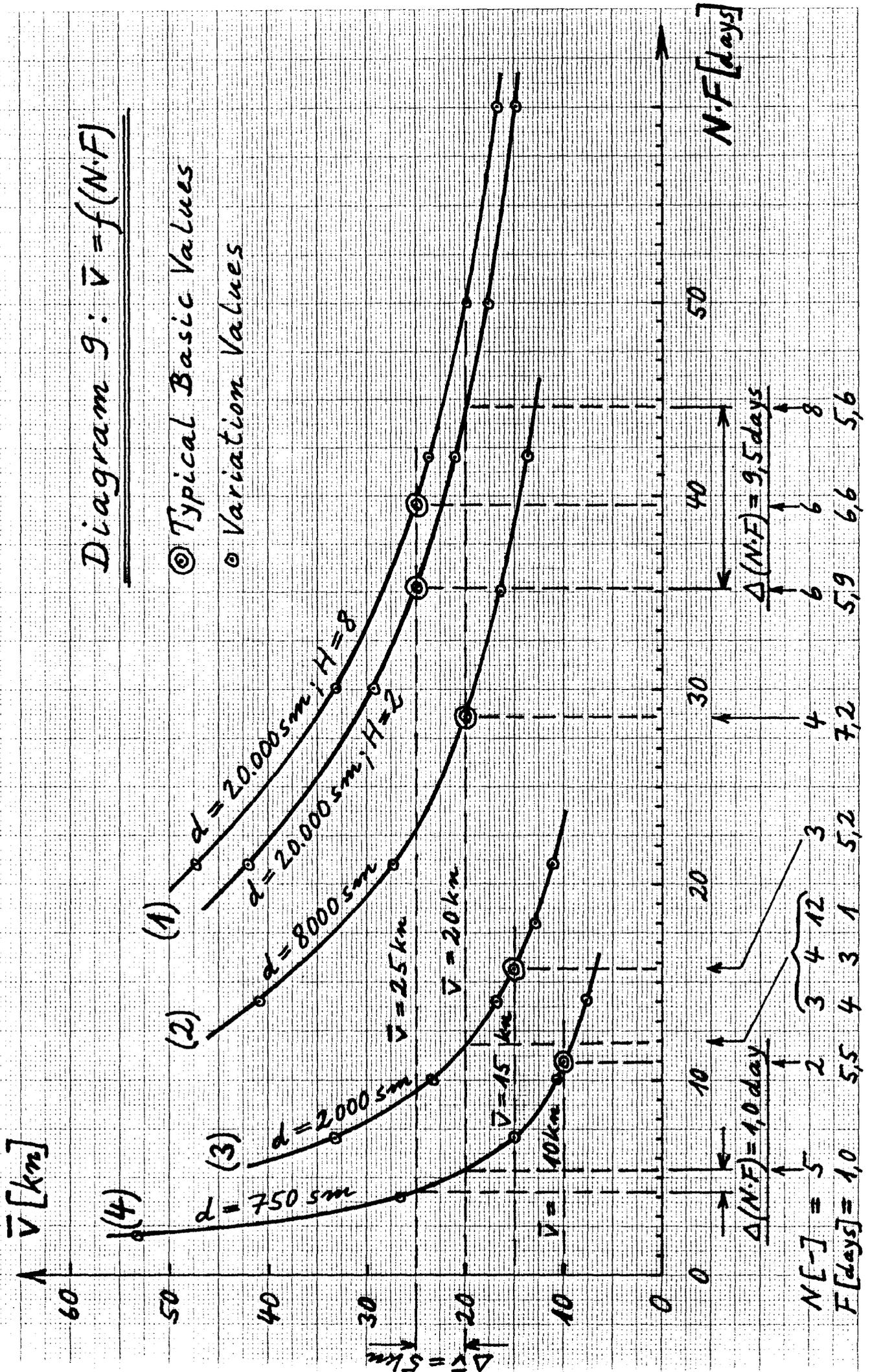


Diagram 9: $\bar{v} = f(N \cdot F)$

⊙ Typical Basic Values

○ Variation Values



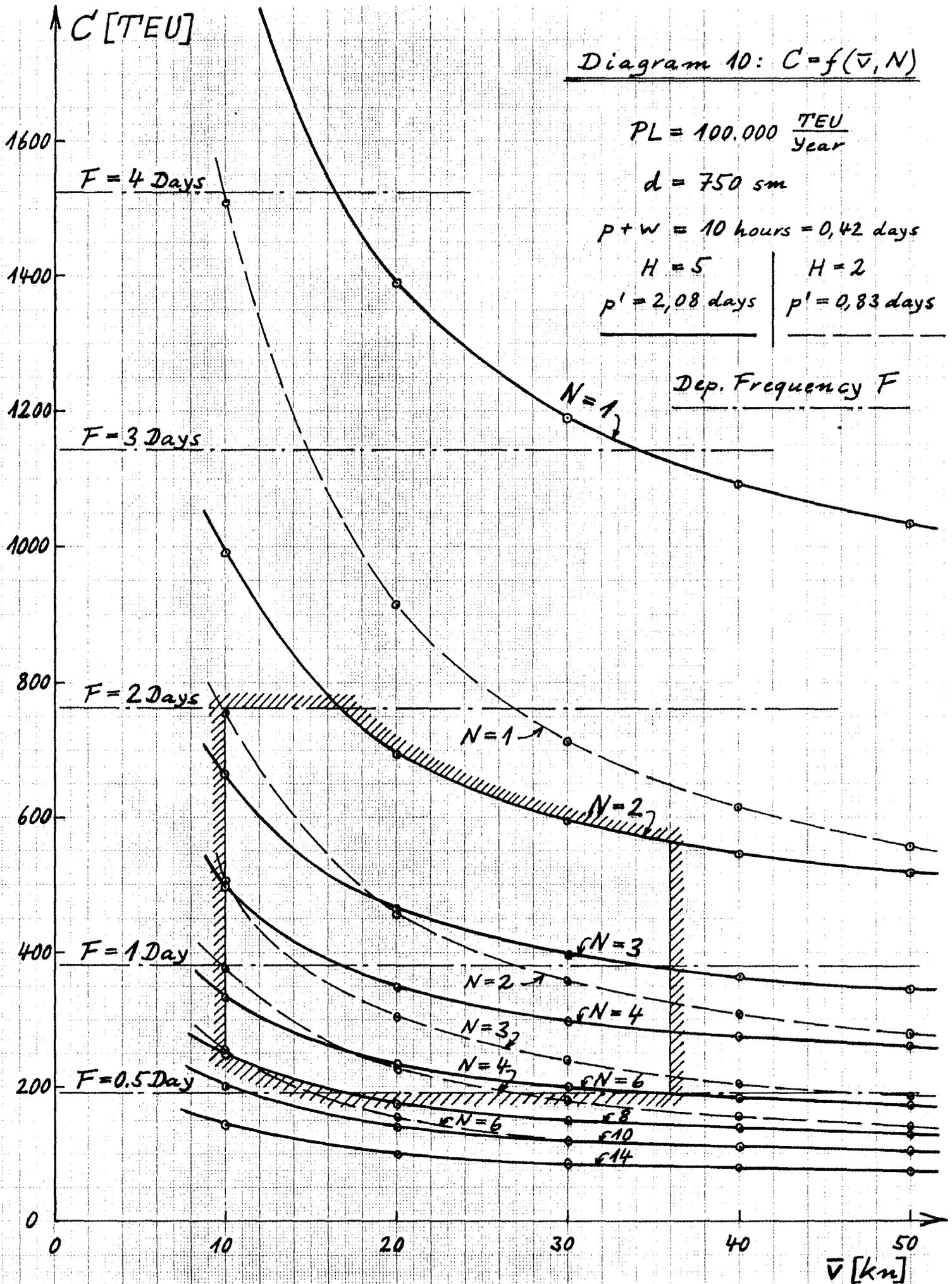


Diagram 11: $T = f(N_D)$; 20' Cont., Ships No. ① to ④
Measured Cumulative Nominal Container Handling Times
per Midship Bay

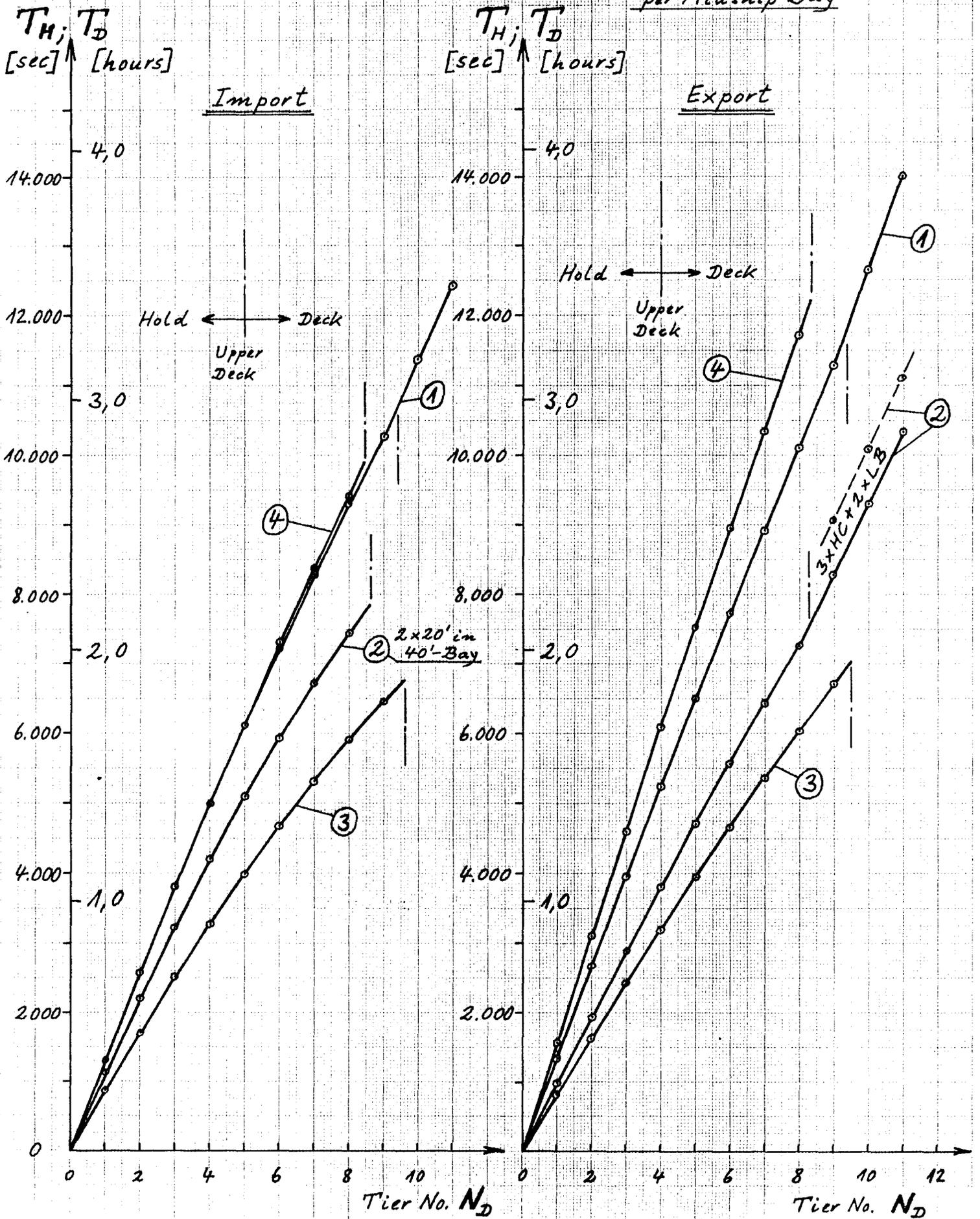
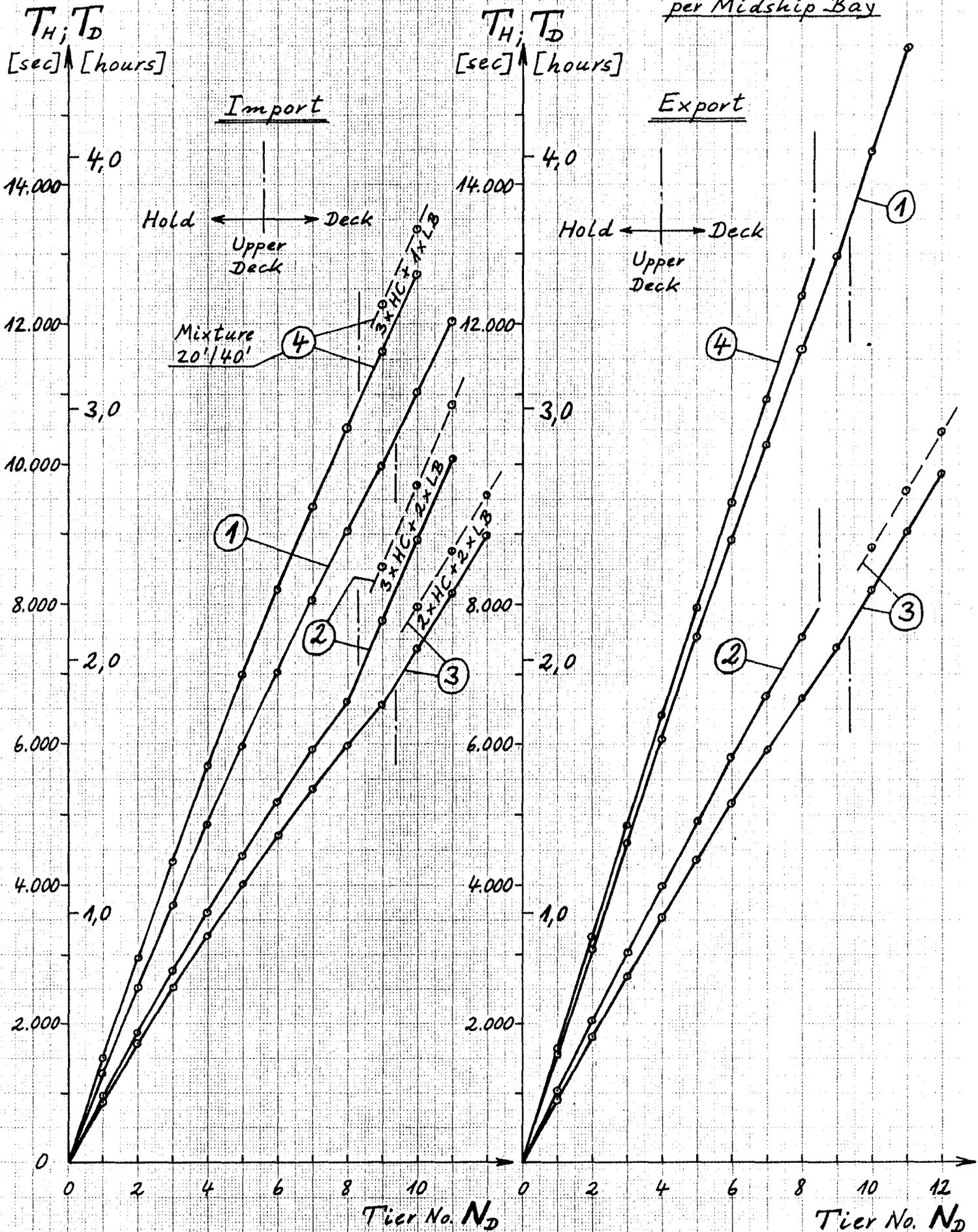
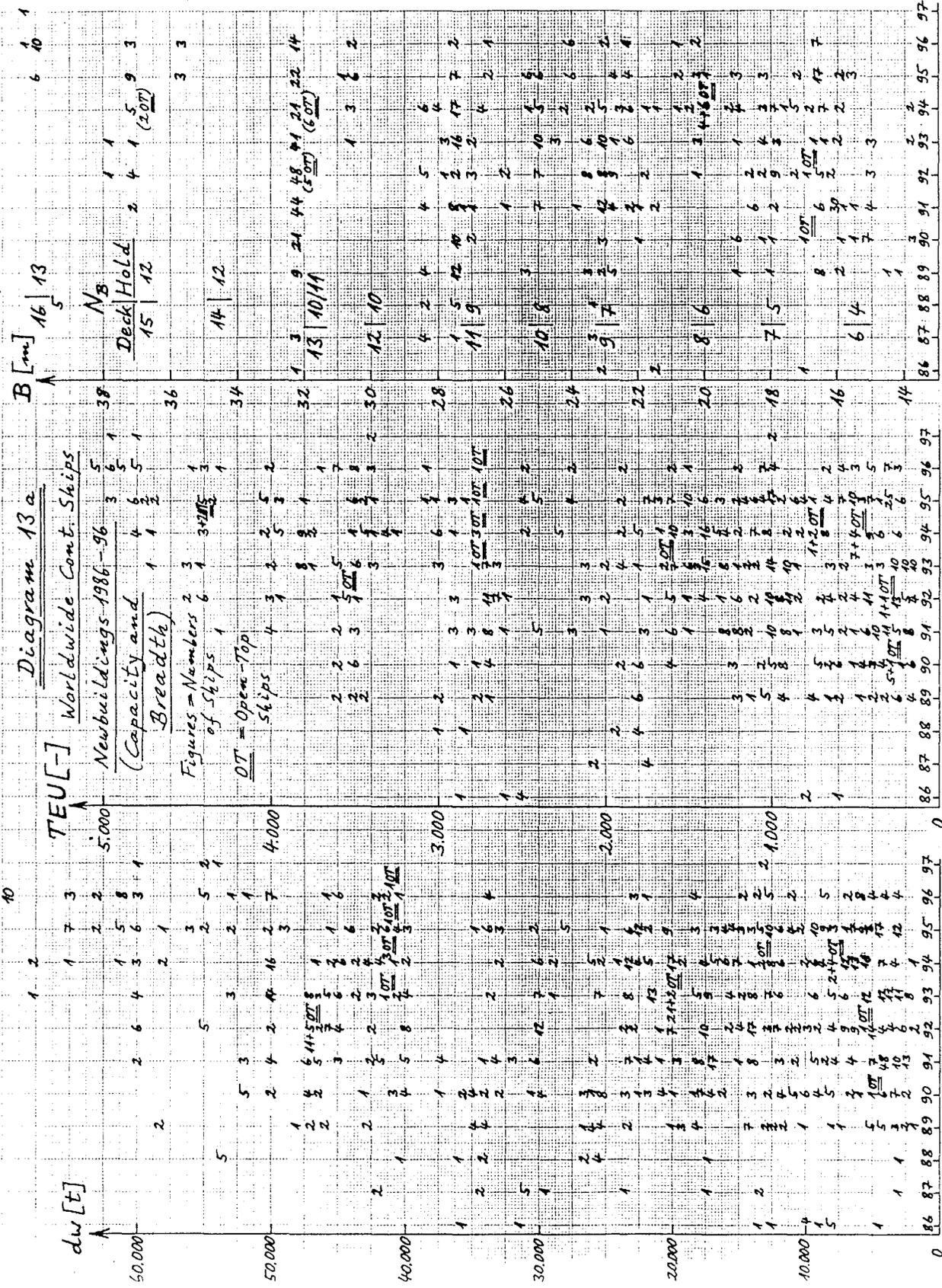


Diagram 12: $T = f(N_D)$; 40' Cont., Ships No. ① to ④

Measured Cumulative Nominal Container Handling Times per Midship Bay



17 | 14
16 | 13
5



L [m]

Diagram 13 b

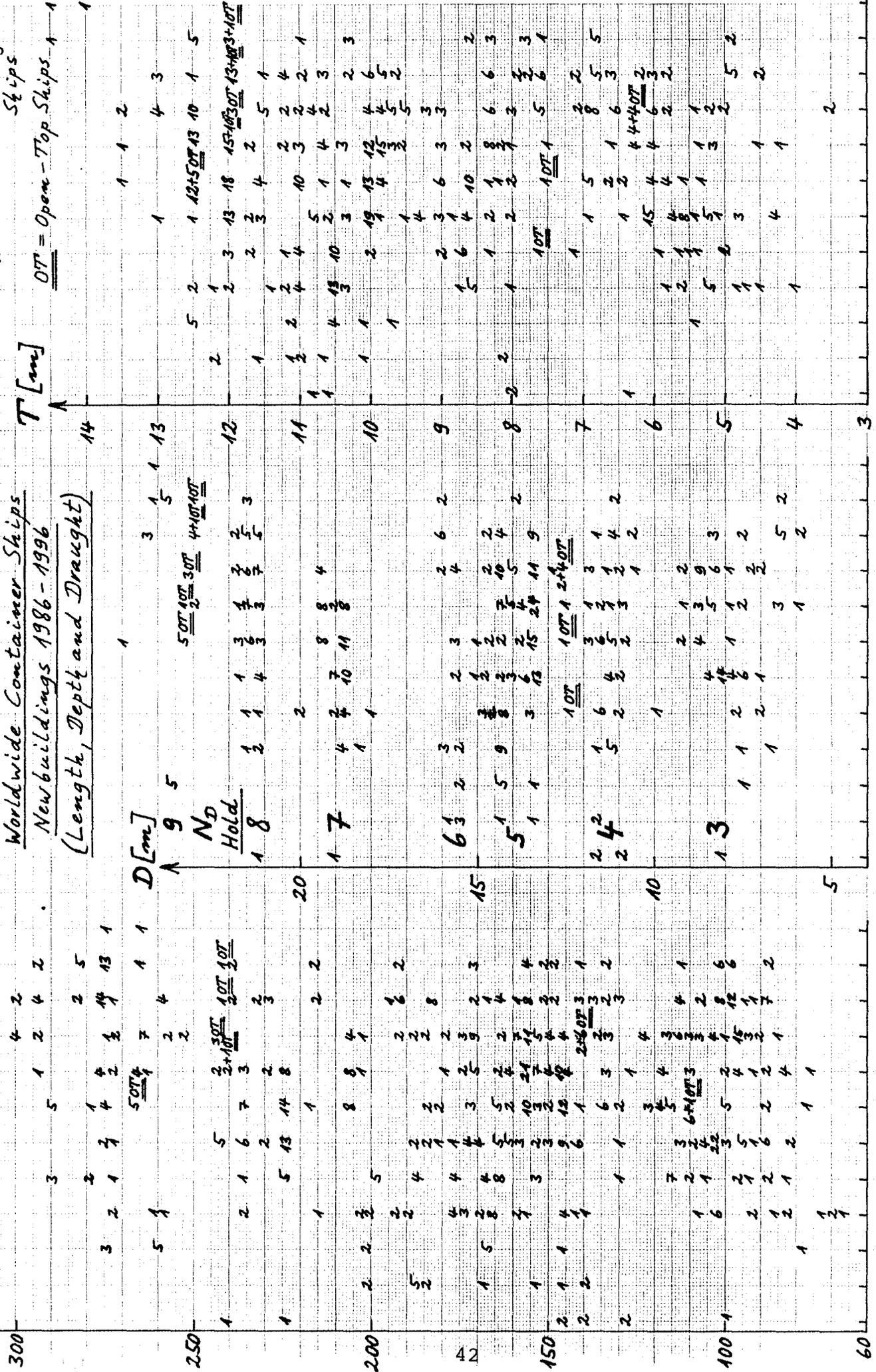
Worldwide Container Ships

Newbuildings 1986-1996

(Length, Depth and Draught)

Figures = Numbers of Ships

OT = Open-Top Ships



86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97
Year of Delivery

86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97
Year of Delivery

86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97
Year of Delivery

Technische Konzepte für Schiff und Terminal

Dr.-Ing. Andreas Kraus, Howaldtswerke - Deutsche Werft AG, Kiel
Dr.-Ing. Gerhart Grünanger, NOELL GmbH, Würzburg

Im Auftrag des BMFT wurde unter Leitung von HDW eine Studie über Rahmenbedingungen und Konzepte für Container-Transportsysteme der Zukunft angefertigt. Neben HDW waren an der Erstellung der Studie die Firmen Noell, Eurokai, Linke-Hofmann-Busch und das Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik beteiligt. Die Ausführungsfrist für die Studie erstreckte sich von März 1994 bis Ende August 1994.

1 Einleitung

In jüngster Zeit ist ein verstärktes Wachstum der Größe der Containerschiffe zu beobachten: Die ersten Schiffe mit einer Kapazität von rund 5.000 TEU werden von HDW Anfang 1995 abgeliefert, Projekte für Schiffe mit Kapazitäten um 6.000 TEU werden bearbeitet.

Durch die Tendenz zu sehr großen Containerschiffen, die mit einer Konzentration der Liniendienste auf weniger Häfen gekoppelt ist, werden im Hinblick auf Umschlag, Lagerung und Verteilung der Container besondere Anforderungen an die großen Häfen und den Hinterlandtransport gestellt.

Um eine zusätzliche Verschärfung der Situation im europäischen Güterverkehr zu vermeiden, ist es daher erforderlich, die gesamte Kette des Containertransports im Hinblick auf die Auswirkungen sehr großer Schiffe zu untersuchen.

Die Studie, aus der hier Teile vorgestellt werden, gibt zunächst einen Überblick zu den Rahmenbedingungen des Containertransports. Weiterhin wurden die heutigen Transportketten analysiert und Konzeptstudien zu einzelnen Gliedern der Ketten durchgeführt. Basierend auf diesen Konzepten für Umschlag, Großcontainerschiff, Großterminal, Feeder und Bahn wurden Möglichkeiten zur Gestaltung neuer Transportketten aufgezeigt. Diese neuen Transportketten wurden ebenfalls analysiert, so daß Empfehlungen zur Weiterverfolgung der Konzepte und zu begleitenden Maßnahmen gegeben werden konnten.

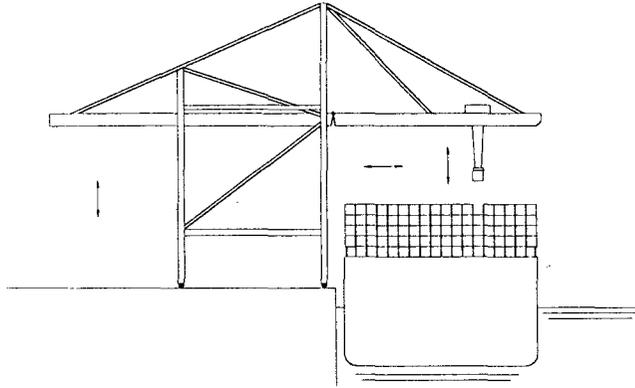
Ein Überblick zu den nicht-technischen Themen der Studie wird im Vortrag der Herren Hebler (Eurokai) und Lemper (ISL) gegeben. In der vorliegenden Veröffentlichung werden Beispiele aus den Konzeptstudien zu Umschlagsystemen, Großterminals und Großcontainerschiffen dargestellt.

2 Konzepte für den Umschlag Großcontainerschiff - Terminal

Zugrundegelegt wurde ein Großcontainerschiff mit einer Kapazität von 8 000 TEU

In der Studie wurden Umschlagssysteme für Einzelcontainer, Doppelcontainer und Großpaletten betrachtet.

2.1 1-Katz-Containerbrücke

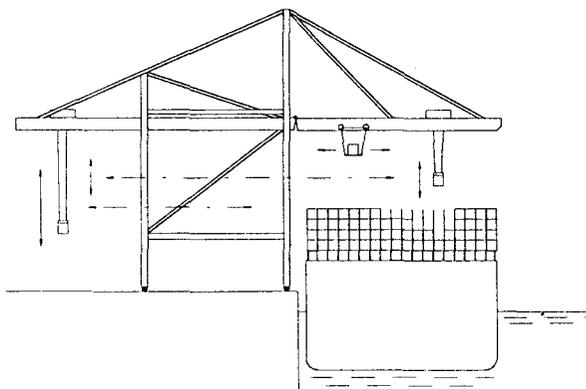


Umschlagsleistung ca. 32 Container/h

Der Fahrweg der Katze verläuft von der Containeraufnahme im Schiff bis zum Absetzen an Land.

Diese Containerbrücke ist derzeit das gebräuchlichste Container-Entladesystem.

2.2 3-Katz-Containerbrücke



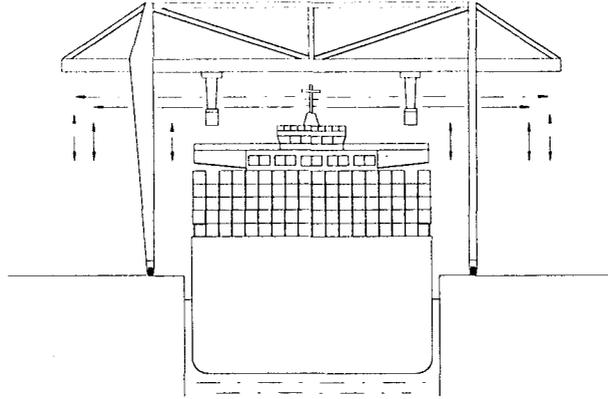
Umschlagsleistung ca. 60 Container/h

Der Container wird während des Be- bzw. Entladevorganges von einer schiffsseitigen Katze, einem Transferwagen und einer landseitigen Katze transportiert.

Eine Pendeldämpfung ist nicht erforderlich, da die Katzen nur Hubbewegungen ausführen.

Der Be- und Entladevorgang kann weitgehend automatisiert erfolgen.

2.3 2-Katz-Gantry-Kran



Umschlagsleistung ca. 52 Container/h

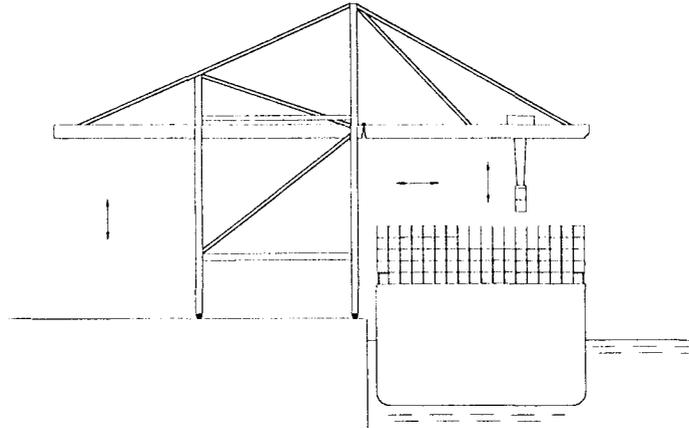
Die Container können gleichzeitig nach beiden Schiffsseiten be- bzw. entladen werden.

2.4 Doppelcontainer - Transportsysteme

Es werden gleichzeitig zwei über Twist-Locks verbundene Container transportiert. Es sind 2 Varianten denkbar.

- Transport mit Eincontainer-Transportsystem, dabei darf das Gewicht der beiden Container das max. Gewicht eines Containers nicht übersteigen.
- Transport mit verstärktem Containertransportssystem, ausgelegt für zwei mit maximalem Gewicht beladene Container.

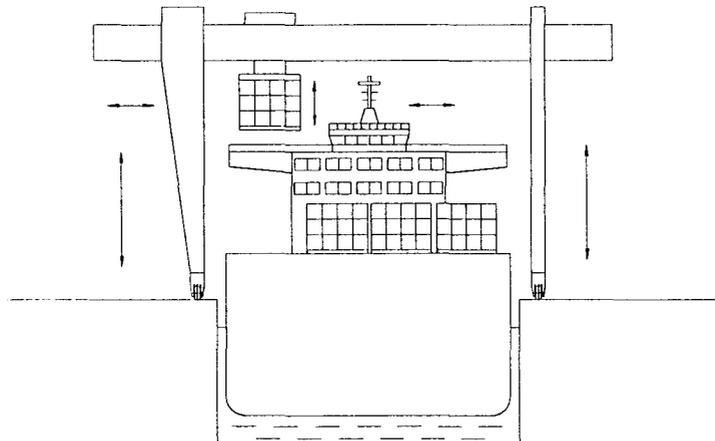
Die Container müssen im Terminalbereich verriegelt und entriegelt werden. Die Umschlagsleistung verdoppelt sich, da neben der Containerbrücke auch die Van-Carrier diese Doppelcontainer handeln können. Die oberste Containerlage an Deck muß nicht mehr an Bord verriegelt werden.



Es können alle Eincontainer-Transportsysteme für das Doppelcontainer-Transportsystem eingesetzt werden.

2.5 Großpaletten-Transportsystem

Es wurden Großpaletten mit 4 x 3 Containern (24 TEU) gewählt. Aufgrund der Schiffsgeometrie können Großpaletten nur im Mittelteil des Schiffes transportiert werden. Im Bug und Heck sind Einzelcontainer untergebracht. Für die Schiffsentladung sind ein Großpaletten-Gantry-Kran und mehrere Container-Gantry-Krane nötig. Der Transport der Großpaletten auf dem Terminal muß mit Schwerlastfahrzeugen erfolgen.



Umschlagsleistung 6 Großpaletten/h (72 Container/h)

Die Großpaletten und die Einzelcontainer können nach beiden Schiffsseiten entladen werden.

Die Großpaletten müssen im Absenderhafen für den Bestimmungsort zusammengestellt werden und sind daher nur für einen Großcontainerschiff - Feederschiff - Umschlag angebracht.

3 Konzeptstudien für ein Großterminal

Aus einer Vielzahl von Kombinationsmöglichkeiten für ein Großterminal wurden vier Konzepte erstellt. 3 Konzepte behandeln den Einzelcontainerumschlag, das 4. Konzept stellt den Umschlag mit Großpaletten dar.

Ausgangslage

Ein Großcontainerschiff mit 8 000 TEU, das zur Hälfte entladen und wieder beladen wird, soll keine wesentlich längere Liegezeit als ein derzeitiges 4 000-TEU-Schiff benötigen.

Der angenommene Umschlagsanteil geht zu 25 % auf ein Feederschiff/Binnenschiff, zu 45 % auf die Bahn und zu 30 % auf den Lkw.

Für den stark automatisierten Einzelcontainerumschlag ist folgende Ausrüstung vorgesehen:

- 5 3-Katz-Containerbrücken für das Großcontainerschiff (8 000 TEU)
- 2 1-Katz-Containerbrücke für das Feederschiff (1 100 TEU)
- Container-Zwischenlager (30 000 TEU)
- 4 Bahngleise mit Ganzzügen (700 m)
- Lkw-Ladespur.

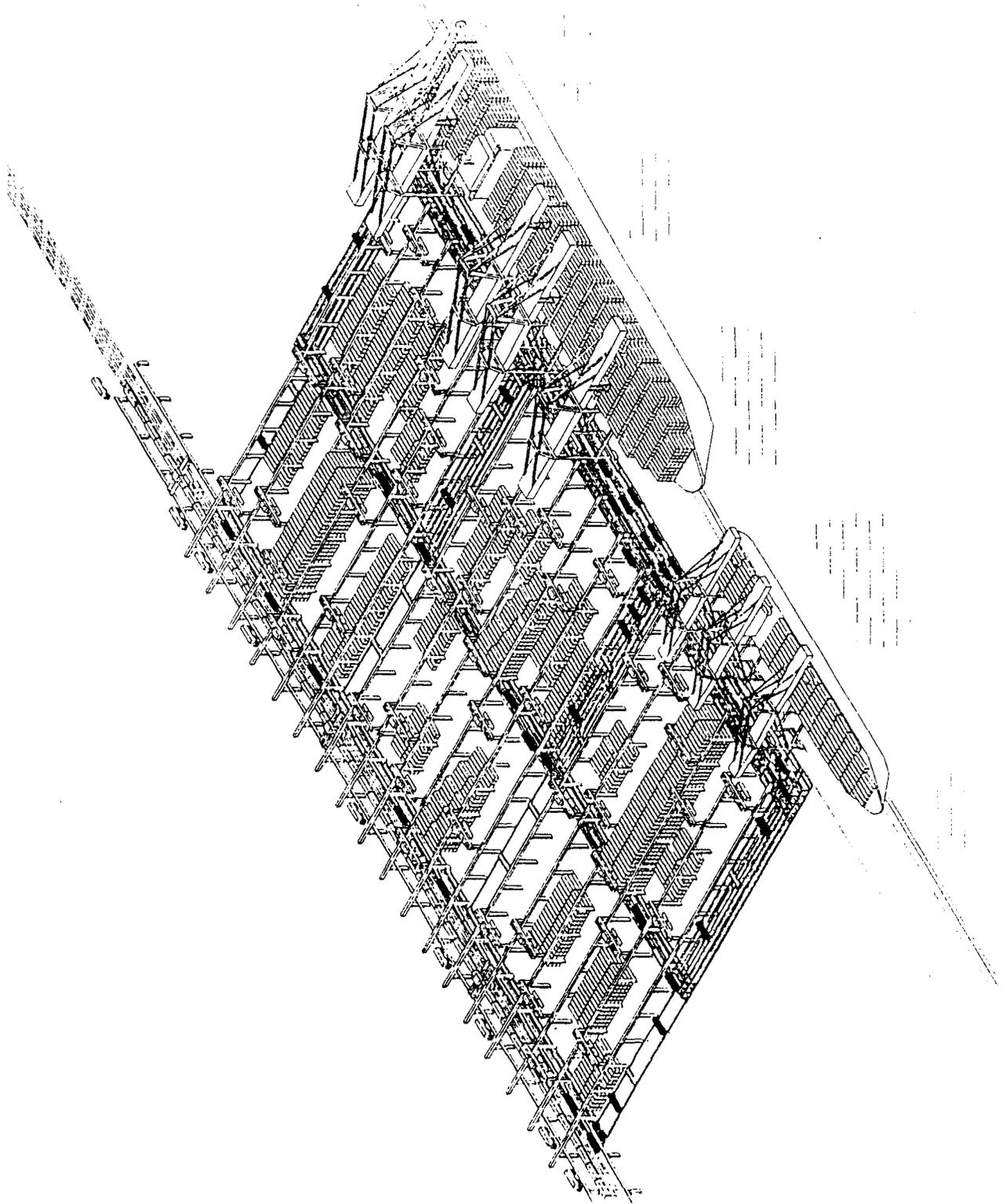
Für den Großpaletten-Umschlag werden Schwerlast-Krane, -Fahrzeuge und ein Großpalettenlager (10 600 TEU) benötigt.

Im folgenden wird das am günstigsten bewertete Konzept für den Einzelcontainerumschlag - basierend auf Palettenwagen mit Linearmotorantrieb - und das Konzept für den Großpaletten-Umschlag beschrieben.

3.1 Palettenwagen mit Linearmotorantrieb

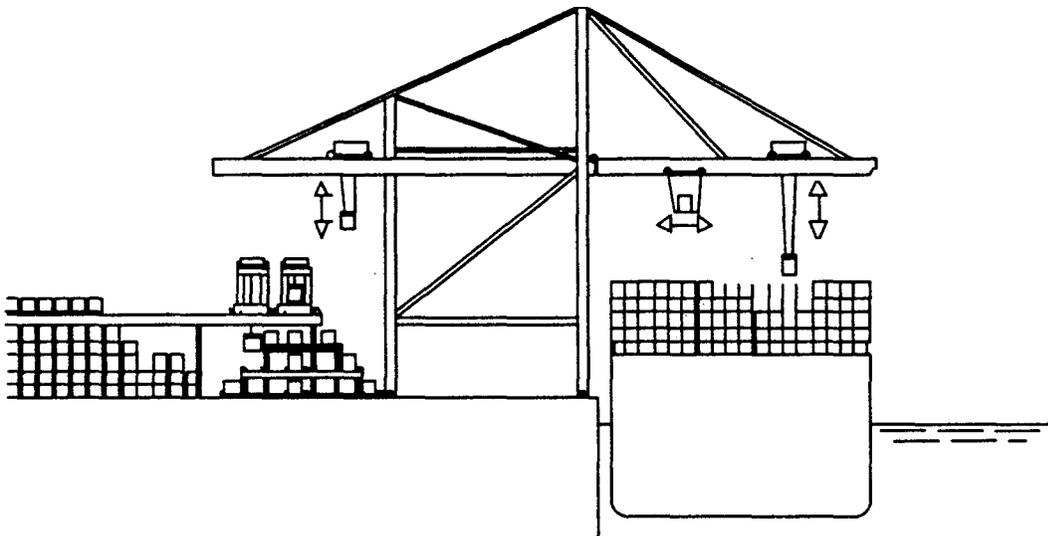
Umschlagssysteme

Schiffsumschlag: Großcontainerschiff mit 3-Katz-Containerbrücken
Feederschiff mit 1-Katz-Containerbrücken
Terminaltransport: Palettenwagen mit Linearmotorantrieb
Containerlagerung: mit auf Kranbahnen laufenden Stapelkranen



Umschlagsablauf

Mit der 3-Katz-Containerbrücke wird der Container aus dem Schiff entladen und auf einen bereitstehenden Palettenwagen abgesetzt. Mit dem Palettenwagen wird der Container auf kurzem Weg ins Containerlager gefahren, von einem Stapelkran aufgenommen und eingelagert. Parallel zum Schiffumschlag können mit weiteren Palettenwagen Feederschiff-Be- und Entladungen sowie mit den Stapelkränen Ladearbeiten für Bahn und Lkw durchgeführt werden.



Umschlagszeiten

Großcontainerschiff-Umschlag

- Umschlag	4 000 Container
- Containerbrücken	5 Stück
- Containerbrückenleistung	60 Container/h je Brücke
ergibt eine Umschlagszeit von	13,3 h

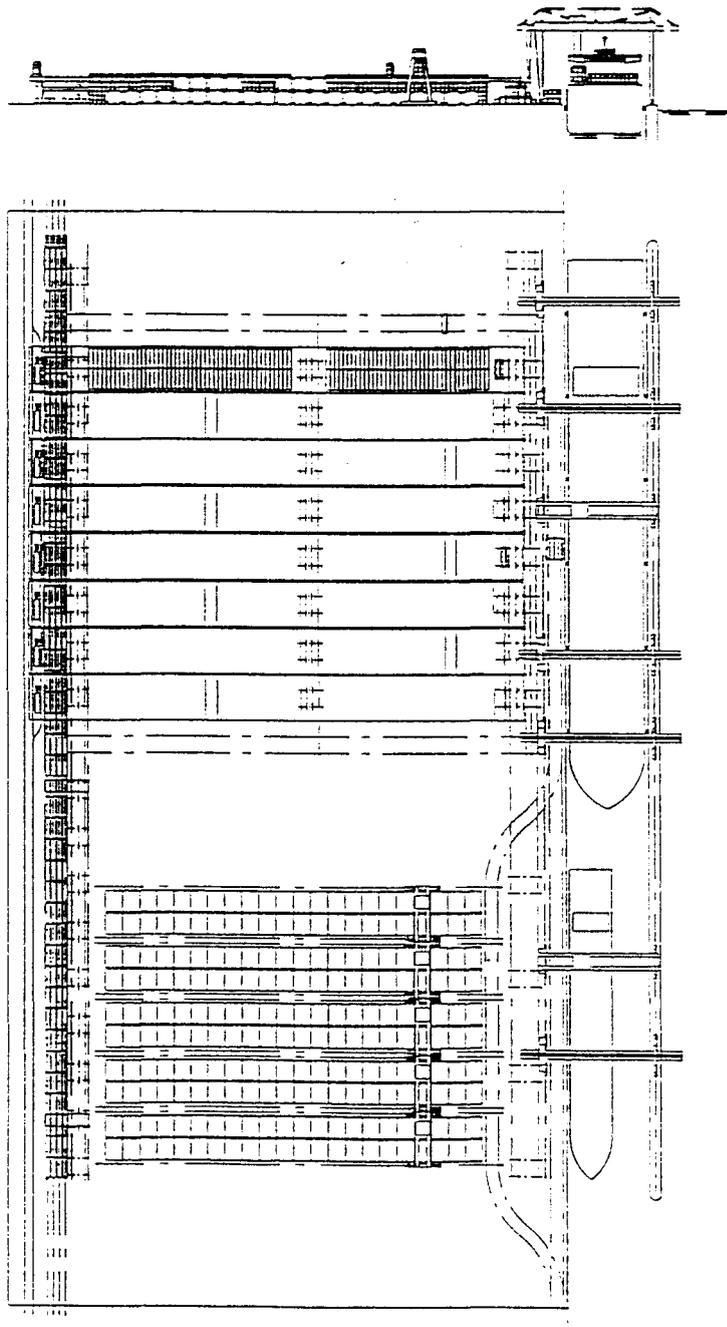
Personalbedarf bei automatischem Betrieb

23 BP

3.2 Großpaletten

Umschlagssysteme

- Schiffsumschlag: Großpalette mit 1-Katz-Gantry-Kran 400 t
Container mit 1-Katz-Gantry-Kranen 35 t
- Terminaltransport: Großpalette mit angetriebenen Schwerlasttransportern
Container mit Palettenwagen mit Linearmotorantrieb
- Containereinlagerung: Großpalette mit Portalkran
Container mit auf Kranbahnen laufenden Stapelkranen



Umschlagsablauf

- Großpalette

Mit dem Gantry-Kran wird die Großpalette aus dem Schiff entladen und auf einen angetriebenen Schwerlasttransporter abgesetzt. Mit dem Schwerlasttransporter wird die Großpalette ins Lager gefahren, von einem Portal-Stapelkran aufgenommen und eingelagert. Mit dem Portal-Stapelkran können auch einzelne Container aus der Großpalette entnommen bzw. gestaut werden.

- Einzelcontainer

Mit weiteren Gantry-Kranen werden die Einzelcontainer aus dem Schiff entladen und auf einem Palettenwagen abgesetzt. Mit dem Palettenwagen wird der Container auf dem kürzesten Weg ins Containerlager transportiert, vom Stapelkran aufgenommen und eingelagert. Parallel zum Schiffsumschlag können mit weiteren Palettenwagen Feederschiff-Be- und -Entladungen sowie mit den Stapelkränen Verladearbeiten für Lkw und mit den Ladekranen für die Bahn durchgeführt werden.

Umschlagszeiten

Großcontainerschiff-Umschlag

Großpalette

- Umschlag	96 Großpaletten (2304 TEU)
- Gantry-Kran 400 t	1 Stück
- Gantry-Kran-Leistung	6 Großpaletten/h
ergibt eine Umschlagszeit von	16,0 h

Einzelcontainer

- Umschlag	2 512 Container
- Gantry-Krane	4 Stück
- Gantry-Kran-Leistung	40 Stück/h je Brücke
ergibt eine Umschlagszeit von	15,7 h

Personalbedarf bei automatischem Betrieb

22 BP

4 Konzeptstudien für ein 8.000 TEU Schiff

Die im Rahmen der Studie betrachteten sehr großen Containerschiffe mit einer Kapazität von rund 8.000 TEU entsprechen vom grundsätzlichen Aufbau her den heutigen großen Containerschiffen.

Unkonventionelle Konzepte - wie Katamaran oder SWATH-Schiff - bedeuten einen erheblichen Mehraufwand im Hinblick auf die Investitions- und Betriebskosten für das sehr große Schiff. Sie stehen daher im Widerspruch zur Tendenz, große Schiffe wegen ihrer günstigeren Kostenstrukturen einzusetzen. Dieser Mehraufwand im Hinblick auf die Kosten kann durch mögliche Einsparungen auf Grund neuer Umschlagskonzepte nicht ausgeglichen werden. Beispielsweise sind für Riesenpaletten mit einigen hundert TEU, wie sie auf einem SWATH-Schiff transportiert werden könnten, sehr hohe Investitionen für die speziellen Umschlagsanlagen erforderlich, die zusätzlich zu dem durch das Schiff bedingten Mehraufwand anfallen.

In den folgenden Abschnitten werden nach einleitenden Bemerkungen zur Auswahl der Hauptabmessungen und der Maschinenanlage vier von der Beladung her unterschiedliche Konzepte für sehr große Schiffe vorgestellt.

4.1 Zur Auswahl der Hauptabmessungen

Für eine grobe Abschätzung der Hauptabmessungen eines Schiffes mit einer Kapazität von ca. 8.000 TEU wird von dem bei HDW vorliegenden Entwurf für ein 6.100-TEU-Schiff ausgegangen (Tab. 4-1).

Länge über alles	Loa	[m]	305,0
Länge zw. d. Loten	Lpp	[m]	291,5
Breite	B	[m]	40,0
Seitenhöhe	D	[m]	26,2
Tiefgang, Entwurf	Td	[m]	12,5
Tiefgang, Maximal	Tmax	[m]	14,0

Tabelle 4-1 Hauptabmessungen eines 6.100 TEU-Schiffes

Da der Tiefgang aufgrund der Randbedingungen begrenzt ist, wird für das 8.000-TEU-Schiff von einem Entwurfstiefgang von 13 m und einem Maximaltiefgang von 14 m ausgegangen. Um bei einem Tiefgang von 13 m eine Kapazität von 8.000 TEU zu erlangen, sind unterschiedliche Längen-Breiten-Kombinationen denkbar. Als Basis für die folgenden Betrachtungen wurden L=335m und B=46m gewählt.

4.2 Festlegung von Geschwindigkeit und Antriebsanlage

Die Zeit, die das sehr große Schiff für eine Rundreise Europa-Fernost-Europa benötigt, darf nicht über der Rundreisezeit der heute hier eingesetzten Containerschiffe liegen.

Die Durchschnittsgeschwindigkeit der zur Zeit auf dieser Strecke eingesetzten Schiffe mit einer Kapazität von mehr als 3.500 TEU liegt bei ca. 23 Knoten¹. Die Umschlagszeiten der 8.000 TEU-Schiffe werden etwas höher liegen als die der kleineren Schiffe, aber durch den Einsatz von mehr Containerbrücken pro Schiff und die im vorangegangenen Abschnitt geschilderten Technologien wird das 8.000 TEU-Schiff nicht die doppelte Umschlagszeit eines heutigen 4.000 TEU-Schiffes benötigen. Auch wird das größere Schiff weniger Häfen anlaufen, so daß durch Revierfahrt und Festmachen entstehende Zeitverluste reduziert werden. Für die hier erforderliche erste Abschätzung wird daher davon ausgegangen, daß auch die Geschwindigkeit des großen Schiffes bei etwa 23 Knoten liegen wird.

Diese Geschwindigkeit kann mit der im Hinblick auf die Investitions- und Betriebskosten günstigsten Antriebsalternative erreicht werden: Ein einzelner langsamlaufender Dieselmotor treibt direkt einen Propeller an.

Es wurde zunächst von dem leistungsfähigsten, heute verfügbaren langsamlaufenden Dieselmotor ausgegangen. Der Motor MAN-B&W 12K90MC bietet eine maximale Dauerleistung von 54.840 kW ². Bei 90 % dieser Leistung erreichen die im folgenden vorgestellten großen Containerschiffe eine Service-Geschwindigkeit von ca. 23 Knoten.

Vorausgesetzt ist hierbei, daß Propeller und Hinterschiff für ein Schiff dieser ungewöhnlichen Abmessungen optimiert werden. Sollte es erforderlich sein, die Geschwindigkeit deutlich zu steigern, müßte von einem Motor ausgegangen werden, der heute noch nicht zur Verfügung steht, oder es müßte eine aufwendigere Antriebsanlage mit zwei Motoren und zwei Propellern vorgesehen werden.

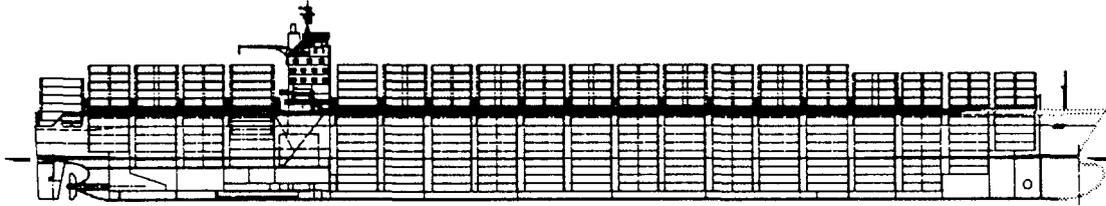
4.3 Das Basis-Containerschiff

Die Abbildung zeigt das Basis-Schiff für die folgenden Betrachtungen. Wie oben bereits erwähnt, handelt es sich hierbei um ein Schiff, das vom grundsätzlichen Aufbau her den heute üblichen großen Containerschiffen entspricht. Das kurze, hohe Deckshaus ist bei etwa 25% der Schiffslänge über der Maschinenanlage angeordnet, vor und hinter dem Deckshaus befinden sich Laderäume mit Führungsgerüsten für den Containertransport. Die Laderäume werden mit Lukendeckeln verschlossen, auf denen ebenfalls Container transportiert werden.

Unter Deck werden bis zu 16, an Deck bis zu 18 Container nebeneinander gefahren. Die zehn Laderäume bieten Raum für 4.688 TEU, an Deck werden 3.336 TEU in bis zu 5 Lagen übereinander gestaut.

¹ Auskunft des ISL, basierend auf MDS-Datenbank

² Two-stroke Engines MC Programme 1994, MAN B&W Diesel A/S 1994



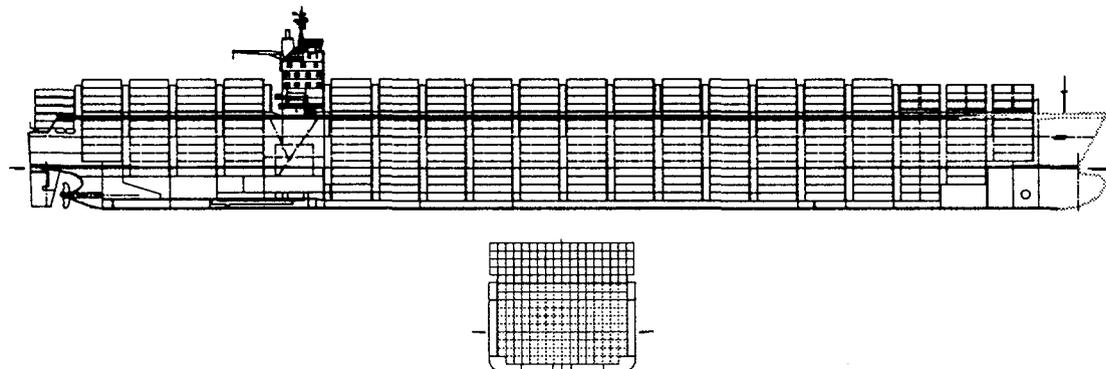
8.000 TEU Schiff, konventioneller Umschlag

Länge über alles	[m]	335,00	Containerkapazität	
Länge zwischen den Loten	[m]	321,00	im Laderaum in Gerüsten	[TEU] 4.688
Breite	[m]	46,00	im Laderaum auf Paletten	[TEU] -
Seitenhöhe	[m]	26,70	im Laderaum gesamt	[TEU] 4.688
Tiefgang (Entwurf)	[m]	13,00	an Deck	[TEU] 3.336
			Gesamtkapazität	[TEU] 8.024
Hauptmaschine Typ		MAN-B&W 12K90MC		
90 % MCR	[kW]	49.360	Geschwindigkeit	[kn] 23,0

Tabelle 4-3 Hauptdaten des Basis-Containerschiffs

4.4 Das offene Containerschiff

Beim offenen Containerschiff wird das Laschen der Container an Deck völlig vermieden, indem die Führungsschienen über die Laderäume hinaus bis zu der obersten Containerlage fortgesetzt werden. Die Laderäume werden nicht durch Lukendeckel verschlossen, bei Bedarf kann über der obersten Lage ein Regenschutz vorgesehen werden.



8.000 TEU Schiff, Open Top

Lediglich für die vordersten beiden Laderäume sind Lukendeckel vorgesehen, da auch bei einem großen Schiff die Möglichkeit besteht, daß bei extremen Seegangsbedingungen Wasser über den Bug des in die Welle einsetzenden Schiffes bis zu diesen Luken läuft. Diese vorderen Laderäume können für bestimmte gefährliche Ladungen verwendet werden, deren Transport nur in geschlossenen Laderäumen bzw. nur an Deck mit lösba- ren Befestigungen zugelassen ist.

Durch das Fahren fast aller Container in Führungsschienen können beim Umschlag Ko- sten und Zeit gespart werden. Ein Nachteil der offenen Schiffe ist ihre geringere Flexibili- tät: Auf den Lukendeckeln eines geschlossenen Schiffes können ohne großen Aufwand Container verschiedener Abmessungen - 20', 24½', 40', 45', 49', ... - transportiert werden.

Länge über alles	[m]	338,00	Containerkapazität	
Länge zwischen den Loten	[m]	324,00	im off. Laderaum in Gerüsten	[TEU] 7.092
Breite	[m]	46,00	im geschlossenen Laderaum	[TEU] 448
Seitenhöhe	[m]	29,00	im Laderaum gesamt	[TEU] 7.540
Tiefgang (Entwurf)	[m]	13,00	an Deck	[TEU] 404
			Gesamtkapazität	[TEU] 7.944
Hauptmaschine Typ			MAN-B&W 12K90MC	
90 % MCR	[kW]	49.360	Geschwindigkeit	[kn] 23,0

Tabelle 4-4 Hauptdaten des offene Containerschiffs

4.5 Das Containerschiff für den Transport von Großpaletten

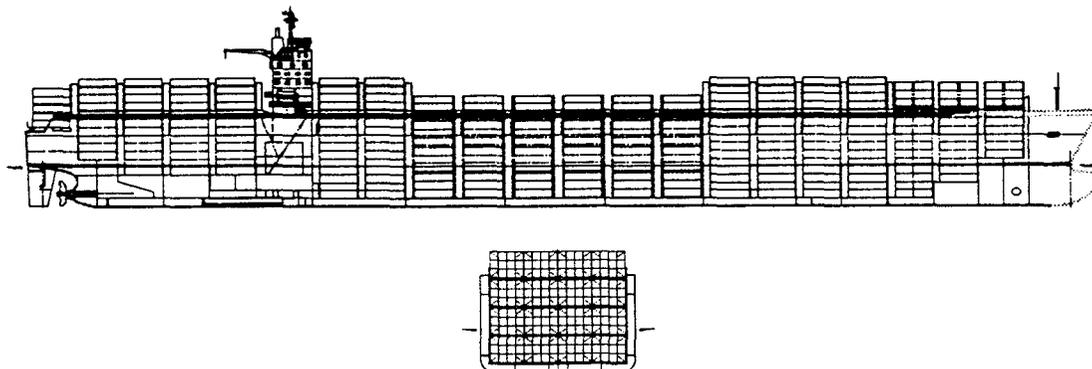
Der in Abschnitt 2.5 vorgestellte Transport von Großpaletten für 3x4 Container (40') erfordert ein Schiff mit etwas anderen Abmessungen. Die Paletten sind vorne und hinten jeweils mit einer Wand versehen. Diese Wände sind mit Führungsschienen für die Container ausgestattet, tragen die höherliegenden Paletten und enthalten die Angriffspunkte für das Anheben der Paletten. Der Boden der Palette muß eine ausreichende Höhe aufweisen, um das Gewicht der zwölf Container zu tragen, und der Abstand zwischen zwei Paletten ist etwas größer als der Standardabstand zwischen zwei Containern. Die Paletten beanspruchen daher in Länge, Höhe und Breite mehr Raum als 12 einzeln transportierte Container.

Die Abbildungen zeigt den Aufbau des entsprechend ausgelegten Schiffes. Da die Paletten ein anderes Umschlaggerät als die einzelnen Container erfordern, werden keine "gemischten Laderäume" - unten Container, oben Paletten - vorgesehen. Laderäume für große Paletten lassen sich schlechter an die Form des Schiffes anpassen als Laderäume für einzelne Container. Die Laderäume im vorderen und hinteren Drittel des Schiffes sind daher nicht für Großpaletten geeignet. Hier werden offene bzw. ganz vorne geschlossene Laderäume für den Transport von Einzelcontainern angeordnet.

Aus Tabelle 4-5 ist ersichtlich, daß die Gesamtkapazität dieses Schiffes geringer ist als die des Basisschiffes. Ungefähr ein Drittel der Gesamtkapazität entfällt auf den Raumbedarf für Großpaletten. Dieser Anteil ist ausreichend, da der Einsatz von Paletten nur für die Container, die im Feeder- oder Binnenschiff weitertransportiert werden, sinnvoll ist.

Länge über alles	[m]	346,00	Containerkapazität	
Länge zwischen den Loten	[m]	332,00	im Laderaum in Gerüsten	[TEU] 2.860
Breite	[m]	46,50	im Laderaum auf Paletten	[TEU] 2.304
Seitenhöhe	[m]	29,00	im Laderaum gesamt	[TEU] 5.164
Tiefgang (Entwurf)	[m]	13,00	an Deck	[TEU] 2.164
			Gesamtkapazität	[TEU] 7.328
Hauptmaschine Typ			MAN-B&W 12K90MC	
90 % MCR	[kW]	49.360	Geschwindigkeit	[kn] 22,8

Tabelle 4-5 Hauptdaten des Containerschiffs für den Transport von Großpaletten



Containerschiff für den Transport von Großpaletten

4.6 Das Containerschiff für den Transport von Containern der Serie 2

Um den Einfluß größerer Behälter auf den Seetransport deutlich zu machen, wurde ein Schiff entworfen, das komplett für die Beförderung von ISO Serie 2 Containern ausgelegt ist. Tabelle 4-6 enthält die hier zugrunde gelegten Maße im Vergleich zu den Abmessungen der ISO Serie 1.

Aus der Tabelle ist deutlich das höhere Volumen der Serie 2 Container zu ersehen. Auch wird die Möglichkeit, in den kleineren Containern höhere Gewichte zu transportieren, ersichtlich.

ISO-Bezeichnung	L mm	B mm	H mm	Maximal- Gewicht kg	Ladungs- kapazität kg	Ladungs- volumen m ³
Serie 1-20'	6.035	2.435	2.591	24.000	22.100	33,00
Serie 1-40', high-cube	12.190	2.435	2.896	30.480	26.460	76,03
Serie 2-24,5', high-cube	7.430	2.595	2.896	30.480	28.000	47,60
Serie 2-49', high-cube	14.935	2.595	2.896	30.480	26.000	100,20

Tabelle 4-6 Daten der Container der ISO-Serien 1 und 2 im Vergleich³

Ein Schiff mit den Hauptabmessungen des unter 4.3 beschriebenen Basisentwurfs hat eine Kapazität von 5.750 Containern der Serie 2 mit einer Länge von 24,5 Fuß. Diese 5.750 Behälter der Serie 2 haben das gleiche Ladungsvolumen wie 8.300 TEU der Serie 1. Sie bieten also zunächst den Vorteil eines höheren Ladungsvolumens, das infolge der palettengerechten Abmessungen auch besser genutzt werden kann. Weiterhin wird der Aufwand im Hafen reduziert, da die Anzahl der zu bewegenden Boxen deutlich geringer ist.

³ Hebeler, H., Impact of Series 2 ISO-Containers on Intermodal Transport

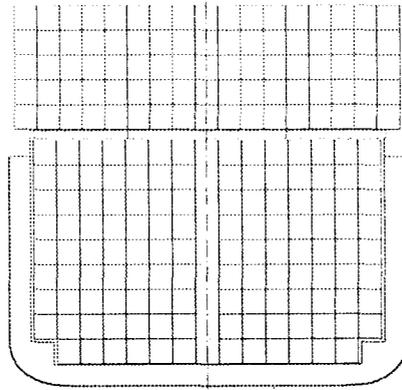


Abb. 4-38 Querschnitt des für ISO-Serie 2 Container ausgelegten Schiffes

Länge über alles	[m]	335,00	Containerkapazität	
Länge zwischen den Loten	[m]	321,00	im Laderaum in Gerüsten	[S2-24,5'-Box] 3.362
Breite	[m]	46,00	im Laderaum auf Paletten	[S2-24,5'-Box] -
Seitenhöhe	[m]	26,70	im Laderaum gesamt	[S2-24,5'-Box] 3.362
Tiefgang (Entwurf)	[m]	13,00	an Deck	[S2-24,5'-Box] 2.390
			Gesamtkapazität	[S2-24,5'-Box] 5.752
Hauptmaschine Typ		MAN-B&W 12K90MC		
90 % MCR	[kW]	49.360	Geschwindigkeit	[kn] 23,0

Tab. 4-7 Hauptdaten des Containerschiffes für den Transport von Containern der Serie 2

4.7 Gegenüberstellung der Kosten

Um den Einfluß der Schiffsgröße deutlich zu machen, wurden am Beispiel der Route Europa-Fernost zunächst die Kosten für ein „konventionelles“ 8000 TEU Schiff mit den Kosten für zwei 4000 TEU Schiffe gleicher Geschwindigkeit verglichen. Abb. 4-39 zeigt eine prozentuale Darstellung der Kosten pro TEU für beide Schiffsgrößen.

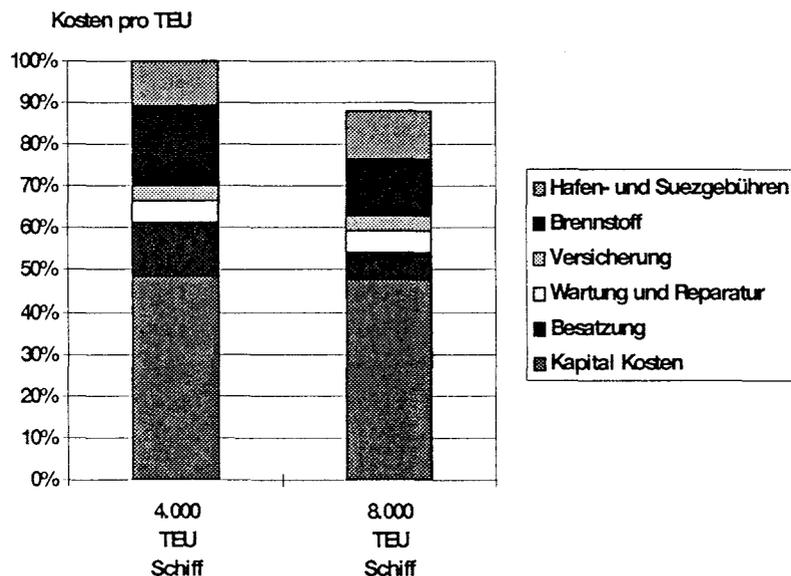
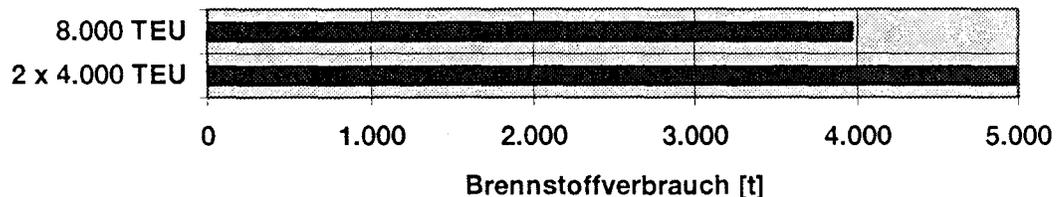


Abb. 4-39 Kosten pro TEU für Containerschiffe verschiedener Größe

Da die Investitionskosten pro TEU für das große Schiff etwas günstiger als für das 4000 TEU Schiff sind, liegen auch die Kapitalkosten und die Kosten für Versicherung sowie Wartung und Reparatur etwas niedriger.

Die Hafen- und Kanalgebühren richten sich nach der Vermessung der Schiffe, also nach der Bruttoreaumzahl BRZ bzw. der Suezvermessung. Die Bruttoreaumzahl pro TEU liegt für das Jumbo-Containerschiff etwas höher als für ein kleineres Schiff, da ein größerer Anteil der Container unter Deck transportiert wird. Somit sind die Hafen- und Kanalgebühren pro TEU für das große Schiff geringfügig höher.

Deutliche Einsparungsmöglichkeiten bietet das Jumbo-Containerschiff bei den Besatzungs- und den Brennstoffkosten. Da die Größe der Fahrbesatzung eines 4000 TEU- und eines 8000 TEU Schiffes gleich ist, können die Besatzungskosten pro TEU annähernd halbiert werden. Bei den Brennstoffkosten ist eine Reduzierung um ca. 20% möglich.



Brennstoffverbrauch auf der Strecke Europa-Fernost

Die Abbildung illustriert die Einsparungsmöglichkeiten auf der Strecke Fernost-Europa. Betont werden muß an dieser Stelle, daß auch ein 4000 TEU-Schiff pro Container sehr viel weniger Energie als andere Verkehrsträger benötigt. So werden nur ca. 6 Liter verbraucht, um einen über 20 Tonnen schweren 40'-Container über eine Strecke von 100 km zu befördern. Dennoch sollte jede Chance genutzt werden, diesen Energieverbrauch weiter zu senken, da große Mengen von Containern über weite Seestrecken transportiert werden.

Bei einer einzelnen Fahrt werden von einem Jumbo-Containerschiff ca. 1000 Tonnen Brennstoff weniger benötigt als von zwei 4000 TEU-Schiffen. Geht man von einer 90%igen Auslastung der Schiffe aus, bedeutet das eine Einsparung von über 280 Litern Brennstoff für einen einzelnen 40'-Container!

Weiterhin wurden die Investitionskosten pro TEU für die verschiedenen Konzepte verglichen (Abbildung 4-41). Das „konventionelle“ 8000 TEU-Schiff CS 8000 und das Open Top Schiff OCS 8000 liegen etwa gleich, der geringfügige Unterschied ergibt sich durch eine etwas geringere Anzahl der Stellplätze beim offenen Schiff.

Deutlich höher ist der Investitionsaufwand pro TEU bei dem Schiff PCS 7300 für den Transport von Großpaletten, da die Kapazität dieses Schiffes durch die teilweise Palettenstauung nur 7300 Container beträgt.

Auch ist aus dem im obersten Balken des Diagramms dargestellten Wert für das für ISO Serie 2 Container ausgelegte Schiff klar ersichtlich, daß sich erhebliche Einsparungs-

möglichkeiten ergäben, wenn sich größere Container durchsetzen würden, die bei geringerer Behälteranzahl ein höheres Netto-Ladungsvolumen bieten.



Investitionskosten pro TEU für verschiedene Konzepte für Großcontainerschiffe

Die Brennstoffkosten pro TEU für die verschiedenen Konzepte zeigen die gleiche Tendenz wie die Investitionskosten, da für alle Konzepte von der gleichen Maschinenanlage ausgegangen wurde und die Brennstoffkosten pro TEU somit direkt von der Containerkapazität abhängen.

5 Schlußbemerkung

Die im Rahmen des BMFT-Vorhabens bei HDW und Noell durchgeführten Konzeptstudien haben Möglichkeiten für eine Steigerung der Kapazität der Schiffe bis zu 8.000 TEU aufgezeigt. Es wurde demonstriert, daß auch bei diesen Schiffen eine Steigerung der Größe zu Kosteneinsparungen führen kann - insbesondere bei den Brennstoff- und Personalkosten - und daß die Effektivität der Überseeterminals erheblich gesteigert werden kann.

In welcher Größenordnung der durch die gesteigerten Schiffsgrößen verursachte Mehraufwand im Hinterland liegt, wurde ebenfalls in der Studie untersucht. Auch wenn nach Abschluß der Studie noch keine eindeutigen Aussagen zur zukünftigen Größe und Geschwindigkeit der Containerschiffe möglich sind, ist doch zumindest gezeigt worden, daß ein Wachstum der Schiffe über die 6.000 TEU-Grenze zu erwarten ist, und daß das zukünftige Containeraufkommen eine Herausforderung für Häfen und Hinterlandverkehre darstellt - unabhängig von der Größenentwicklung der Schiffe - der nur durch eine gemeinsame Anstrengung von Terminal, Werft, Kran- und Anlagenbauer und Reederei begegnet werden kann.

Voraussetzungen und Rahmenbedingungen für Liniendienste mit Jumbo Container Vessels und die Auswirkungen im Hinterland

Dipl. Ing. Horst Hebeler, Eurokai, Hamburg

Dipl.-Volkswirt Burkhard Lemper, Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik, Bremen

1. Einleitung

Die Größe der Containerschiffe ist in den letzten beiden Jahrzehnten kontinuierlich gewachsen. Aktuell neu gebaute und bestellte Großcontainerschiffe haben eine Kapazität von um 5000 TEU; 6000 TEU-Schiffe sind bereits in der Planung. Die Panamax-Größe ist bereits überschritten, und die Tiefgänge der großen Containerschiffe haben bereits heute eine Dimension erreicht, die bei einigen der großen Containerhäfen schon auf Schwierigkeiten stößt.

Kann es mit der Größenentwicklung so weitergehen oder sind irgendwo die Grenzen der Wirtschaftlichkeit erreicht?

Um diese und andere Fragen etwas genauer auszuleuchten hat das BMFT einen Forschungsauftrag an eine Gruppe von Unternehmen vergeben. Zu dieser Gruppe gehörten neben den Howaldtswerken Deutsche Werft AG, LHB und Noell auch Eurokai und das Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik ISL. Im folgenden soll eine sehr geraffte Zusammenfassung des nicht technischen Teils dieser Studie gegeben werden.

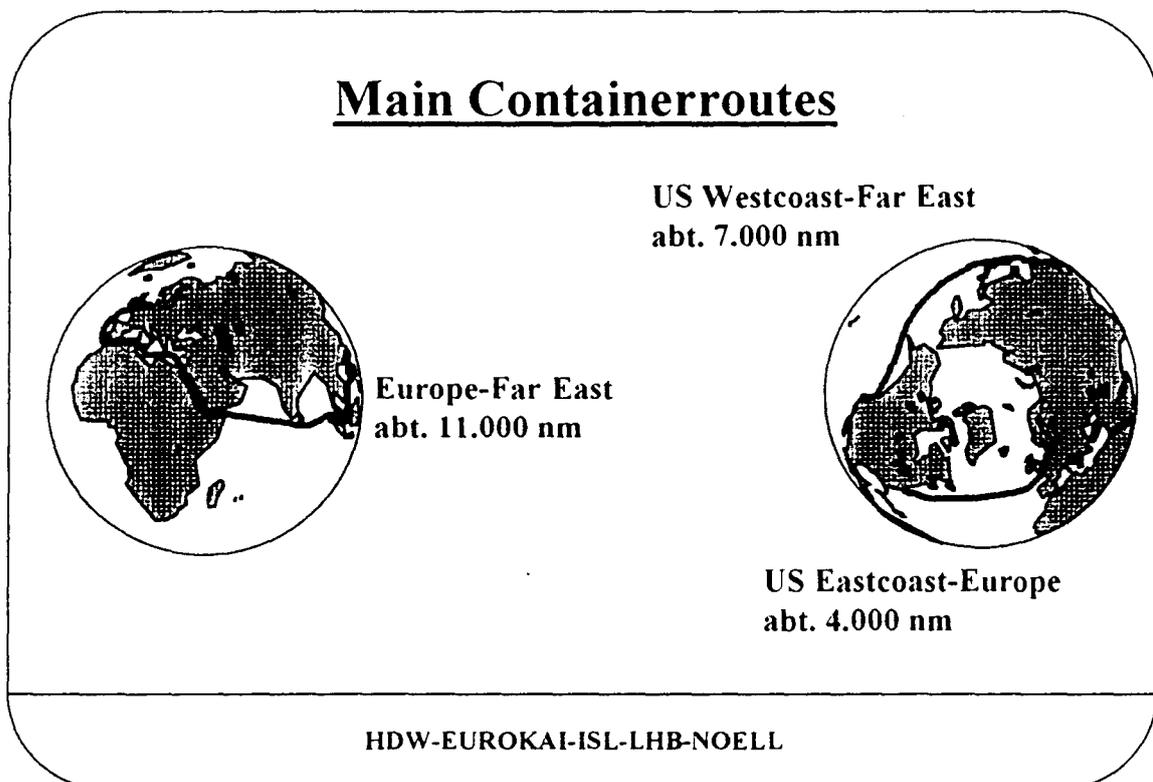
Zunächst wird dabei kurz auf den Bedarf für immer größere Schiffe eingegangen. Anschließend soll erläutert werden, welche Rahmenbedingungen zu dem eben von Dr. Kraus dargestellten Vorschlag von HDW für ein 8000 TEU Schiff geführt haben.

Der dritte Teil des Referates stellt auf die Hinterlandproblematik ab und erläutert, warum es bei den Überlegungen zu einem 8000 TEU Schiff nicht allein auf die technische Machbarkeit ankommt, sondern auf eine Optimierung der Kosten entlang der gesamten Haus-Haus Transportkette unter Berücksichtigung der logistischen Anforderungen der Kunden aus Industrie, Handel und Distribution.

2. Bedarf

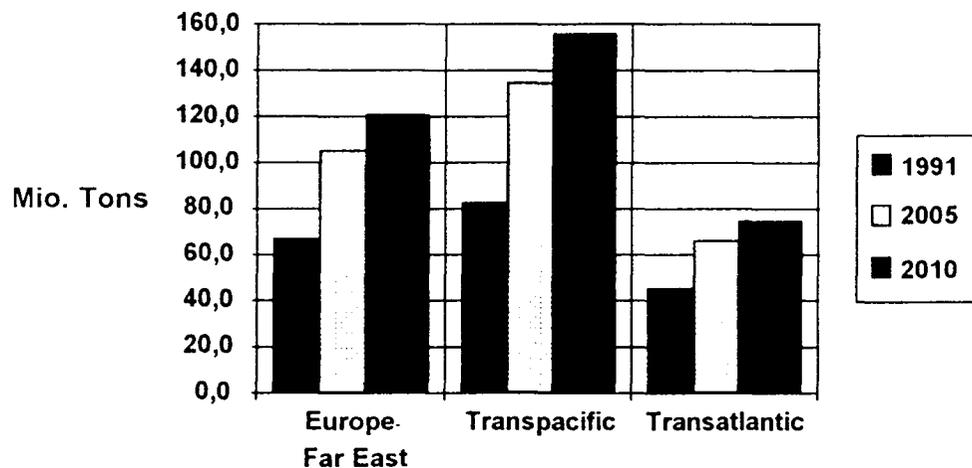
Gibt es überhaupt einen Bedarf, ein entsprechendes Ladungsvolumen für solche Schiffe?

Der Welthandel hat in den letzten Jahrzehnten einen bemerkenswerten Aufschwung erfahren. Die Wachstumsraten liegen seit vielen Jahren über denen des Weltsozialprodukts. In der zweiten Hälfte der achtziger Jahre wurden Steigerungsraten auf Wertbasis zwischen 6 und 9 % verzeichnet und diese Entwicklung dürfte sich nach dem Inkrafttreten der GATT/WTO-Vereinbarungen weiter fortsetzen.



Der größte Teil der weltweit gehandelten Güter wird auf dem Seewege befördert. Das höchste Aufkommen an containerfähigen Gütern ist auf der Transpazifik-Route zu finden, gefolgt von Europa-Fern Ost und der transatlantischen Route. Aufgrund des wachsenden Handels und der weiter fortschreitenden Containerisierung gehen viele Prognosen bezüglich der Volumina im Containerverkehr von einer annähernden Verdopplung der Ladungsmengen bis zum Jahre 2010 aus.

Growing volume of containerisable cargo



HDW-EUROKAI-ISL-LHB-NOELL

Bereits heute ist die Abfahrtdichte in den großen Häfen relativ hoch. Bei einer Steigerung des Ladungsvolumens, wie sie eben angedeutet wurde, würden u.U. zwei Schiffe der heutigen Größe an einem Tag in eine Richtung auslaufen. Aufgrund der Economies of Scale wäre es sinnvoll, ein wie wir es nannten Jumbo Container Vessel (oder JCV) anstatt von zwei im Halbtagesrhythmus hintereinander herfahrenden 4.000 TEU-Diensten einzusetzen. Im Rahmen dieser Aufkommenszuwächse sollte, wenn ein JCV-Dienst zeit- und/oder kostenmäßige Vorteile generiert, ausreichend Ladungspotential vorhanden sein, um diesen neuen Schiffstyp einsetzen zu können.

Ein Bedarf für größere Schiffe kann also gesehen werden. Wo die optimale Größe allerdings liegt, ob eher bei 5000 oder im Bereich von 8.000 TEU, muß noch untersucht werden.

3. Die Rahmenbedingungen für ein 8.000 TEU-Schiff

Eine Voruntersuchung des ISL bezüglich der Rahmenbedingungen unter denen solch große Schiffe operieren müssen legte neben dem Ladungspotential einen besonderen

Schwerpunkt auf den wichtigsten Engpaß, auf den solche Schiffe stoßen dürften - die Wassertiefe in den Häfen und den Hafenzufahrten.

Sehr große Containerschiffe würden aus wirtschaftlichen Gründen wahrscheinlich nur auf den Haupttrouten Europa-Fernost und Transpazifik eingesetzt. Wie sieht es an diesen Strecken mit den Wassertiefen in den Häfen aus ?

In Nordeuropa sind erheblich größere Schiffstiefgänge am leichtesten in Rotterdam und Le Havre zu verkraften. Beide wickeln bereits Massengut-Schiffe mit Tiefgängen bis 20 m ab.

Hamburg kann derzeit unter Ausnutzung der Tide von Schiffen bis 12,8 m Tiefgang angelaufen werden. Die vorgesehenen Vertiefungsmaßnahmen würden den maximalen Tiefgang auf ca. 14 m erhöhen. Für Bremerhaven ergeben sich durch die beschlossenen Ausbaggerungsarbeiten für die Außenweser die gleichen Tiefgangsbedingungen.

Die Wassertiefen in den meisten Häfen Ost- und Südostasiens liegen an der Grenze dessen, was bereits heute von der modernen Containerschiffahrt verlangt wird. Allein Singapur, Hong Kong und Yokohama weisen mit einem möglichen Abladetiefgang zwischen 16,5 und 40 m beste Bedingungen auf.

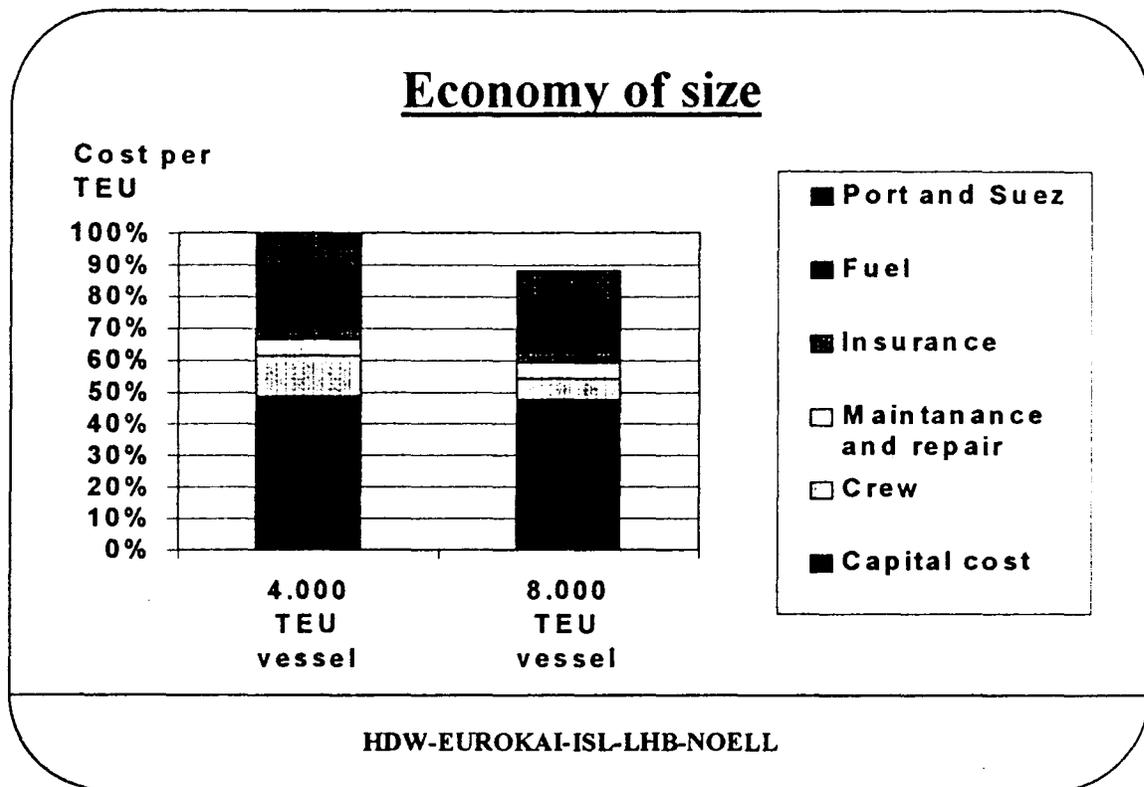
An der nordamerikanischen Westküste dagegen gibt es mehrere Häfen, die JCVs mit überhohem Tiefgang abfertigen könnten.

Der Einsatz von Großcontainerschiffen mit einem Tiefgang, der über das bisherige Maximum in der Containerfahrt hinausgeht, wäre nur an völlig neuen Kaimauern und neu zu errichtenden Terminals möglich.

Als Ergebnis läßt sich folgendes festhalten: In den meisten großen Häfen herrschen Wassertiefen für Seeschiffe mit Tiefgängen zwischen 12 und 14 Metern vor. Nur einige wenige Ausnahmen übertreffen diese Werte.

Die Schlußfolgerung, die daraus zu ziehen wäre, ist, daß zukünftige JCV den Tiefgang der heute üblichen Schiffe der Größenordnung 4.000 TEU, daß heißt 12,5 bis 14,0 m Seewassertiefgang, nicht überschreiten sollten.

Ein höherer Tiefgang hätte zur Folge, daß entweder sehr viele Häfen aus dem Fahrplan solcher JCV-Dienste zu streichen wären oder aber daß sehr hohe Investitionen in den Häfen notwendig sind, um die erforderliche Wassertiefe herzustellen (ganz abgesehen von den ökologischen Einwänden und Widerständen gegen Fahrwasservertiefungen und die Unterbringung des Baggergutes).



Auf Basis dieser Anforderungen wurden bei HDW einiger Vorschläge für ein 8.000 TEU Schiff erarbeitet und der vorhin gezeigte Typ als am ehesten realisierbar eingestuft. Nach Angaben von HDW soll dieses Schiff auf der Route Europa-Fernost gegenüber den heutigen 4000ern eine Kosteneinsparung je beförderten TEU von etwa 12 % ermöglichen.

Aber: Das große Containerschiff ist nicht die allein entscheidende Größe! Nicht alles was technisch machbar ist, ist wirtschaftlich sinnvoll!

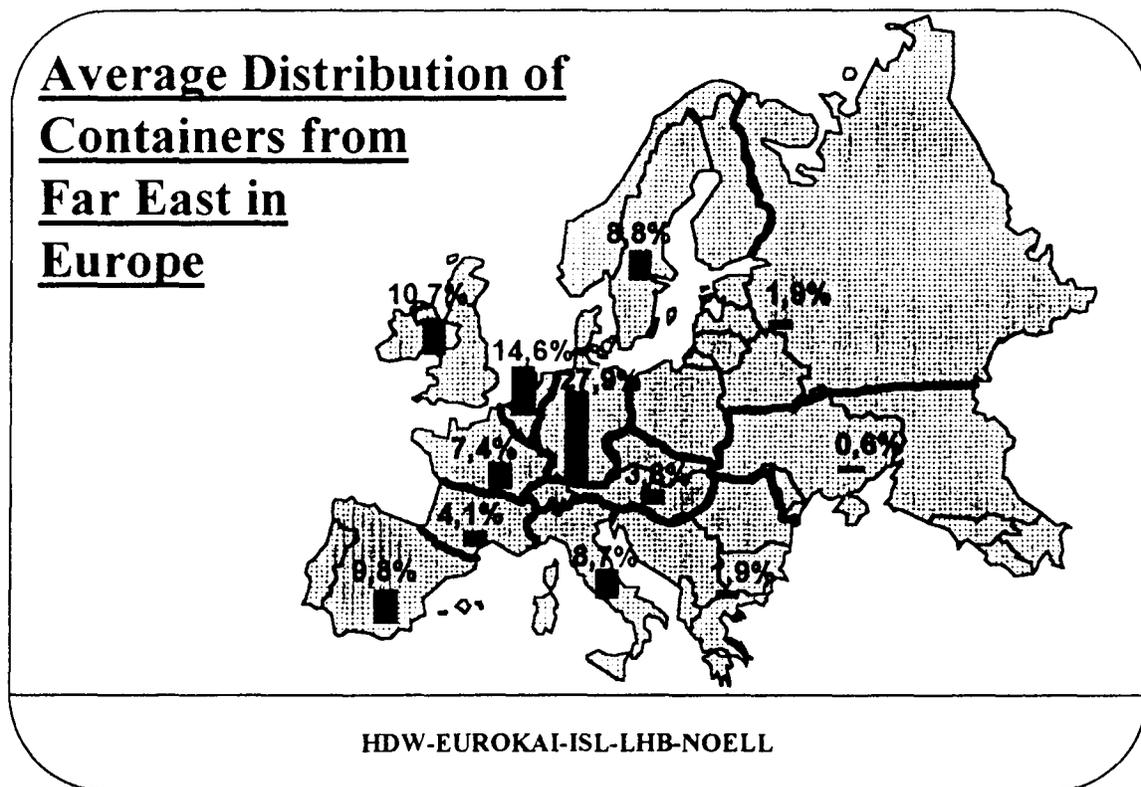
4. Hinterland

Es dürfen bei einer solchen Analyse nicht nur die Seestrecken berücksichtigt werden, sondern es gilt auch, die weiteren Glieder der logistischen Kette einzubeziehen. Auch wenn sich mit sehr großen Schiffen auf der Seestrecke Kostenvorteile erwirtschaften lassen, kann die Wirtschaftlichkeit des gesamten Systems schlecht sein. Wichtig ist die Betrachtung des Gesamtsystems!

Im Rahmen der Studie hat das ISL in Zusammenarbeit mit Eurokai diese gesamtheitliche Betrachtung durchgeführt.

Zunächst einiges zu den Kosten im Hinterland: Es wurden modellhaft die Wege einer repräsentativen Anzahl von Containern im Europa-Fernost-Verkehr erfaßt und die einzelnen Abschnitte der Transportkette mit den entsprechenden Kosten belegt.

Betrachtet wurde zunächst aus Vereinfachungsgründen nur das europäische Ende der Transportkette der Route Europa-Fernost.



Im einzelnen wurde dabei wie folgt vorgegangen: Auf Basis einer unveröffentlichten ISL-Studie und unterschiedlichster Hafendaten wurden die Anteile der Quell- und Zielregionen der Containerverkehre innerhalb Europas bei den Europa-Fernost Verkehren quantifiziert.

Europa wurde dabei in 28 Regionen unterteilt, deren wirtschaftliche Schwerpunkte und/oder geographischen Mittelpunkte der jeweiligen Region ihren Namen gaben. Für jede dieser Regionen wurde abgeschätzt, wie die Verkehrsströme verlaufen.

Dabei wurde ein sehr umfassender Katalog von Kostenkomponenten berücksichtigt. Die weit im Hinterland liegenden Regionen Europas könnten im Prinzip von verschiedenen Häfen aus bedient werden. Beispielsweise kann ein Container mit Ziel in der Region Wien von Häfen im Mittelmeer (Triest, La Spezia oder Genua) genauso umgeschlagen werden wie von Häfen an der Nordsee (Antwerpen, Rotterdam, Bremerhaven oder Hamburg). Es muß also der Hafen-Split Berücksichtigung finden!

Hinterland Transport / Region 13 Vienna

HARBOUR	HARBOUR SPLIT	MODAL SPLIT		FEU PER WEEK	TOTAL COST (ECU/FEU)
HAMB/BRHV.	65%	TRUCK (DIRECT)	15%	12	935
		INTERM-RAILW.	85%	68	888
ROTTERDAM	10%	TRUCK (DIRECT)	40%	5	1302
		INTERM-RAILW.	60%	7	1247
LA SPEZIA	10%	TRUCK (DIRECT)	50%	6	960
		INTERM-RAILW.	50%	6	1076
TRIEST	15%	TRUCK (DIRECT)	100%	18	588
		INTERM-RAILW.			
TOTAL	100%			122	899

HDW-EUROKAI-ISL-LHB-NOELL

Daneben ist der Modalsplit von immenser Bedeutung! Auf dem Wege nach Wien können verschiedene Verkehrsträger bzw. Verkehrsträgerkombinationen zum Einsatz gelangen; dazu gehören Straßen-, Schienen-, Binnenschiffs- und Seefeederverkehre. Der Transport zwischen Ziel- bzw. Aufkommensort und Seehafen kann direkt per LKW, Bahn oder Binnenschiff erfolgen; es kann sich aber auch um gebrochenen Verkehr handeln.

Auf bestimmten Relationen ist außerdem die Einschaltung von Fährschiffen (z. B. in der Ostsee) üblich. Hinzu kommen das Containerhandling im Seehafen, die notwendigen intermodalen Umschlagvorgänge, sowie die Kosten für das Leercontainer-Handling, die

Depothaltung im Hinterland und Leertransporte zum nächstgelegenen Verloader von Exportwaren.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, daß die kostengünstigste Transportalternative gewählt wird. Für eine Reihe von Gütern spielt jedoch der Zeitfaktor die dominierende Rolle, so daß der - auf Langstrecken - teurere LKW den anderen Transportmitteln vorgezogen wird. Es muß daher bei den Modal-Split-Überlegungen im Hinterland der Häfen sowohl der Kosten- als auch der Zeitfaktor berücksichtigt werden.

Als Ergebnis erhält man ein Rechenwerk, das zwar nicht unbedingt die 100%ig exakten Kosten des Hinterlandverkehrs wiedergibt, das aber von der Struktur und der Größenordnung her ein relativ gutes Abbild des Containerhinterlandverkehrs in Europa darstellt. Außerdem errechnet sich je nach Konstellation von Hafen-Split, Modal Split, Preisen und Mengen ein bestimmter monetärer Wert, der für die spätere Beurteilung der Wirtschaftlichkeit herangezogen werden kann.

5. Rundreisekosten auf der Hochseestrecke

Diese sich ergebenden Gesamtkosten für die Verteilung und Rückführung einer bestimmten Menge von Containern im europäischen Hinterland müssen kombiniert werden mit den Kosten des Seetransportes.

Zu diesem Zweck wurden die Kosten von Rundreisen für unterschiedliche Containerschiffstypen gerechnet. Bei gleichen Routen wurden Schiffe mit unterschiedlichen Kapazitäten eingesetzt, beginnend mit 2000 TEU, über 4000 TEU bis hin zu 8000 TEU.

Die einbezogenen Kostenkomponenten sind beispielweise der Bunkerverbrauch, die Besatzungskosten, Reparatur- und Wartungskosten, Versicherungen, Hafen- und Lotsgebühren, Kanalgebühren (in diesem Fall Suezkanal) und natürlich die Kapitalkosten. Eine Rolle spielen auch die Hafentiegezeiten: Sie wurden für den 4000er und den 8000er zunächst gleich angenommen.

Es ergeben sich Gesamtkosten einer Rundreise, die auf die Kosten je TEU umgerechnet wurden. Ergebnis dieser Kalkulationen war, daß das 8.000 TEU Schiff tatsächlich in der Lage wäre auf der Seestrecke Economies of Scale zu erwirtschaften und bei den Kosten je TEU Vorteile hätte. Aber diesen Kostenminderungen stehen auch Mehraufwendungen in anderen Bereichen der Transportkette gegenüber.

6. Szenarienuntersuchungen

Ein JCV kann eben nicht isoliert betrachtet werden. Die damit verbundene Mengenkonzentration hat auch Auswirkungen auf die Transportabwicklung im Hinterland. Beispielsweise muß berücksichtigt werden, daß solche Schiffe andere Anlaufstrategien fahren. Sie laufen u.U. auf einer Rundreise weniger Häfen an und es können sich von daher Änderungen im Hafensplit und damit auch Kostenvariationen im Hinterland ergeben.

Die zukünftigen Dienste mit JCVs werden den Trend zur Reduktion der Zahl der Anlaufhäfen weiter fortsetzen. Allerdings scheinen hier Grenzen gesetzt zu sein. Die großen Häfen, die heute in der Nordrange existieren, haben größtenteils bereits jetzt ein Ladungspotential, das eine Bedienung mit einem JCV-Dienst rechtfertigen würde. Einige dieser Häfen sind auf gar keinen Fall zu übergehen (Rotterdam, Bremerhaven/Hamburg). Deshalb werden auch in Zukunft die JCV's in Europa mehrere Häfen anlaufen, und zwar die, die den großen Produktions- und Verbrauchszentren am nächsten liegen.

PORT MARKET SHARES TO SELECTED HINTERLAND REGIONS*

REGION	TOTAL TEU (x 1000)	% R'DAM	% B'HAVEN	% H'BURG
Germany	2.108	22.3	25.4	52.3
Scandinavia	571	8.8	35.2	56.0
Eastern Europe	198	10.1	39.4	50.5
CH/Austria	172	29.2	30.2	40.6
TOTAL	3.049	20.0	28.0	52.0

Source: German Federal Office of Statistics

Note: * Excludes UK, French, other European Cargo as well as transshipments to and from the Mediterranean

- Germany is by far the largest market for containerized cargo in Europe.
- The Port of Hamburg handles more German, Scandinavian, Eastern European and Swiss/ Austrian cargo than any other port in Europe.

Um eine Abschätzung der sich daraus ergebenden Kostenänderungen vornehmen zu können, haben wir die Betrachtung der Verkehre für eine repräsentative Teilmenge aller Europa-Fernost-Container in unterschiedlichen Szenarien gewählt.

Dabei ist berücksichtigt, daß die Quell- und Zielgebiete der Container in Europa sehr ungleich verteilt sind. So haben nur etwa 25 % aller Container im Mittelmeerraum ihren Bestimmungs- bzw Herkunftsort, während in Nordeuropa 75% ankommen oder ihren Ursprung haben.

Scenarios for the Comparison

	Number of Services	Vessel Capacity	Service Area in Europe	Number of Harbour Calls
Scenario 1	3	4.000	Northern Europe	20
	2	2.000	Mediterranean	
Scenario 2	1	8.000	Northern Europe	12
	1	4.000	Northern Europe	
	1	4.000	Mediterranean	
Scenario 3	2	8.000	Northern Europe plus Gioia Tauro	6

HDW-EUROKAI-ISL-LHB-NOELL

Als Ausgangssituation wurde angenommen, daß eine Kapazität von 16.000 TEU nach Europa bereitgestellt wird. 4.000 TEU sollen im Mittelmeer abgewickelt werden, 12.000 in der Nordrange. Es fahren also heute 2 Dienste mit 2.000 TEU Schiffen ins Mittelmeer, und 3 Dienste mit 4.000ern zur Nordrange. Dabei ist der Hafensplit angenommen, wie er sich heute eingespielt hat.

Um Vergleiche anstellen zu können, muß beim Einsatz von JCV die gleiche Kapazität gestellt werden. Auch die Aufteilung zwischen Nordrange und Mittelmeer muß gleich sein. Deshalb wurde für das Szenario 2 folgende Konstellation gewählt: Im Mittelmeer-Raum

bedient ein 4.000er nur noch vier anstatt der bisher von den zwei Diensten angefahrenen 6-8 Häfen. In der Nordrange werden jetzt ein 8.000er und ein 4.000er eingesetzt.

Hier fällt allerdings die Reduktion der Hafenzahl geringer aus. Es würde beispielsweise nur Göteborg aus den Fahrplänen der Großcontainerschiffe herausfallen. Die Mehraufwendungen bestehen darin, daß im Mittelmeer die vier im Fahrplan des 4.000ers nicht mehr befindlichen Häfen über Feeder angebunden werden und daß in der Nordrange die für Skandinavien bestimmten und bisher in Göteborg direkt gelöschten Container jetzt über andere Häfen und Feederschiffe abgewickelt werden müssen.

Verstärkt wird diese Tendenz im dritten Szenario. Dort fahren nur noch zwei JCV-Dienste, die beide im Mittelmeer anhalten und beide weiter zur Nordrange fahren, um dort je zwei, maximal drei, Häfen zu bedienen. Im Mittelmeer kann aufgrund der Restriktionen bei der Rundreisezeit und der hohen Kapitalkosten nur ein Hafen in Frage kommen, der möglichst nah an der Hauptroute durch das Mittelmeer liegt. Hier wurde Gioia Tauro gewählt, da es gegenüber Malta den Vorteil hat, auf dem Festland zu liegen.

In Nordeuropa würden beispielsweise Antwerpen und Göteborg nicht in den Fahrplänen der beiden großen Dienste auftauchen. Diese Reduktion der Anzahl der direkt bedienten Häfen bewirkt natürlich eine weitere Steigerung in den Transportkosten. Alle Mittelmeercontainer müssen nun von Gioia Tauro aus mit dem Feeder weiter verteilt werden. In Nordeuropa werden die bisher über Antwerpen gerouteten Container zwischen Rotterdam und LeHavre aufgeteilt, die Göteborg Container laufen über Hamburg/Bremerhaven.

Es ergeben sich also zum einen eine Reihe von zusätzlichen Feederstrecken und zum anderen ein etwas anderer Modalsplit im Hinterland (da die Anteile der einzelnen Verkehrsträger im Hinterlandtransport der verschiedenen Häfen unterschiedlich sind).

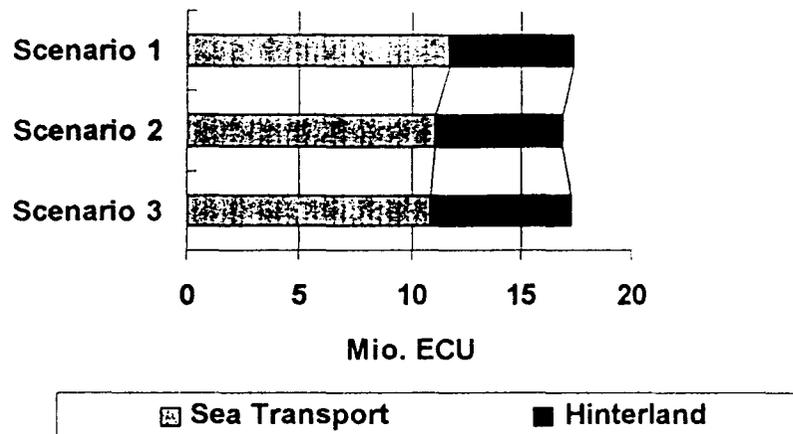
7. Ergebnis der Szenarien-Untersuchungen

Als Ergebnis läßt sich folgendes festhalten: Betrachtet man den Überseetransport für sich allein, so kann mit den größeren Schiffen ein Vorteil erwirtschaftet werden. Eine Bündelung der Verkehre auf wenige Häfen, insbesondere im Mittelmeer, wird mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einer Veränderung beim Modal Split und zu einer Steigerung auf der Kostenseite führen.

Insgesamt würde die Kostenentwicklung in den drei Szenarien wie folgt aussehen: Gegenüber der Ausgangssituation ergeben sich beim Szenario zwei spürbare Kostenvorteile. Die Einsparungen auf der Seestrecke werden nur zu einem kleinen Teil im Hinterland wieder kompensiert. Anders im Szenario drei. Dort werden die weiter steigenden Vorteile des großen Schiffs praktisch aufgehoben durch den Mehraufwand im Hinterland.

Results of the Comparison

Costs for Sea Transport and Hinterland Transport



HDW-EUROKAI-ISL-LHB-NOELL

8. Schlußfolgerungen und Aussichten

Es bleibt also festzuhalten, daß die Grenzen für den Einsatz von größeren Containerschiffen momentan noch nicht in der technischen Realisierbarkeit zu sehen sind. Das Problem liegt vielmehr in der aus Sicht der Reeder notwendigen Reduktion der Anlaufhäfen.

Es kommt zum einen darauf an, einen geeigneten Mittelweg zu finden zwischen der Konzentration auf wenige Häfen und der Kostenentwicklung im Hinterland.

Zum zweiten gilt es, den Hinterlandtransport besser zu organisieren und kostengünstiger zu gestalten. Teilweise wird dieses quasi automatisch erfolgen. Die Steigerung der Containermengen in einem Hafen und auch die zeitliche Bündelung dürften es mit sich bringen, daß Containerströme in einzelne Regionen so groß werden, daß sich beispielsweise Ganzzüge oder Binnenschifftransporte lohnen könnten und so Transporte vom teuren und ökologisch unerwünschten Verkehrsträger Lkw auf günstigere Verkehrsmittel umgelenkt werden könnten.

Die dritte Aufgabe besteht darin, die Kosten im Hinterland durch die Weiterentwicklung der Verkehrsträger und Umschlagsysteme zu senken.

Ein anderer Ansatzpunkt ist der Feederverkehr. Das Problem besteht heute darin, daß der Kostenvorteil anscheinend noch nicht ausreicht, um die zeitlichen Nachteile zu kompensieren. Es kommt also darauf an, die Geschwindigkeit des Feedertransportes zu steigern ohne dabei die Kosten zu erhöhen. Der Gedanke dies über die Schiffsgeschwindigkeit zu tun, wurde aufgrund der hohen Kosten und des geringen Anteils der Fahrtzeit am Gesamttransport schnell verworfen. Die Chance werden eher in einer Beschleunigung und Verbilligung des Umschlages gesehen.

Die gemachte Unterstellung, daß die Hafenziegezeiten des 8.000ers gegenüber den heutigen unverändert bleiben soll verlangt eine erhebliche Beschleunigung des Umschlages der großen Schiffe. Noell hat dazu eine Terminalidee entwickelt, die in der Lage sein könnte, die Terminalproduktivität so zu steigern, daß die Hafenziegezeiten sich, wie angenommen nicht erhöhen, die Fahrpläne also vergleichbar bleiben. Da infolge der doppelten Umschlagmengen gegenüber zwei mit genügend großem zeitlichem Abstand abgefertigten Schiffen á 4.000 TEU jedoch eine wesentlich höhere Lagerkapazität an Land vorgehalten werden muß, werden sich die Umschlagkosten nicht unwesentlich erhöhen müssen.

Neben den damit verbundenen Investitionen ergibt sich für die Umschlagunternehmen die eigentliche Herausforderung durch die extreme zeitliche Konzentration des Ein- und Ausgangs an Containern. Die Anforderungen an die Infrastruktur und die Logistik auf dem Terminal werden mit den wachsenden Containermengen, und das unabhängig vom JCV, in Zukunft sicher steigen. Die deutschen Seehäfen haben diese Herausforderung angenommen und durch anforderungsgerechten Ausbau ihrer Kapazitäten beantwortet. Gleiches gilt auch für die Wasserstraßenverwaltung des Bundes, die die für 14 m tiefgehende Schiffe notwendigen Anpassungsmaßnahmen in Kürze durchführen werden. Damit wird der kostengünstigste und ökologisch sinnvollste Verkehrsträger, das Seeschiff, seine Waren auch weiterhin so direkt wie möglich an die Industrie- und Verbrauchszentren bringen kann.

Planerische und bautechnische Auswirkungen des Einsatzes großer Containerschiffe

Dipl.-Ing. Wolfgang Hurtienne

Strom- und Hafengebäude, Freie und Hansestadt Hamburg

In Diskussionen um Hafen und Schiff ist oft die kritische Forderung zu hören, "paßt die Schiffe den Wasserwegen an" und nicht umgekehrt. Das erscheint - wie viele populistische Forderungen - vor dem Hintergrund befürchteter nachteiliger ökologischer Folgen von Fahrwasservertiefungen auf den ersten Blick verständlich. Was zunächst aber plausibel erscheinen mag, entpuppt sich bei näherem Hinsehen als ein "frommer Wunsch", zumindest dann, wenn diese Forderung an die Adresse der Häfen gerichtet ist. Die Frage, ob eine Beschränkung der Schiffsgrößenentwicklung umwelpolitisch und ordnungspolitisch wünschenswert, vor allem aber auch durchsetzbar ist, muß ein Seehafen an die Adresse supranationaler Regierungs- und Nichtregierungsorganisationen verweisen. Tatsächlich würde eine Begrenzung der Schiffsgrößen die Häfen um einige Sorgen erleichtern. Denn: Aus Sorge um die Wettbewerbsfähigkeit des Hafens als Wirtschaftsstandort und aus sozialer Verantwortung um die mit dem Hafen direkt und indirekt verbundenen Arbeitsplätze - in Hamburg sind es ca. 140.000 - bleibt der öffentlich-rechtlichen Hafenverwaltung keine andere Wahl, als den ständig steigenden Anforderungen der Transportwirtschaft an die Hafeninfrastruktur bestmöglich gerecht zu werden. Der Hafen reagiert somit auf die Bedürfnisse der Transportwirtschaft und tritt dabei in erhebliche finanzielle Vorleistungen. Was an Einflußmöglichkeit bleibt, ist dennoch nicht gering: Eine zumindest indirekte Steuerung von Ladungsströmen über attraktive Infrastrukturangebote. Damit übernimmt der Hafen auch einen

Teil Verantwortung in der Verkehrspolitik. Und wir tun dies mit großem Engagement in dem Bewußtsein, daß das Seeschiff, dem selbstverständlich unsere besondere Aufmerksamkeit gilt, das wirtschaftlichste und umweltfreundlichste Güterverkehrsmittel ist.

Die Abmessungen der heute größten Hamburg anlaufenden Containerschiffe mit Kapazitäten bis 4.800 TEU belaufen sich auf Länge 295 m, Breite 36 m und Tiefgang 13,50 m (Frischwasser). Bei unseren planerischen und bautechnischen Überlegungen gehen wir von einem weitgehend unveränderten Tiefgang bei den größten geordneten Schiffen mit Kapazitäten um die 5.000 TEU aus. Veränderungen in Länge und Breite hingegen sind abzusehen. Darauf stellt sich die Hafenplanung gegenwärtig ein. Wie sich die fernere Zukunft der Containerschiffsgrößen darstellen wird, läßt sich derzeit noch nicht sicher abschätzen. Kennzeichen der Hafenplanung ist ein Höchstmaß an Flexibilität, um auf wirtschaftliche Veränderungen angemessen und ohne Verzögerungen reagieren zu können. Dennoch sind Festlegungen bei den heute zu projektierenden und zu finanzierenden Vorhaben unumgänglich, die sich nicht auf Fiktionen stützen können, sondern nicht zuletzt nach dem politisch machbaren zu treffen sind.

Im folgenden will ich mich mit den planerischen und bautechnischen Auswirkungen auf die Häfen auseinandersetzen, mit denen der Einsatz großer Containerschiffe verbunden ist. Ich orientiere mich dabei beispielhaft am Hamburger Hafen und an den aktuellen Ausbau- und Anpassungsmaßnahmen, die zwar auf die jetzt zu erwartenden Schiffsgrößen abzielen, grundsätzlich aber auch den Handlungsbedarf für noch größere beschreiben.

Die erste Assoziation bei wachsenden Schiffsgrößen ist sicher die erforderliche Vertiefung und Anpassung von Fahrwassern. Zur Verbesserung der seewärtigen Zufahrt des Hafens hat die

Freie und Hansestadt Hamburg im April 1990 beim Bundesministerium für Verkehr die Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe an die Bedürfnisse der Containerschiffe der 4. Generation beantragt. Die Elbe ist eine Bundeswasserstraße und auch die Wasserflächen des Hamburger Hafens, die zur Elbe gehören, sind Bestandteil der Bundeswasserstraße Elbe. Die Verwaltung und Unterhaltung des hamburgischen Teils der Elbe war allerdings schon Anfang der 20er Jahre vertraglich an die Hansestadt delegiert worden. Außerdem haben sich das Reich, jetzt der Bund, zu bestimmten Ausbauzielen zur Herstellung der erforderlichen Wassertiefen der Unterelbe verpflichtet, insbesondere zu der Sorge dafür, "daß in der Regel die größten Seeschiffe Hamburg unter Ausnutzung des Hochwassers erreichen können".

Die derzeitige Fahrrinntiefe läßt eine tideunabhängige Zu- und Abfahrt von Containerschiffen mit einem maximalen Frischwassertiefgang von 11,90 m zu. Bei größeren Tiefgängen bestehen zeitliche Restriktionen. So kann ein Schiff mit 12,80 m Tiefgang Hamburg z.B. nur während eines relativ kurzen Zeitraumes während einer Tide verlassen. Ausbauziel ist es, Schiffen mit einem Tiefgang bis zu 12,80 m ein jederzeitiges Ein- und Auslaufen im Hamburger Hafen zu bieten.

Derzeit laufen 195 große Containerschiffe der 3. und 4. Generation den Hamburger Hafen an. Davon haben zur Zeit 131 Schiffe einen möglichen Maximaltiefgang von 12,50 m bis 13,50 m (Frischwasser). Bei jeweils 5-6 Hafenanläufen dieser Schiffe pro Jahr werden damit schon heute mindestens 650 Schiffsankünfte in Hamburg verzeichnet, die unter Ausnutzung des Maximaltiefgangs nur bei günstigen Tideverhältnissen oder nur mit zeitlichen Restriktionen möglich sind.

Der Bund hat den Fahrwasserausbau von Unter- und Außenelbe in den vordringlichen Bedarf des Bundesverkehrswegeplanes 1992 eingestellt. Zur Vorbereitung des erforderlichen Planfeststel-

lungsverfahrens werden die Auswirkungen des Ausbaus durch mathematische Modellversuche und Simulationen von Schiffsfahrten mit einem Bemessungsschiff ermittelt sowie umfangreiche Umweltverträglichkeitsuntersuchungen durchgeführt. Es ist vorgesehen, die Fahrrinne nur abschnittsweise zu vertiefen und an einigen Stellen zu verbreitern, um den unterschiedlichen Belangen von Schifffahrt, Wasserwirtschaft und Ökologie Rechnung zu tragen. Voruntersuchungen haben ergeben, daß bei einer Vertiefung, die wesentliche Strecken mit bereits heute vorhandenen, natürlichen Übertiefen umfaßt, die Auswirkungen auf Wasserstände, Sturmflutscheitelwasserstände und -strömungen und auf die Ökologie in einem vertretbaren Rahmen bleiben. Negative Auswirkungen auf die Umwelt müssen und können durch sorgsam geplante Ausgleichsmaßnahmen kompensiert werden. Angesichts der erwarteten nur geringen hydromechanischen Auswirkungen bei einem Teilausbau der Fahrrinne ist aber nur mit relativ geringen Beeinträchtigungen zu rechnen. Der Sturmflutscheitel wird sich voraussichtlich um weniger als 5 cm erhöhen. Es wird auch nicht erwartet, daß es zu wesentlichen Flächenveränderungen bzw. -verlusten von Flachwasser- und Wattgebieten oder nicht eingedeichten Vorländereien kommt.

Auch in der für die Aufnahme in den Bundesverkehrswegeplan erforderlichen Nutzen-Kosten-Untersuchung hat sich die geplante Fahrrinnenanpassung unter Einbeziehung der Kosten für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen als volkswirtschaftlich sinnvoll erwiesen.

Selbstverständlich kann die Fahrwasseranpassung nicht an den Hafeneinfahrten haltmachen. Während zu den Liegeplätzen im westlichen Hafenteil, wo das größte Kontingent im Containerumschlag abgefertigt wird, gegenwärtig Wassertiefen zwischen -12,60 m kN und -13,60 m kN vorgehalten werden, machen die Verhältnisse im mittleren Freihafen eine Anpassung des Fahrwassers an die Wassertiefen der Elbe notwendig, um zu vermeiden, daß die beiden Containerterminals Tollerort und Unikai

vom Verkehr mit tiefgehenden Containerschiffen abgeschnitten werden. Ein entsprechendes Ausbauprogramm mit einem Investitionsvolumen von rd. 15 Mio. DM läuft seit 1992. Die Solltiefe von gegenwärtig -11,10 m kN wird auf -13,60 m kN vergrößert. Bei der Planung einer solchen nicht unerheblichen Vertiefung des Fahrwassers im Hafen ist neben nautischen Erfordernissen auch die technische Auslegung der angrenzenden Kaimauern und Hafenanlagen zu berücksichtigen. Um deren Standsicherheit nicht zu beeinträchtigen bzw. zusätzliche Sicherungsmaßnahmen zu begrenzen, muß die vertiefte Fahrrinne einen ausreichenden Abstand halten. Bei der Planung von Linienführung und Manövrierflächen wurden die Ergebnisse umfangreicher Fahrversuche an der Schiffssimulationsanlage SUSAN in der Fachhochschule Hamburg, Fachbereich Seefahrt berücksichtigt.

Mit der Anpassung der Fahrwassertiefen im mittleren Freihafen an die Wassertiefen des Elbstroms eng verknüpft ist die Schaffung eines Drehkreises im Kuhwerder Vorhafen. Der bestehende Wendekreis vor dem Kaiser-Wilhelm-Höft mit einem Durchmesser von 350 m wird insbesondere von Schiffen genutzt, die am Unikai-Containerterminal und am Tollerort-Containerterminal festmachen. Die Ausweitung des Drehkreises, vor allem für die im Fernostverkehr eingesetzten großen Schiffe erfordert erhebliche bauliche Eingriffe in die dortige Hafenstruktur. Die Spitze des Kaiser-Wilhelm-Höfts wird zurückgebaut werden müssen, um den Drehkreis in einer ersten Stufe zunächst auf einen Durchmesser von 400 m zu vergrößern. Betroffen ist auch eine benachbarte Werft, mit der Einvernehmen über die Umgestaltung ihres angrenzenden Dockkomplexes herzustellen war. Diese Maßnahme steht unmittelbar im Zusammenhang mit dem Ausbau von Kaianlagen am Tollerort-Containerterminal und dem Unikai-Containerterminal. Allein für die jetzt vorgesehene Stufe der Aus- und Umbaumaßnahmen für Großcontainerschiffe im mittleren Freihafen sind ca. 75 Mio. DM zu veranschlagen. Das Beispiel mittlerer Freihafen zeigt auch sehr eindrucksvoll, daß es in einem bestehenden, gewachsenen Hafen-layout oft nicht aus-

reicht, mit einzelnen Vorhaben auf die Schiffsgrößenentwicklung zu reagieren, sondern daß vielmehr ein Bündel komplementärer Anpassungsmaßnahmen erforderlich ist, um die Abfertigung der großen Containerschiffe möglich zu machen.

Der westlich des Köhlbrands gelegene Teil des Freihafens bietet aufgrund seines Zuschnitts günstige Voraussetzungen für die Abfertigung der größten Containerschiffe. Gleichwohl ist auch dieser Hafenteil einem ständigen Anpassungsprozeß an die Größenverhältnisse in der Transportwirtschaft unterworfen. Die Devise lautet: Vorhalten einer ausreichenden Zahl von Großschiffsliegeplätzen zur Vermeidung von Wartezeiten und Schaffung großer zusammenhängender Kaiumschlags- und Operationsflächen.

Demzufolge war der Bau des 10. Liegeplatzes stromseitig am Containerterminal Burchardkai erforderlich geworden. Der Containerterminal Burchardkai ist mit rd. 1,4 Mio. m² Fläche der größte Terminal im Hamburger Hafen. Dort wird etwa die Hälfte des gesamten Containerumschlags im Hafen bewältigt. Untersuchungen zur Kapazität des Terminals hatten ergeben, daß durch den Bau des 10. Liegeplatzes in Fortsetzung des Stromliegeplatzes 8 noch einmal eine bedeutende Kapazitätserweiterung ermöglicht wird. Die zukunftssichere Auslegung eines solchen neuen Liegeplatzes berücksichtigt dabei selbstverständlich technische Randbedingungen, die über die heute in Fahrt befindlichen Schiffe hinausgehen. Die bautechnischen Schwierigkeiten, die es bei diesem Vorhaben zu lösen galt, sind charakteristisch für gleichartige Projekte im Hamburger Hafen. Es handelt sich dabei vor allem um

- die Größe des Geländesprunges,
- die problematischen Bodenverhältnisse,
- die Minderung der Kolkbildung.

Die größeren Tiefgänge der Containerschiffe führen beim Kaimauerbau zu entsprechend größeren Geländesprüngen. Beim Liegeplatz 10 beispielsweise beträgt der Geländesprung 24,50 m. Die Kaikonstruktionen haben dann Gründungstiefen zwischen NN -25 und 30 m. Besonders problematisch bei der Einbringung der Wand ist der Baugrund im Übergangsbereich zwischen dem jungtertiären Glimmerton und den aufliegenden eiszeitlichen Schichten. Dort befinden sich in einer Mächtigkeit von 2-6 m Schichten von Grobsand und -kies sowie Geröll und z.T. große Steine. Um die hindernisreichen Schichten im Baugrund zu überwinden, werden in Hamburg unterschiedliche Konstruktionen und Bauverfahren angewandt, je nachdem, ob es sich um eine Wasserbaustelle oder eine Landbaustelle handelt. Beim Bau des 10. Liegeplatzes kamen beide Verfahren zur Anwendung. Ob nun im Wasserbereich eine Rohrwand im Drehbohrverfahren eingebracht wird oder bei einer Landsituation Spundwandprofile in einen Schlitz eingestellt werden, entscheidend ist die Möglichkeit des planmäßigen Einbringens in den hindernisreichen Baugrund.

Neben den geeigneten Kaimauerkonstruktionen, passenden Bauelementen und Bauverfahren sowie der Berechnung des Tragverhaltens von Kaimauern stellt die Berücksichtigung der Kolkstiefen ein Problem dar, dem besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden muß. Zunehmend größere Schiffe erfordern entsprechend größer ausgelegte Querstrahlruder, die ebenso wie die Hauptmaschine eine erhöhte Erosion der Hafensohle verursachen. Es hat sich gezeigt, daß der bisher angenommene Kolkzuschlag von 1 m durch gemessene Auskolkungen von 2-3 m tatsächlich weit überschritten wird. Einen gewissen Kolkschutz bietet nach gegenwärtigem Kenntnisstand die Rückverlegung der geschlossenen Wand. Auch durch eine geneigte vorn liegende Wand, bei der durch Strahlruder erzeugte Strömung vorwiegend zur Wasseroberfläche abgelenkt wird, kann die Auskolkung deutlich gemindert werden.

In Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Dresden wird gegenwärtig mit einem umfangreichen Untersuchungsprogramm der Zusammenhang zwischen schiffserzeugten Strömungen und Kolken erforscht.

Während die Bauarbeiten am 10. Liegeplatz mit einem Kostenaufwand von über 40 Mio. DM ihrem Ende entgegengehen, laufen die Planungen für einen weiteren Großschiffsliegeplatz am Containerterminal Burchardkai bereits auf Hochtouren. Im östlichen Teil des Waltershofer Hafens wird ein weiterer Großschiffsliegeplatz geschaffen, indem eine Kaimauer mit einem Vorbaumaß von 22 m vor die bestehende alte Konstruktion gesetzt wird. Durch den Vorbau werden die konstruktiven, insbesondere auch statischen Voraussetzungen für den Einsatz von Kränen mit über 30 m Spurweite für die Abfertigung sehr breiter Post-Panmaxschiffe geschaffen. Mittelfristig wird der Burchardkai so auf ganzer Länge für die Abfertigung auch dieser Großcontainerschiffe ausgerüstet.

Ein tiefgreifendes Umstrukturierungsprogramm ist auch für die gegenüberliegenden Anlagen des Eurokai-Containerterminals vorgesehen. Mit dem Bau des Liegeplatzes 6 in westlicher Verlängerung des Predöhlkais wird noch in 1995 begonnen werden, ein weiterer Liegeplatz wird vertieft. Daran anschließen wird sich der Liegeplatz 7 am Predöhlkai, dessen Bau einhergehen wird mit der schrittweisen Verfüllung des gesamten Griesenwerder Hafens, was dem Terminal mittel- bis langfristig einen Flächenzugewinn von über 20 ha verschaffen wird. Es ist auch dies Teil der Hafenerweiterung nach innen, d.h. vor allem Arrondierung ursprünglich kleinteilig genutzter Hafenstrukturen zugunsten großzügiger Flächenzuschnitte für das Handling der das Hafensbild prägenden Boxen. Innerhalb von 10 Jahren konnten wir in Hamburg so rd. 170 ha Fläche zugewinnen.

Darüber hinaus wird im Hafenerweiterungsgebiet Altenwerder ein von vornherein auf die Bedürfnisse der Transportlogistik zugeschnittener Terminal mit 4 Großschiffsliegeplätzen entstehen. Auch hier untersuchen die Planer zunächst, wie sich die zunehmenden Schiffsgrößen gefahrlos zu den Liegeplätzen navigieren lassen. Auch hier wird die Planung von Linienführung und Breite des Fahrwassers sowie ausreichender Manövrierflächen begleitet durch umfangreiche Fahrversuche auf der Schiffssimulationsanlage SUSAN.

Die großen Projekte von Strom- und Hafenbau erfordern wasserseitig zunächst einmal die Schaffung der für die größten Containerschiffe erforderlichen Wassertiefen, d.h. es muß gebaggert werden. Allein im Zuge der Fahrwasseranpassung des mittleren Freihafens wurde in 1993 in einer ersten Stufe etwa 1/2 Million m³, in diesem Fall vorwiegend sandiges Material, aus der Stromelbe gefördert. Problematischer, weil z.T. kontaminiert durch Schadstoffeinleitungen im gesamten Einzugsbereich der Ober- und Mittelelbe ist der Schlick aus den inneren Hafengebieten. Der Schlick ist mit Schwermetallen und organischen Schadstoffen belastet. Zu baggern sind im langjährigen Jahresmittel in allen Hafengebieten und -zufahrten rd. 2,5 Mio. m³. Bei geringem mittleren Oberwasserabfluß (z.B. 1990 mit 450 m³/s) liegt der Wert erfahrungsgemäß höher und bei hohem Oberwasserabfluß (z.B. 1987 mit 1.130 m³/s) entsprechend niedriger. In den Hafeneinfahrten sorgen Strömungswalzen für besonders hohe Sedimentationsraten. Sie sind vergleichbar mit dem Effekt beim Umrühren einer Teetasse: Im Zentrum der Drehströmung ist die "Sedimentation" der Teeblätter am größten.

Von der jährlich anfallenden Baggergutmenge von rd. 2,5 Mio. m³ verbleiben nach entsprechender Aufbereitung durch Abtrennen des schadstofffreien Sandes und weitgehender Entwässerung des Schlicks in der eigens für diesen Zweck gebauten Anlage METHA (Mechanisch-Technische-Anlage zur Aufbereitung von Hafenschlick) rd. 900.000 m³ Elbschlick zur Unterbringung,

die z.Zt. noch allein in Hamburg möglich ist. Der kontaminierte, entwässerte Schlick wird unter strengen technischen Sicherheitsmaßnahmen zu zwei Schlickhügeln aufgeschichtet, die so "naturnah" wie möglich in das Landschaftsbild eingepaßt werden. Erfolgversprechend erscheinen seit neuestem auch Überlegungen zur Unterbringung in ausgesolten Salzkavernen in etwa 1.000 m Tiefe. Gleichwohl kann das Elbschlickproblem erst dann als gelöst betrachtet werden, wenn die Schadstoffeinleitungen insbesondere der Oberlieger in die Elbe auf ein erträgliches Maß reduziert sind und die sogenannten "hot spots" im Oberlauf der Elbe und ihrer Nebenflüsse entfernt sind, so daß wieder eine schadlose Unterbringung oder Verwertung möglich ist. Gegenwärtig sind die zur Aufrechterhaltung der Wassertiefen für die größten Containerschiffe anfallenden Baggergutmengen ein schwer auf dem Haushalt von Strom- und Hafenausbau lastendes Problem.

Solange eine nachhaltige Lösung des Baggergutproblems noch auf sich warten läßt, wird von verschiedenen Seiten her versucht, das Baggergutproblem zu entschärfen. Ein Ansatz ist in der Verfeinerung der Wassertiefenermittlung und des Baggerplans zu sehen. Die Auswertung von aus Peilungen gewonnenen hydrographischen Daten ist einerseits wesentliche Grundlage zur Beurteilung der Verkehrssicherheit andererseits aber auch Informationsbasis für die Unterhaltung und Herstellung der Gewässersohle in Häfen und deren Zufahrten. Unser Bestreben geht dahin, möglichst viele Daten zu erfassen, um ein noch sehr viel genaueres Bild der Sedimentationsverhältnisse im Hafen zu erhalten. Dies ist uns erst möglich, seitdem vier hochmoderne Peilschiffe (Deepenschriewer I bis IV) täglich Meßdaten von ca. 400.000 Punkten liefern. Die für die Datenverarbeitung eigens entwickelte Software heißt HydroCAD. Dieses hydrographische Informationssystem für den Hamburger Hafen, das unter anderem auf Daten der Digitalen Stadtgrundkarte (DSGK) basiert, erstellt aus den Datensätzen der Peilschiffe Peilpläne und daraus in Kombination mit den Solltiefen den Baggerplan.

Im Baggerplan werden in einer flächenhaften Darstellung die zu baggernden Gewässerabschnitte sehr genau dargestellt. Ziel ist es, durch eine präzisierte Baggerung nur die zur Aufrechterhaltung der Solltiefen zwingend erforderlichen Baggermengen zu fördern.

Die planerischen und bautechnischen Auswirkungen großer Containerschiffe auf einen Seehafen von Weltgeltung sind sehr vielschichtig. Eine auf Vollständigkeit bedachte Darstellung kann leicht ausufern, denn die hervorgerufenen Veränderungen machen sich bis in die feinsten Kapillare des "Organismus" Hafen bemerkbar und können planungsrelevant werden. Die hier vorgestellten Auswirkungen beschränkten sich bislang primär auf wasserseitige Folgen der Containerschiffsgrößenentwicklung. Landseitig können wir mit periodisch auftretenden Schüben sehr großer Ladungsmengen konfrontiert werden, die Verkehrsbelastungsspitzen erzeugen, die es planerisch in den Griff zu bekommen gilt. Wenn es uns nicht gelingt, die drohende Überlastung der Landverkehrswege im Übergangsbereich von See- und Landtransporten, wo sich interkontinentale Güterströme massiv zusammenballen, planerisch in Grenzen zu halten, werden hier Probleme in der Abwicklung der Transportkette programmiert, die zudem zu gesellschaftlichen Abkeptanzproblemen für den Wirtschaftsfaktor Hafen führen können. Eine große planerische Verantwortung also, wenn es darum geht, den Ansprüchen seitens der Transportwirtschaft und dem individuellen Recht auf ein lebenswertes Wohnumfeld gerecht zu werden. Eine Lösung kann, wo sich keine Möglichkeit der Verkehrsvermeidung bietet, grundsätzlich nur in einer umweltschonenden Verkehrsabwicklung liegen.

Der Hamburger Hafen hat von jeher einen Großteil seiner landseitigen Güterzu- und -abfuhr mit der Bahn durchgeführt. Um eine deutliche Kapazitätssteigerung der vorhandenen Hafenanlagen zu ermöglichen und die Standzeiten nichtbeladener Waggons zu verkürzen laufen gegenwärtig zwei bedeutende struk-

turverändernde Schienenverkehrsprojekte: Die Fortentwicklung des Hafenbahn-Betriebs- und Informationssystem HABIS und der Bau des Bahnhofs "Alte Süderelbe". In seiner ersten Stufe optimiert HABIS den Informationsfluß zwischen Seehafenwirtschaft und Bahn im Hafen. Mit HABIS II wird die Betriebsorganisation der Hafenbahn verbessert und für eine bedarfsgesteuerte Verkehrslenkung gesorgt. Mit HABIS III wird in fernerer Zukunft eine entsprechende Anlagensteuerung erfolgen. In dem im Bau befindlichen Bahnhof Alte Süderelbe wird sich die Dispositionszentrale befinden, in der sämtliche Betriebszustände im westlichen Hafengebiet erfaßt und per EDV organisiert werden. HABIS wurde aus dem Datenkommunikationssystem für den Hafen, DAKOSY, heraus entwickelt, das ein wesentlicher Baustein künftiger Hafenentwicklung ist und seinerseits ständig den steigenden Kommunikationsbedürfnissen der Transportwirtschaft angepaßt wird.

Die Binnenschifffahrt erweist sich auf dem Rhein als leistungsfähiger Transportträger im Containerverkehr. Dieses Beispiel vor Augen setzen wir uns vehement für die Ertüchtigung der Wasserstraßen vor allem nach Berlin und auch elbaufwärts in den mitteldeutschen Raum ein. Hafenseitig sind die für einen Containerumschlag an Binnenschiffen erforderlichen Vorkehrungen getroffen und für die Schiffe eine Reihe von Service-Einrichtungen, wie z.B. moderne Strom- und Wasseranschlüsse, geschaffen worden.

Im Straßenverkehrssystem wirkt sich der An- und Abtransport großer Ladungsmengen für die größten Containerschiffe besonders deutlich auf die Grenzdurchlässe des Freihafens aus. Um Wartezeiten zu verkürzen und den Verkehrsfluß zu verstetigen, ist die Aufweitung der Grenzdurchlässe und der Ausbau von Zollämtern vorgesehen. Organisatorische Verbesserungen könnten auch darin bestehen, die Zollabfertigung gleich auf den Terminals durchzuführen, nach dem Motto "Zoll zur Ware, nicht Ware zum Zoll". Das größte Straßenbauprojekt im Hafen ist die

geplante Autobahnverbindung A 252 zwischen den Nord-Süd-Verbindungen nach Flensburg und Lübeck. Durch diese Tangente soll das Hafenstraßennetz so weit als möglich für den hafenbezogenen Güterverkehr freigehalten werden. Die sog. "Hafenquerspange" wird zugleich erhebliche Entlastungswirkung auf den innerstädtischen Ost-West-Verkehr entfalten können. Der Bau der A 252 wurde als vordringliches Projekt in den Bundesverkehrsgeplan eingestellt.

Der Hafen ist der wirtschaftliche Dreh- und Angelpunkt Hamburgs und Brücke zum Welthandel, nicht allein für Deutschland. Die z.T. größten weltweit verkehrenden Seeschiffe verbinden Hamburg mit rd. 800 Häfen auf allen Kontinenten. Wir sind überzeugt, daß Hamburg auch für spätere Containerschiffs-Generationen ein wirtschaftlich interessanter und technisch/nautisch geeigneter Hafen sein wird. Gegebenenfalls werden Kaianlagen und Manövrierraum angepaßt werden müssen. Wir jedenfalls werden die notwendigen Maßnahmen konzipieren und uns auch zukünftig mit großer Tatkraft dafür einsetzen, das Tor zur Welt weit offen zu halten.

6.000 TEU aus der Sicht eines multimodalen Transportunternehmens

Dr. Thorsten Grenz

A. Wachstum des Marktes

B. Vergleich zwischen 4.400 TEU- und 6.000 TEU-Schiffen

- 1. Flexibilität des Einsatzes**
- 2. Tragfähigkeit in TEU und Tonnen**
- 3. Umschlagzeit im Hafen**
 - a. Unveränderte Produktivität der Terminals**
 - b. Erhöhte Umschlagsgeschwindigkeit der Terminals**
- 4. Verdichtung des Fahrplans**
 - a. Erhöhte Anzahl Abfahrten**
 - b. Einrichtung zusätzlicher "Slings"**
 - c. Erhöhter Anteil von Direktanläufen**

C. Fazit

A. Wachstum des Marktes

Container-Linienschiffahrt ist ein beständiger weltweiter Wachstumsmarkt. In den vergangenen 10 Jahren wurde eine durchschnittliche Wachstumsrate der Transportmengen von 6,5 % erreicht, selbst im schweren Rezessionsjahr 1993 konnten noch Zuwächse verbucht werden, und alle Prognosen sagen auf Grund zunehmender weltweiter Arbeitsteilung auch für die Zukunft deutliches Wachstum voraus.

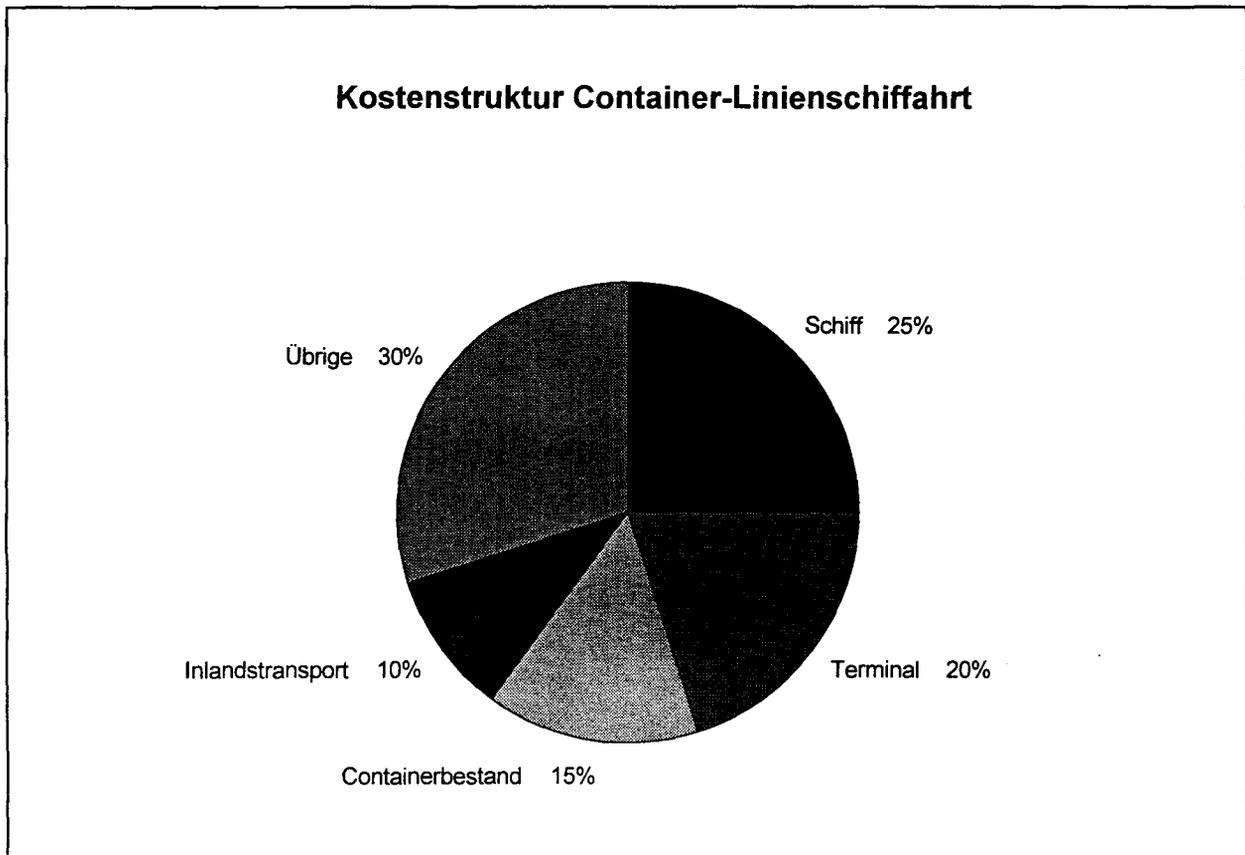
In der Vergangenheit haben die Reeder stetig größere Schiffe eingesetzt, um günstigere Kostenpositionen zu erreichen. In diesem Beitrag wird die Frage untersucht, ob mit Schiffen von 6.000 TEU Tragfähigkeit weitere Kostenvorteile erreichbar sind. Diese Frage stellt sich auf Grund der Größe des Ladungsaufkommens zunächst in den Verkehren zwischen Europa und Asien sowie Asien und Nordamerika. Der Transpazifik ist allerdings durch saisonal erheblich schwankendes Ladungsaufkommen gekennzeichnet, das die stetige Auslastung großer Schiffe erschwert.

Nach den bisher zur Verfügung stehenden Informationen kann davon ausgegangen werden, daß mit größeren Schiffen weitere Economies of Scale im Seetransport und damit sinkende Kosten je Stellplatz erreichbar sind, allerdings fallen die Kostenvorteile wohl geringer aus als es bei den Wachstumsschüben der Vergangenheit der Fall war. Niedrigere Kosten je Stellplatz wirken sich aber nur dann im Ergebnis positiv aus, wenn nicht an anderen Stellen der Transportkette von Haus zu Haus höhere Kosten entstehen oder Chancen zur Kostenreduzierung entfallen.

B. Vergleich zwischen 4.400 TEU- und 6.000 TEU-Schiffen

Die Beurteilung der betriebswirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit von Containerschiffen mit mehr als 6.000 TEU Tragfähigkeit ist das Ergebnis einer Gegenüberstellung der zu erwartenden günstigeren Kosten je Stellplatz einerseits und möglicher Nachteile an anderen Stellen der Transportkette andererseits. Die Kosten des Schiffsystems sind dabei nur ein, wenn auch bedeutender Kostenfaktor (Schaubild 1). Dieser Beitrag ist keine umfassende Würdigung aller Vor- und Nachteile, es werden vielmehr einzelne Aspekte bearbeitet, die im Betrieb eines Seetransportunternehmens von besonderer Bedeutung sind. Die Vergleiche erfolgen, sofern nicht anders angegeben, jeweils zwischen 4.400 TEU und 6.000 TEU großen Schiffen.

Schaubild 1



1. Flexibilität des Einsatzes

6.000 TEU-Schiffe sind auf Grund ihrer Post-Panamax-Größe auf den Einsatz im Transpazifik sowie im Verkehr zwischen Europa und Ostasien beschränkt. Das Konzept eines 3-Kontinente-Dienstes, der Europa über die amerikanische Ost- und Westküste mit Asien verbindet oder ein Round-the-World-Dienst sind dagegen nicht mehr möglich. Selbst wenn derzeit Veränderungen von Diensten nicht anstehen, so geht doch Flexibilität für zukünftige Entscheidungen und Möglichkeiten, auf Vorstellungen von Partnerreedereien zu reagieren, verloren. Darüber hinaus ist zu beachten, daß bei einer späteren Veräußerung der großen Schiffe der Markt wegen eingeschränkter Einsatzmöglichkeiten enger ist.

Besonders drastisch wirkt sich die fehlende Flexibilität aus, wenn man in einem Risiko-Szenario beispielsweise die Sperrung des Suez-Kanals annimmt. 6.000 TEU-Schiffe, die im Europa-Ostasien-Dienst eingesetzt sind, müßten dann den Weg um das Kap der guten Hoffnung nehmen, Panamax-Schiffe hingegen könnten durch den Pazifik und den Panama-Kanal nach Europa geführt werden. Während letztgenannte Routenführung nur zu einer leicht erhöhten Transitzeit führt, ist ein Dienst um das Kap auf Grund erheblich verlängerter Reisezeit nicht mehr voll wettbewerbsfähig; die dort eingesetzten Schiffe würden zu einer enormen Belastung für ihre Reeder.

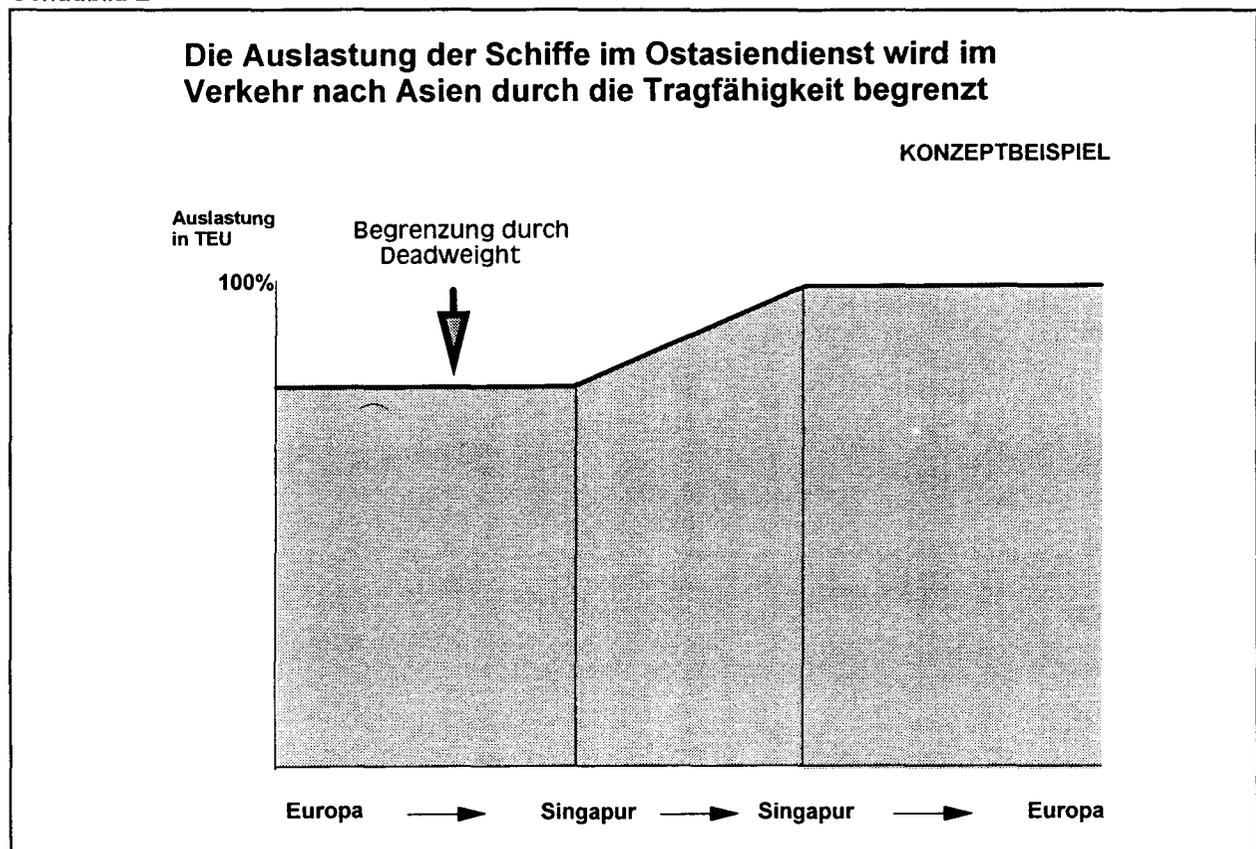
2. Tragfähigkeit in TEU und Tonnen

Ungleichgewicht zwischen ausgehender und einkommender Ladung sind in allen Fahrtgebieten der Normalfall. Sie bestehen nicht nur, wie allgemein bekannt, in ungleich starken Ladungsströmen, sondern vor allem in stark unterschiedlichen Durchschnittsgewichten der Container. Dieser Aspekt wird in der Diskussion um Schiffsgößen vernachlässigt.

Im Beispiel des Ostasienverkehrs liegt das Durchschnittsgewicht eines Export-Containers derzeit fast 50 % über dem eines Import-Containers. Das Gewicht der Container steigt zudem stetig an. Die Folge ist, daß die Stellplatzkapazität der Schiffe

im Export nicht voll genutzt werden kann, da die Tragfähigkeit der Schiffe (Deadweight) erreicht wird (Schaubild 2). Die Konsequenz ist ein Ungleichgewicht der Containerbestände in Europa und Asien: Asien muß mit Leercontainern versorgt werden, die anstelle zahlender Ladung zu transportieren sind, oder in Asien muß auf Ladung verzichtet werden.

Schaubild 2



Der Kapazitätsengpaß ist heute also auch die Tragfähigkeit in Tonnen und nicht nur die Anzahl der Stellplätze, die Schaffung von mehr Stellplätzen durch größere Schiffe ist hier nicht hilfreich.

Eine wichtige Anforderung an 6.000-TEU-Schiffe ist folglich, daß ihre Tragfähigkeit überproportional zur Anzahl der Stellplätze steigen muß, damit das derzeitige Ungleichgewicht in den Beförderungsmöglichkeiten nicht noch zusätzlich verschärft wird.

3. Umschlagzeit im Hafen

Die Transitzeit eines Haus-Haus-Transports ist eines der wichtigen Leistungsmerkmale eines Dienstes. Die Transitzeit wird nicht unwesentlich durch die Liegezeit der Schiffe im Hafen beeinflusst. In einem Ostasiendienst, der vier europäische Häfen mit Singapur, Hong Kong, Taiwan, Korea und Japan verbindet, entfallen gut 13 Tage der Gesamtdauer einer Rundreise von 63 Tagen auf die Liegezeit in Häfen.

Im folgenden werden mögliche Auswirkungen des Einsatzes von 6.000 TEU-Schiffen im Bereich des Terminals aus Reedersicht untersucht. Dabei wird in Kapitel a. zunächst von gegenüber heute unveränderten Produktivitäten der Terminals ausgegangen und dann in Kapitel b. eine zum Anstieg der Ladungsmenge proportionale Produktivitätssteigerung unterstellt.

a. Unveränderte Produktivität der Terminals

Bei unveränderter Produktivität der Terminals muß entsprechend der höheren Ladungsmenge von um ca. 40 % verlängerten Liegezeiten ausgegangen werden. Diese würden sich, beispielhaft für den Ostasiendienst dargestellt, bei einer Verlängerung der Liegezeit um einen halben Tag je Anlauf auf über 5 Tage summieren. Um diesen Zeitverlust wieder aufzuholen, sind verschiedene Gegenmaßnahmen denkbar, die alle ihrerseits mit Nachteilen verbunden sind:

- Kürzung der Rundreise durch Streichen von Häfen aus dem Fahrplan. Die Ladung aus den dann nicht mehr direkt angelaufenen Häfen wäre zu feedern bzw. umzufahren. Die entstehenden Mehrkosten gegenüber einem direkt anlaufenden Dienst werden am Markt nicht über den Preis durchzusetzen sein und zu Lasten des Reeders gehen. Die Ergebnisbelastung kann erheblich sein: Sind an beiden "Enden" eines Dienstes jeweils 25 % der Ladung zu feedern, entstehen erhöhte Terminalumschlagskosten, die erst durch um 20 % geringere Schiffssystemkosten kompensiert würden. Die Kosten für das Feederschiff sind dabei noch nicht berücksichtigt. (Die Umrechnung der Terminal- in Schiffskosten erfolgt mittels der in Schaubild 1 dargestellten Kostenstruktur. Schiffsbetriebskosten umfassen alle durch Be-

sitz und Betrieb der Schiffe entstehenden Kosten, insbesondere also Heuern, Bunker, Instandhaltung und Kapitalkosten.)

- Durch den Einsatz zusätzlicher Schiffe kann zwar die Transitzeit nicht verkürzt, zumindest aber der Fahrplan in der alten Frequenz aufrechterhalten werden. Der Ausgleich von über 5 Tage verlängerter Rundreise erfordert den Einsatz eines weiteren Schiffes, d.h. die Schiffssystemkosten des Ostasiendienstes würden um ca. 11 % ansteigen - ohne daß etwa höhere Kapazität zur Verfügung stünde!
- Erhöhung der Geschwindigkeit, um die im Hafen verlorene Zeit wieder aufzuholen. In der Tat weisen die bisher geplanten 6.000 TEU-Schiffe überdurchschnittliche Geschwindigkeiten auf. In einem Vergleich mit kleineren Schiffen muß dann aber unterstellt werden, daß auch diese "schneller gemacht" werden können. Ihre höhere Geschwindigkeit in Verbindung mit der zusätzlich kürzeren Liegezeit eröffnet dann aber die Möglichkeit, die Anzahl der eingesetzten Schiffe zu reduzieren und entsprechende Einsparungen bei den Schiffssystemkosten zu erreichen. Am Beispiel des Ostasiendienstes könnte so wohl ein Schiff abgezogen werden, die Einsparung läge in der Größenordnung von ca. 11 % der Schiffssystemkosten.

Längere Liegezeiten der großen Schiffe können durch verschiedene Maßnahmen ausgeglichen werden. Diese lösen jedoch Mehrkosten aus, die gegen die mit den großen Schiffen erreichbaren Kostenvorteilen je Stellplatz aufzurechnen sind.

b. Erhöhte Umschlagsgeschwindigkeit der Terminals

Verlängerte Liegezeiten im Hafen werden vermieden, wenn die Terminals ihre Umschlagsgeschwindigkeit steigern können, d.h. beim Übergang von 4.400 TEU- auf 6.000 TEU-Schiffe wäre rechnerisch eine Leistungssteigerung der Lade/Löschvorgänge sowie des An- und Abtransportes um ca. 40 % zu gewährleisten.

Die Beurteilung von Vor- und Nachteilen aus Reedersicht ist hier schwieriger als in dem vorangehenden Kapitel, da es derzeit noch wenig Fakten gibt und daher auf Mutmaßungen zurückgegriffen werden muß. Um die Leistungssteigerung zu erreichen, müssen die Terminals eine neue Technik realisieren und dafür nicht unerheblich in Containerbrücken und Lagerlogistik investieren. Sie werden naturgemäß versuchen, den Aufwand in höheren Preisen an die Kunden weiterzugeben. Zumindest in einer Übergangsphase werden die schnellen Ladebrücken eher knapp sein, so daß der Wettbewerb und damit die Wahlmöglichkeit der Reeder eingeschränkt ist. Dieses kann zur Folge haben, daß sich die Einkaufskonditionen der Reeder beim wichtigen Kostenblock "Terminalumschlag" während der Phase der Einführung der neuen Ladebrücken verschlechtern. An dieser Stelle soll nicht über mögliche Preisveränderungen spekuliert werden, es geht vielmehr darum, Relationen aufzuzeigen. Bei der in Schaubild 1 dargestellten Kostenstruktur wären 8 % niedrigere Schiffssystemkosten erforderlich, um beispielsweise um 10 % erhöhte Terminalumschlagskosten lediglich zu kompensieren.

Ungelöst bleibt auch bei Steigerung der Terminalleistung der bereits heute problematische Zu- und Ablauf der Container. Da die Anzahl der Schiffe konstant bleibt, ist eine Entzerrung auf dem Terminal nicht möglich, so daß ein völlig neuer Mix bei den Anschlußverkehrsträgern erreicht werden muß - und zwar zugunsten der Bahn. Diese Veränderung müßte preislich attraktiv sein; die jüngste Erfahrung jedoch zeigt hier gegenläufige Tendenzen.

4. Verdichtung des Fahrplans

In diesem Abschnitt werden Ansatzpunkte dargestellt, wie durch den Einsatz einer größeren Anzahl von Schiffen heutiger Größe - anstelle des Einsatzes größerer Schiffe - Möglichkeiten zur Optimierung der Dienststruktur geschaffen werden. Für die folgenden Beobachtungen werden im Vergleich zu heute im wesentlichen unveränderte Marktanteile unterstellt.

a. Erhöhte Anzahl Abfahrten

Eine rechnerische Alternative zum Einsatz größerer Schiffe ist das Angebot zusätzlicher Abfahrten mit unveränderten Schiffsgrößen.

Unsere Kunden würden einen verdichteten Fahrplan positiv aufnehmen, da er die Flexibilität ihrer eigenen Logistik erhöht: Just-in-time-Produktion und Reduzierung von Lagerbeständen in Industrie und Handel erfordern eine "Container Pipeline", d.h. eine möglichst kontinuierliche Anlandung von Nachschub entsprechend dem Bedarf. Dieses wird besser durch zahlreiche Anläufe mit "kleinen Schiffen" als mit c.p. weniger Ankünften größerer Einheiten erreicht.

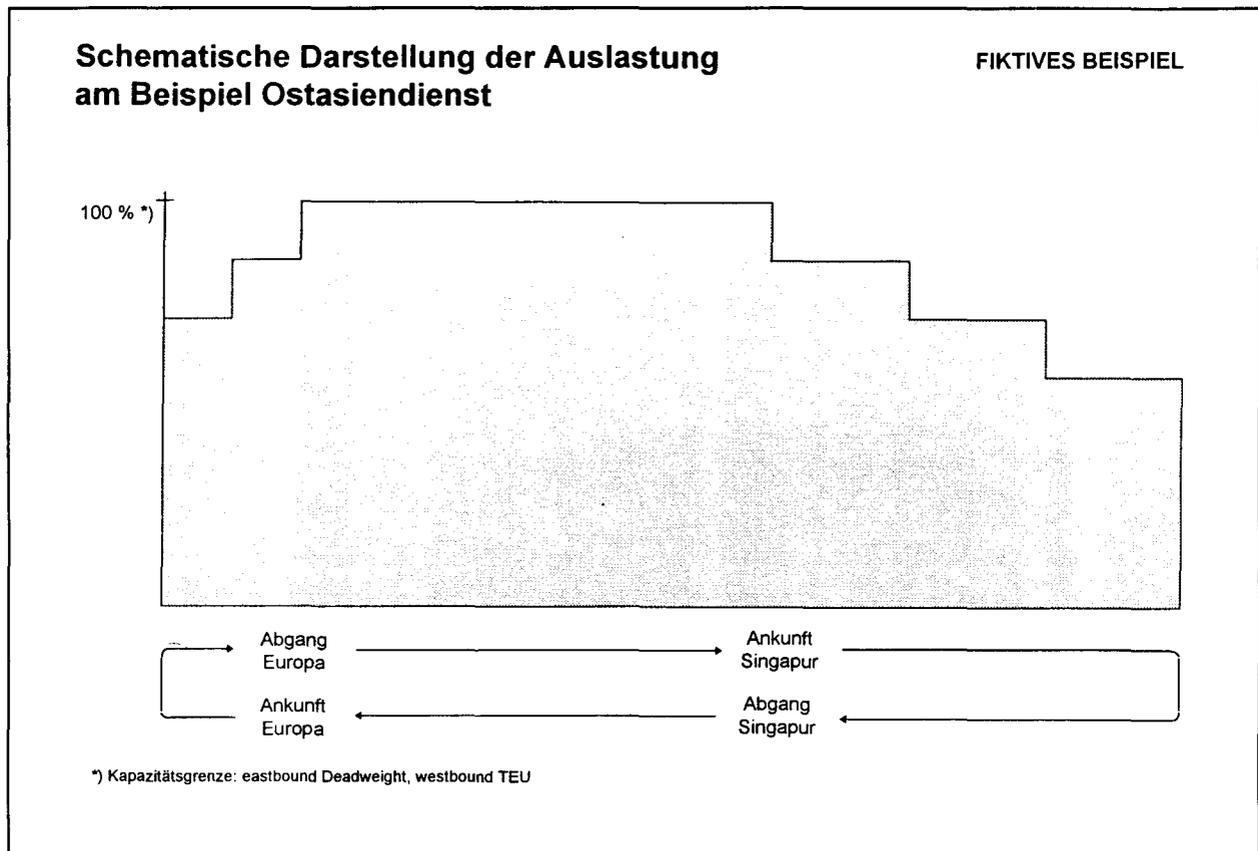
Auch aus Sicht des Reeders ermöglichen vermehrte Abfahrten operative Vorteile. Die verdichtete Frequenz schafft z.B. zusätzliche Möglichkeiten, nie ganz vermeidbare Verspätungen wieder auszugleichen und weitere Freiheitsgrade für den optimalen Einsatz der Verkehrsträger im Vor- und Nachlauf. Ein Problem ist, in allen Häfen ausreichende und zeitlich passende Terminalliegeplätze zu erhalten.

Die Ergebnisauswirkung der dargestellten Ansatzpunkte ist schwer zu quantifizieren, da die Effekte eher indirekt auf Kosten und Erlöse wirken. Zwar zahlt kein Kunde eine höhere Frachtrate, weil eine weitere Abfahrt in den Fahrplan aufgenommen wird. Allerdings ermöglicht eine optimal in die Produktions- oder Logistikanforderungen eines Kunden "passende" Fahrplangestaltung den Zugang zu attraktiver Ladung - und eine größere Anzahl von Abfahrten erhöht ganz einfach die Anzahl der Anknüpfungspunkte für den Vertrieb, ein für den Kunden optimales Angebot präsentieren zu können.

b. Einrichtung zusätzlicher "Slings"

Eine weitere Alternative zum Einsatz größerer Schiffe zur Bewältigung des Mengenwachstums ist die Einrichtung weiterer sogenannter "Slings". Schon heute besteht ein Dienst im Normalfall aus mehreren solcher Slings. Im Ostasiendienst von Hapag-Lloyd z.B. verbindet einer Europa mit Singapur, Hong Kong, Taiwan und Japan; ein zweiter bedient zusätzlich Korea. Beide Slings unterscheiden sich weiterhin durch die Reihenfolge der auf Hin- und Rückreise angelaufenen Häfen. Die Einrichtung unterschiedlich ausgestalteter Slings dient der Optimierung von Auslastung und Transitzeiten. Die Auslastung auf Teilstrecken ist heute naturgemäß unterschiedlich. Den Engpaß bildet im Fernostdienst regelmäßig die Strecke zwischen dem letzten europäischen Hafen und Singapur, d.h. auf innerasiatischen Strecken steht freie Kapazität zur Verfügung (Schaubild 3). Wird nun bei Wachstum des Ladungsaufkommens anstelle des Einsatzes größerer Schiffe eine höhere Anzahl Einheiten der gegenwärtigen Größe eingesetzt, eröffnet dieses die Möglichkeit, neue Kombinationen und eine größere Anzahl von unterschiedlichen Slings anzubieten. Diese können so gestaltet werden, daß auf der gesamten Strecke die Auslastung erhöht wird.

Schaubild 3



Die Wirkungsweise soll anhand eines Modells gezeigt werden, in dem ein weiterer Sling eingerichtet wird, der zwischen Europa und Singapur pendelt und so den Engpaß entlastet (Schaubild 4). In diesem Modell würden die beiden bereits heute bestehenden Slings voll ausgelastet Hong Kong, Japan, Korea und Taiwan bedienen, der neue Sling die heute in Singapur gelöschte Ladung aufnehmen. Im Idealfall existieren dann drei voll ausgelastete Slings anstelle von vorher zwei, die jeweils auf der Teilstrecke ab Singapur freie Kapazität haben. Der Vorteil dieses Konzeptes entsteht aus der kürzeren Rundreisezeit zwischen Europa und Singapur, die etwa ein Drittel geringer ist als die der beiden bisher bestehenden Slings. Der kürzere Sling benötigt entsprechend weniger Schiffe, um die gleiche Frequenz und Kapazität zu gewährleisten.

Die Kosteneinsparung kann erheblich sein: Nimmt man für eine Modellrechnung (Schaubild 5) drei gleich starke Slings an, so sind über 7 % geringere Schiffssystemkosten erreichbar.

c. Erhöhter Anteil von Direktanläufen

Die Verfügbarkeit einer größeren Anzahl von Schiffen eröffnet einen weiteren Ansatzpunkt zur Kostensenkung bei gleichzeitiger Verbesserung des Produktes. Die Einrichtung weiterer Slings ermöglicht, zusätzliche Häfen direkt anzulaufen, ohne die Transitzeit der Ladung für bereits heute direkt angelaufene Häfen unakzeptabel zu erhöhen. Ein Direktanlauf spart zum einen die Kosten für den Feederdienst, zum anderen werden die für Laden und Löschen des Feederschiffs erforderlichen Terminalbewegungen vermieden.

Die Kostenauswirkungen können auch hier erheblich sein. Nimmt man beispielhaft an, daß der Anteil der in Asien gefeederten Ladung von 20 auf 10 % gesenkt werden kann, würden die für das Laden und Löschen des Feeders entstehenden Kosten entfallen, da das nach Europa fahrende Schiff direkt beladen werden kann. Bewertet man die entfallenden Terminalbewegungen mit den in Asien durchschnittlich anfallenden Kosten, so werden Einsparungen erzielt, die etwa 5 % der Schiffssystemkosten entsprechen! Die zusätzlichen Kosten für das Feederschiff sind dabei noch nicht berücksichtigt.

C. Fazit

In diesem Beitrag wurde gezeigt, daß die Beurteilung der optimalen Schiffsgröße umfassendere Überlegungen erfordert als den Vergleich von Kosten je Stellplatz bei Vollauslastung. Der Einsatz einer größeren Anzahl von Schiffen der heutigen Größe erhöht die Flexibilität im Betrieb und ermöglicht eine deutliche Kostensenkung gegenüber dem derzeitigen Niveau. Diese hohe Meßlatte ist zum Vergleich an die mit 6.000 TEU-Schiffen erreichbaren Stückkostensenkungen anzulegen. Bei aller gebotenen Vorsicht in der Bewertung scheinen die Vorteile der 6.000 TEU-Schiffe derzeit noch nicht überzeugend.

Die Bewertung würde sich zugunsten der großen Schiffe verschieben, wenn

- die Transportmengen wesentlich stärker als erwartet steigen oder ein Anbieter deutlich Marktanteile gewinnt, so daß die aufgezeigten Vorteile auch mit 6.000 TEU-Schiffen erreichbar sind,
- die Terminals und Anschlußverkehrsträger die in Kapitel 1.b. dargestellte Steigerung der Umschlagsleistung zumindest kostenneutral anbieten können.

Die für "Jumbo-Carrier" erstellten Design-Studien haben Dynamik in die Debatte gebracht. Die Reeder verfolgen die Entwicklung eng, Anlaß zu eiliger Aktion besteht aber derzeit nicht.

