

468 | Juli 1986

SCHRIFTENREIHE SCHIFFBAU

Prosenjit Poddar

**Rechnergestützter Generalplanentwurf
von Frachtschiffen**

TUHH

Technische Universität Hamburg-Harburg

Rechnergestützter Generalplanentwurf von Frachtschiffen

Prosenjit Poddar, Hamburg, Technische Universität Hamburg-Harburg, 1986

ISBN: 3-89220-468-3

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

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

INSTITUT FÜR SCHIFFBAU DER UNIVERSITÄT HAMBURG

Bericht Nr. 468

Rechnergestützter Generalplanentwurf

von Frachtschiffen

von

Prosenjit Poddar

Juli 1986

Rechnergestützter Generalplanentwurf
von Frachtschiffen

Abstract

Ausgehend von den üblicherweise gestellten Forderungen an einen Schiffsentwurf werden die Hauptkennwerte Länge, Breite, Tiefgang, Seitenhöhe, Völligkeit und Lage des Verdrängungsschwerpunktes des Schiffes optimiert. Dabei werden die Baukosten oder die erforderliche Frachtrate als Optimierungskriterium benutzt. Im Gegensatz zu fast allen anderen Programmen für diese Aufgabe werden die Volumina der Maschinen-, Lade- und Tankräume dabei aus Aufmassen der Schiffsförm und ihrer inneren Einteilung genau berechnet. Die Schiffsförm wird dazu durch Veränderung einer einzugebenden Basis-Förm erzeugt.

Mit den so gewonnenen Schiffsförm wird der Generalplan weitgehend automatisch erzeugt und ausgegeben. Er kann dann vom Entwerfer interaktiv verändert werden. Um weitere Untersuchungen wie z.B. Längsfestigkeits- oder Leckstabilitätsrechnungen durchzuführen, kann eine numerische Beschreibung der Schiffsförm und der Raumaufteilung automatisch so erzeugt werden, wie sie für ein gebräuchliches Programm für derartige Berechnungen (ARCHIMEDES) erforderlich ist.

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	<u>Seite</u>
A. Aufgabenstellung -----	1
B. Vorhandene Methoden -----	3
1. Berechnungen der Hauptabmessungen -----	3
2. Generalplan und Raumaufteilung -----	9
C. Konzept des Vorgehens -----	12
D. Hilfsmittel -----	14
1. Benutzte Hardware -----	14
2. Benutzte und selbst erstellte Systemsoftware	15
E. Entwurfsvorbereitung -----	17
1. Entwurfsforderungen -----	17
2. Programm SHIPF -----	18
3. Daten der Basisschiffsform -----	19
4. Vorbereitung des Generalplanentwurfs -----	21
F. Optimierung der Hauptabmessungen -----	22
1. Software-Hilfsmittel -----	22
2. Problemformulierung -----	23
3. Berechnung von Volumen, Schwerpunkten und Metazentrum -----	27
a. Erstellung einer Aufmaßdatei -----	27
b. Zerlegung der Schiffsform in Hinter-, Mittel- und Vorschiff -----	28
c. Berechnung der Volumina und Schwerpunkte von Hinter-, Mittel- und Vorschiff -----	28
d. Transformation der Basisschiffsform ----	28
e. Anwendung des Programms Archimedes auf die transformierten Daten -----	29
f. Berechnung von Räumen -----	29

<u>Inhaltsverzeichnis (Fortsetzung)</u>	<u>Seite</u>
G. Automatisches Generieren eines Generalplanvorschlags -----	31
1. Seitenansicht des Schiffes -----	31
2. Draufsicht auf das Hauptdeck und auf Zwischendecks -----	33
3. Draufsicht auf den Doppelboden -----	34
4. Hauptspant und Spantquerschnitte an den Schotten -----	34
5. Aufbaudecks -----	35
6. Skala und Beschriftung -----	35
H. Interaktive Änderung des Generalplans -----	36
1. Änderungen mit dem Texteditor -----	36
2. Änderungen mit dem grafischen Editor GFM ---	38
3. Folgeänderungen -----	39
I. Hilfsmittel für die weitere Entwurfsarbeit -----	41
1. Eine Beschreibung der äußeren Schiffsform --	41
2. Eine Beschreibung jedes Laderaums zwischen zwei Schotten, des Maschinenraums usw. -----	42
3. Angaben über die Verteilung von Ladungs- gewichten der Länge nach BLOCK16 -----	42
J. Weitere Entwurfsbeispiele -----	43
1. Entwurf von Massengutschiffen -----	43
2. Entwurf eines Containerschiffes -----	44
3. Generalplanentwurf für einen Produktentanker	47

<u>Inhaltsverzeichnis (Fortsetzung)</u>	<u>Seite</u>
K. Zusammenfassung und Bewertung -----	48
1. Hardwarewahl -----	50
2. CAD-Grundsoftware -----	50
3. Struktur der selbst erstellten Software ----	51
4. Entwurfsablauf -----	51
5. Schiffstypenauswahl -----	52
6. Dreidimensionale Speicherung -----	53
7. Variables Raumschema -----	53
8. Benutzung der IGT-Software -----	54
9. Verbesserungen gegenüber bestehenden Programmen -----	54
L. Literaturverzeichnis -----	56
Listen und Bilder -----	59
Anhang:	
1. Systemsoftware für den Betrieb des IGA und seine Zusammenarbeit mit dem Host-Rechner --	92
2. Datensatz zur Beschreibung der Schiffsform entsprechend Bild 4 -----	97
3. Details zur Festlegung des Generalplanes ---	99
4. Auszug aus dem Programm zur Optimierung der Hauptabmessungen des Mehrzweckfrachters ----	100
5. Gleichungsmenge HOLTEQ -----	103

Verzeichnis der Listen und Bilder

<u>Liste</u>	<u>Inhalt</u>	<u>Seite</u>
1.	Mindest-Eingabe zum Programm SHIPF -----	59
2.	Ausgabe des Programms SHIPF -----	60
3.	Von SHIPF erzeugte Kommandofolge mit Eingabe- daten für einen Lauf des Programms Schiffsliste	61
4.	Beispiel für Eingabedaten und Ergebnisse des Programms HOLTMA -----	61
5.	Abhängige Variable bei der Optimierung des Mehrzweckfrachters -----	62
6.	Gleichungen zur Bestimmung der abhängigen Variablen entspr. Liste 5 -----	63
7.	Optimierungsergebnisse für den Mehrzweckfrachter	66
8.	Teilaufgaben des Programm SHIPS -----	69
9.	Verzeichnis der Teilbilder zur Erzeugung von Generalplänen -----	70
10.	Bulkeroptimierungsergebnis -----	72
11.	Daten für ein Containerschiff -----	75

<u>Bild</u>	<u>Inhalt</u>	<u>Seite</u>
1.	Konfiguration des IGA in Verbindung mit den Anlagen des RRZN -----	77
2.	Umwandlung von Grafikdaten -----	78
3.	Datenfluß während der Entwurfsvorbereitung --	79
4.	Basisschiffsspantenriß, aufgemessen und dargestellt mit hilfe des Programms BLOCK4 --	80
5.	Zusammenstellung des Vor- und Hinterstevens -	81
6.	Ruderbilder in der Bildbibliothek -----	82
7.	Generalplanbilder des Beispielentwurfs -----	83
8.	Beispiel der Datei GP.WSP -----	86
9.	Generalplanbild eines Massengutschiffs -----	87
10.	Generalplanbilder eines Containerschiffs ----	88
11.	Generalplanbild eines Produktentankers -----	91

A. Aufgabenstellung

Ein Frachtschiffsneubau wird meist in folgenden Schritten entworfen:

1. Eine Reederei arbeitet auf grund ihrer Erfahrungen mit vorhandenen Schiffen und oft entsprechend den Vorstellungen von Charterern, die das Schiff später nutzen wollen, ein Konzept aus. Es umfasst das Einsatzgebiet und die vorge-sehene Art und Menge der Ladung, die Schiffsgeschwindigkeit sowie von Fall zu Fall wichtige Einzelheiten wie Umschlags-einrichtungen (Ladegeschirr, Pumpen), Einrichtungen zur Ladungsbehandlung (Kühlung, Lüftung), Maximalwerte z.B. für Tiefgang, Breite, Gesamthöhe, Vermessung, und ein Konzept für die Maschinenanlage (Typen von Haupt- und Hilfsantrieben, Abgasnutzung, mit oder ohne Wellengenerator, Verstellpropeller Untersetzungsgetriebe).
2. Eine oder mehrere Werften arbeiten Angebote (Projekte) aus. Ziel dieser Arbeiten ist vor allem die Bestimmung der Bau-kosten, auf denen das Preisangebot beruht. Als Hilfsmittel dazu und als Grundlage für Schritt 3 sind die Hauptabmessungen und Völligkeitsgrade des Rumpfes, die Leistungen von Haupt- und Hilfsmaschinen und die Größe und räumliche Anordnung der wichtigsten Einrichtungen des Schiffes festzulegen: der Lade-räume mit Luken, Rampen, Containerführungen etc.; des oder der Maschinen- und Pumpenräume und der Anordnung der größeren Aggregate darin; der Bunker für Brenn- und Schmierstoffe sowie Wasser; der größeren Ausrüstungsteile wie Ladegeschirr, Anker- und Verholeinrichtung und Ruderanlage; und der Wohn- und Arbeitsräume für die Besatzung. Oft werden hierbei auch die wichtigsten Bauteile des Stahlrumpfes dimensioniert und ihr Gewicht abgeschätzt.
3. Auf grund von Verhandlungen zwischen Reederei und Werft wird eine Baubeschreibung erstellt, die die von der Werft zuge-sicherten Eigenschaften und Einzelheiten des Neubaus festlegt. Sie nimmt auch Bezug auf nationale und internationale Vorscri-ften, denen das Schiff genügen soll.

4. Nach Abschluß des Bauvertrages arbeitet die Bauwerft das Projekt schrittweise in Abstimmung mit dem Auftraggeber, mit Behörden, Klassifikationsgesellschaften und Versuchsanstalten weiter aus zu einem detaillierten Entwurf mit Stahlplänen, Maschinenplänen, Rohrplänen usw., aus denen dann die Werkstattzeichnungen abgeleitet werden.

Für den Projektentwurf (Punkt 2) und die Entwurfsausarbeitung (Punkt 4) steht oft sehr wenig Zeit zur Verfügung. Hier werden aber Entscheidungen getroffen, die die Wirtschaftlichkeit des Schiffes (z.B. über den Brennstoffverbrauch) und den Erfolg der Werft (über die Baukosten) entscheidend beeinflussen. Mängel des Projektentwurfs (auch Vorentwurf genannt) wie eine falsch abgeschätzte Antriebsleistung, ungenaue Baugruppengewichte, ungünstige Hauptabmessungsverhältnisse, nicht ausreichende Laderaumvolumina oder Querstabilität u.v.m. können zu fehlerhaften Baukostenschätzungen der Werft oder einem wirtschaftlich ungünstigen Konzept führen.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, diese Schwierigkeiten und Risiken soweit wie möglich durch den Einsatz von Rechenprogrammen zu verringern. Sie sollen schon im Projektstadium möglichst detaillierte Untersuchungen ermöglichen, ohne die dafür verfügbare Bearbeitungszeit zu überschreiten. Die teils automatisch ablaufenden, teils interaktiven Programme umfassen die technischen Arbeitsschritte des Punktes 2, jedoch ohne Dimensionierung von Bauteilen des Stahlschiffskörpers und ohne Baukostenkalkulation. Außerdem sollen die unter 4. genannten Entwurfsarbeiten dadurch erleichtert werden, daß die Ergebnisse der Projektrechnungen soweit möglich und sinnvoll zu Eingangsdaten für die weiterführenden Berechnungen aufbereitet werden. Dagegen werden die unter 1. und 3. genannten Entwurfsarbeiten nicht oder höchstens indirekt unterstützt: Punkt 1 erscheint so wenig schematisierbar, daß eine wesentliche Erleichterung durch den Einsatz von Rechnern schwer möglich erscheint; und Punkt 3 erfordert ein völlig anderes Vorgehen als die hier behandelten, wesentlich auf numerischen oder geometrischen Beziehungen beruhenden Arbeitsschritte.

B. Vorhandene Methoden

Der Schiffsentwurf umfaßt eine Fülle von einzelnen Berechnungsvorgängen z.B. für Volumina und Schwerpunkte des Schiffskörpers und von Räumen im Schiff, für die sich einstellende Schwimmlage, die Querstabilität und die Längsfestigkeitsbelastung bei verschiedenen Ladezuständen oder im Leckfall, den erforderlichen Freibord, den Widerstand, die Auslegung des Propellers und die notwendige Antriebsleistung u.ä. Für solche Teilberechnungen des Schiffsentwurfs existieren seit langem Berechnungsprogramme; eine Aufzählung derartiger Programme ist in /1/ zu finden. Hier soll nur auf solche Programme eingegangen werden die -- oft unter Verwendung von Unterprogrammen für die genannten Teilberechnungen -- den Schiffsentwurfsvorgang als Ganzes betreffen. Auch hierfür gibt es inzwischen so viele Programme, daß im Folgenden nur einige charakteristische Beispiele skizziert werden können. Sie lassen sich gruppieren nach Programmen, die vorzugsweise Hauptabmessungen berechnen, und Programmen für die Erstellung der Raumeinteilung im Schiff.

B 1. Berechnung der Hauptabmessungen

Eins der ersten Programme für diese Aufgabe wurde von Gallin /2/ erstellt. Es liest als Eingabedaten die Reedereiforderungen an den Neubau, Grenzwerte z.B. für Hauptabmessungen, die nicht unter- oder überschritten werden dürfen, Schätzwerte (Anfangswerte) für Größen, die im Laufe des Entwurfs iterativ verbessert werden müssen, und "Eingriffsmöglichkeiten". Dies sind Kennwerte, die normalerweise Ergebnis der Berechnung sind, die aber abweichend vom normalen Ablauf des Entwurfs auch vorgegeben werden können. Aus den Eingabewerten berechnet das Programm ähnlich wie beim manuellen Entwerfen teils direkt, teils iterierend Hauptabmessungen, Völligkeitsgrade, die erforderliche Antriebsleistung und die Gewichte diverser Baugruppen. Grundlage dazu sind physikalische Gesetze (z.B. das Archimedische Prinzip), empirische Gesetzmäßigkeiten (z.B. die Widerstandsbestimmung nach der Methode von Taylor-Gertler) und Entwurfsregeln (z.B. Schiffslänge so klein wählen, wie ohne Verletzung von Entwurfsforderungen möglich ist).

Zu einem Satz von Eingangsdaten erhält man damit genau ein Schiff als Ergebnis, im Gegensatz zur Praxis beim manuellen Vorgehen, bei dem man durchaus verschiedene Schiffe entwerfen kann, die alle dieselben Reedereiforderungen erfüllen. Diese Freiheit des Entwerfers kann beim Arbeiten mit dem Programm jedoch durch die genannten "Eingriffsmöglichkeiten" gewonnen werden, indem man z.B. eine größere als die mindestens erforderliche Schiffslänge vorschreibt oder eine andere Verdrängungsvölligkeit vorsieht, als sich nach der benutzten Entwurfsregel (eine Versuchsanstalts-Empfehlung) ergibt.

Anschließend an den Entwurf bewertet ein weiteres Programm die Wirtschaftlichkeit des gefundenen Schiffes. Es bestimmt die Baukosten aus den Gewichten der einzelnen Baugruppen, berechnet die Kapitalkosten (Verzinsung und Tilgung des Schiffswertes) und die laufenden Betriebskosten, aufgeschlüsselt nach reiseabhängigen und reiseunabhängigen Kosten. Zusammen mit den Frachterlösen ergeben sich damit Betriebsgewinn und Rendite des Schiffes. Durch systematische Variation der "Eingriffsmöglichkeiten" und anschließende ökonomische Bewertung können damit die frei wählbaren Parameter näherungsweise optimiert werden.

Diese systematische Variation frei wählbarer Kennwerte wird bei Programmen von Schneekluth und Malzahn /3/ automatisch für die Völligkeit der Verdrängung und den Schlankheitsgrad (Länge/Dritte Wurzel aus der Verdrängung) durchgeführt: Typischerweise werden für jeden dieser beiden Parameter drei verschiedene Werte gewählt; durch Kombination ergeben sich neun Entwürfe, deren technische Daten (Abmessungen, Gewichte, Leistungen) und wirtschaftliche Kenngrößen (Baukosten, jährliche Kosten für Betrieb und Kapitaldienst und Rendite bezogen auf das Eigen- oder das Gesamtkapital) bestimmt werden. Einer dieser Kennwerte kann vom Programm benutzer als Optimierungskriterium gewählt werden. Der betreffende Kennwert wird dann durch ein (im Beispiel) biquadratisches Polynom abhängig von den gewählten "freien Variablen" Völligkeit und Schlankheitsgrad approximiert. Die Lage des Minimums ergibt sich daraus durch Nullsetzen der partiellen Ableitung

der Approximation nach den freien Variablen. Ein erneuter Durchgang durch das Entwurfsprogramm mit den gefundenen Optimalwerten für Völligkeit und Schlankheitsgrad liefert dann die Daten des entsprechenden Schiffes. Natürlich kann man das Programm auch mit gegebenen statt optimierten Daten für Schlankheitsgrad und Völligkeitsgrad anwenden.

Wesentliche Fortschritte gegenüber /2/ sind neben der Verwendung einer höheren Programmiersprache auch die genaueren und vielfältigeren Methoden zur Bestimmung der Antriebsleistung und der Baugruppengewichte: für die Bestimmung des Widerstands, des Nachstroms und Sogs, der Propellerkennwerte und der Gewichte stehen jeweils mehrere Verfahren zur Auswahl. Damit läßt sich z.B. feststellen, wie empfindlich das Optimum von den benutzten, z.T. unsicheren oder ungenauen Detailberechnungen abhängt.

Als hilfreich für diese Aufgaben erweisen sich die Fortschritte, die vor allem in den 60er und 70er Jahren auf dem Gebiet der nichtlinearen Optimierung mit Nebenbedingungen erzielt wurden. Ziel dieser Verfahren ist es, einen Vektor \underline{x} zu finden, der eine Zielfunktion $f(\underline{x})$ minimiert, wobei in der Regel als Nebenbedingungen noch Gleichungen $h_i(\underline{x}) = 0$, $i = 1$ bis I , und Ungleichungen $g_j(\underline{x}) \geq 0$, $j = 1$ bis J , erfüllt werden müssen. Für Anwendung im Schiffsentwurf würde man als Komponenten von \underline{x} die gesuchten, zu optimierenden Kennwerte des Schiffesneubaus wählen oder eine solche Teilmenge dieser Kennwerte, daß sich alle anderen Kennwerte daraus direkt, ohne Iteration, mit Hilfe der Entwurfsbedingungen bestimmen lassen. $f(\underline{x})$ ist beim Schiffsentwurf das wirtschaftliche Kriterium, nach dem optimiert wird, also z.B. die Baukosten oder die Frachtrate, die erforderlich ist, um eine bestimmte Rentabilität zu erreichen. Durch die Gleichungen h_i und die Ungleichungen g_j werden Entwurfsgleichungen wie Auftriebskraft = Summe aller Gewichte des Schiffes, und Grenzwerte z.B. für den Tiefgang ausgedrückt.

Für die Anwendung in Entwurfsprogrammen ist wichtig, daß f , h_i und g_j nicht durch analytisch differenzierbare Formeln ausgedrückt werden müssen, sondern daß hierfür beliebig komplizierte

Unterprogramme aufgerufen werden können, in denen die zu berechnenden Schiffskennwerte (die Komponenten von \underline{x}) als bekannt angenommen werden können. Daher eignet sich diese Darstellung zum Aufbau von Entwurfsprogrammen aus Bibliotheken von Unterprogrammen für die schiffbaulichen Detail-Berechnungen.

Die Lösung solcher nichtlinearen Optimierungsaufgaben erfolgt -- grob ausgedrückt -- durch maschinell gesteuertes Probieren: Ausgehend von Schätzwerten für alle Komponenten von \underline{x} wird der Lösungsvektor \underline{x} probeweise in verschiedenen Richtungen abgeändert; für diese \underline{x} werden f und alle h_i und g_j berechnet. Damit kann der Optimierungsalgorithmus die Funktionen f , h_i und g_j in der Umgebung des untersuchten \underline{x} durch einfache Funktionen (Taylor-Reihen) approximieren, für die man dann die Richtung bestimmen kann, in der zulässige ($h_i = 0$, $g_j \geq 0$) und möglichst bessere (f kleiner) Vektoren \underline{x} liegen. Die Suche setzt sich in der Umgebung dieser verbesserten Vektoren \underline{x} fort, bis mit der geforderten Genauigkeit ein sogenanntes lokales Optimum gefunden ist, d.h. ein Vektor \underline{x} , in dessen Umgebung nur schlechtere zulässige \underline{x} existieren. Ob dies das "globale Optimum" ist oder ob weiter entfernt noch bessere zulässige \underline{x} vorhanden sind, läßt sich bei diesen Verfahren nur durch Probieren feststellen: Wenn das Optimierungsverfahren von verschiedenen Startvektoren \underline{x} aus stets gegen dieselbe Lösung konvergiert, vermutet man, daß dies das globale Optimum ist; andernfalls wählt man die beste gefundene Lösung als "wahrscheinliches globales Optimum" aus.

Die Verwendung solcher Optimierungsmethoden im Schiffsentwurf geht vor allem auf Arbeiten von Nowacki /4/ und Mitarbeitern zurück. Sie hat zu einer erheblichen Verbesserung der Programmstruktur geführt. Ein Problem aller Schiffsentwurfsprogramme besteht darin, daß solche Programme ständig verändert werden müssen: die genaue Aufgabestellung (z.B. welche Größen gegeben, welche gesucht sind) und die zu benutzenden Beziehungen hängen vom Schiffstyp und von den jeweiligen Reedereiforderungen ab, und viele der benutzten empirischen Beziehungen veralten durch technische Neuentwicklungen oder geänderte Anforderungen. Andererseits sind die Programme meist kompliziert, weil sie Berechnungen

auf vielen schiffstechnischen Teilgebieten umfassen. Die notwendigen Programmanpassungen lassen sich deshalb nur dann zuverlässig und schnell durchführen, wenn das Programm genügend modular aufgebaut ist, d.h. wenn es aus Teilprogrammen besteht, die weitgehend unabhängig von allen anderen Teilprogrammen verändert oder gegen andere Moduln ausgetauscht werden können. Die beschriebenen nichtlinearen Optimierungsmethoden fördern einen solchen modularen Aufbau: die Optimierungsmethode selbst ist von den wechselnden technischen Aufgabenstellungen nicht betroffen und in eigenen, problemunabhängigen Programmteilen niedergelegt. Außerhalb dieser Programmteile können dagegen alle Kennwerte des Schiffes programmtechnisch wie bereits bekannte Größen behandelt werden.

Ein Entwurfsprogramm, das nach diesem Konzept aufgebaut ist, besteht aus den Teilen:

- Steuerprogramm
- Optimierungsalgorithmus
- Unterprogrammbibliothek

Das Steuerprogramm beschreibt die Aufgabenstellung, d.h. es liest die gegebenen Daten und Anforderungen ein, legt die zu berechnenden Größen fest, gibt unter Bezug auf die Unterprogrammbibliothek die den Entwurf bestimmenden Gleichungen, Ungleichungen und das Optimierungskriterium detailliert an, ruft den Optimierungsalgorithmus auf und druckt schließlich die Ergebnisse aus. Programmanpassungen an die jeweilige Entwurfsaufgabe beschränken sich ganz oder fast ganz auf diesen Programmteil.

Um in der kurzen Zeitspanne, die in der Praxis für den Projektentwurf zur Verfügung steht, diese Anpassungen vornehmen zu können, wurden von zwei Arbeitsgruppen in Berlin und Hannover zwei weitere Softwarepakete entwickelt. Denn es stellte sich schnell heraus, daß die für solche Aufgaben hauptsächlich benutzte Programmiersprache FORTRAN (in allen Versionen) für die Erstellung des Steuerprogramms nicht sehr geeignet ist. Um nur ein Beispiel zu nennen: die Komponenten des Vektors \underline{x} , der im Optimierungsalgorithmus als einfach indiziertes Feld verarbeitet wird, können

in einem FORTRAN-Steuerprogramm nicht mit sinnfälligen Namen wie LAENGE, BREITE usw. bezeichnet werden, sondern müssen mit Bezeichnungen wie X(1), X(2) usw. angesprochen werden. Dies beeinträchtigt natürlich die Lesbarkeit des Programms erheblich.

Bei dem in Berlin von Nowacki und Mitarbeitern /5/ erstellten Softwarepaket OSW (Optimierungssoftware) zur Verbesserung dieser Situation besteht das schiffstechnische Steuerprogramm aus Kommandos, die interaktiv am Rechner entwickelt werden. Sie legen z.B. die Unbekannten und deren Startwerte und zulässigen Grenzen fest, definieren Zielfunktion und Nebenbedingungen, steuern die Ausgabe von Ergebnissen nur am Ende der Optimierung oder auch in deren Verlauf und starten die Optimierung. Lesen und Verarbeiten der Kommandos übernimmt die OSW. Mit Hilfe dieser Software und einer "Strategiesoftware", d.h. einer Unterprogramm-Bibliothek, wurden Beispiele verschiedener Schiffstypen entworfen und der Einfluß verschiedener Parameter auf die technischen Kennwerte der Schiffe und auf das Optimierungskriterium untersucht /6/.

Das von Söding und Mitarbeitern /7/ an der Universität Hannover entwickelte "Chwarismi-System" zur Erstellung des Steuerprogramms besteht aus zwei Compilern, die ein speziell für derartige Entwurfsaufgaben erweitertes FORTRAN in FORTRAN IV umsetzen. Das auch in dieser Arbeit benutzte System wird auf Seite 22 genauer beschrieben. Als Beispiel einer besonders umfangreichen gelungenen Anwendung dieses Systems sei hier nur die Arbeit von Rupp /8/ genannt, in der am Beispiel des Containerschiffs-Entwurfs diverse Einflüsse (z.B. bestehende und neu vorgeschlagene Vorschriften für die Querstabilität) auf die optimalen Abmessungsverhältnisse untersucht werden.

Für detaillierte Entwürfe benötigt man neben umfangreichen Berechnungsschritten auch eine große Anzahl von meist einfachen empirischen Formeln. Als Beispiele hierzu seien der Platzbedarf für die Rudermaschine abhängig vom Typ der Rudermaschine sowie von Schiffslänge und Schiffsgeschwindigkeit oder die Gewichte von Ankerwinde und Kette abhängig von der Ausrüstungsleitzahl nach

Klassifikationsvorschrift genannt. Heinecke /9/ hat gezeigt, wie man diese Abhängigkeiten erfassen, dokumentieren, programmieren und auf dem neuesten Stand halten kann. Er benutzt für all diese Abhängigkeiten ein einziges Funktions-Unterprogramm; ein beim Aufruf anzugebender Index wählt eine bestimmte Abhängigkeit aus. Das Unterprogramm enthält eine Datei von Kennzahlen, die für jede dieser Abhängigkeiten den Kurventyp (z.B. Polynom 3. Grades oder Polygonzug) und die Kurvenkennwerte (z.B. Polynomkoeffizienten oder Stützpunkte) angeben. Zur Aufstellung, Dokumentation und zur laufenden Überarbeitung dieser Abhängigkeiten existieren für jeden Zusammenhang ein oder mehrere Diagramme, in die die betreffenden Daten für verschiedene Schiffe eingetragen sind zusammen mit einer Kurve für die im Programm verwendete Formel. Diese Bilder geben auch unmittelbar eine Vorstellung von den im Einzelfall möglichen Abweichungen von der gewählten Formel.

B 2. Generalplan und Raumaufteilung

Im Gegensatz zu Vorentwurfs-Optimierungsprogrammen gibt es nur wenige Ansätze für die rechnergestützte Bestimmung der Raumordnung im Schiff und deren bildliche Darstellung als Generalplan. Alle dem Autor bekannten derartigen Verfahrenen umfassen nicht die Bestimmung der Hauptabmessungen und Formparameter des Entwurfs, sondern setzen diese gegeben voraus.

Bei dem Programm COMPOSE von Nehrling /23/ wird zunächst durch mathematische Formeln eine einfache Schiffsform definiert. Diese wird mit dem Programm COMPOSE durch Eingabe der Lage und Anordnung der verschiedenen Räume, jedoch noch ohne Maßangaben, unterteilt. Erst in einer späteren Phase gibt man bestimmte Kennwerte für die Raumabmessungen ein, die dann vom Programm iterativ ergänzt, aneinander und an das verfügbare Volumen angepaßt werden. Dies ist vorteilhaft am Beginn der Raumaufteilung, wenn die Anordnung noch sehr freizügig variiert werden kann.

Die Arbeiten erfolgen im Dialog in einer assoziativen Eingabesprache. Jeder der Räume hat Attribute wie Kosten, Gewicht usw. Mit dem Programm teilt man zunächst das Schiff der Länge nach in Segmente ein; diese werden vertikal in Schichten unterteilt, und die Schichten werden in Zellen eingeteilt. Die Zellen dürfen vier Grundformen haben: Rechteck, T-Form, L-Form und C-Form. Kompliziertere Formen können durch Kombination dieser Grundformen zusammengestellt werden.

Die Räume können verkettet oder verschachtelt werden. Man kann Raumgruppen an andere Stellen des Decks versetzen oder umbenennen oder auch mit vordefinierten Raummustern arbeiten.

Vorteilhaft erscheint hier, dass man die Raumanordnung (Topologie) getrennt von den Raumgrößen angibt, so dass man die Raumgrößen dem vorhandenen oder dem benötigten Raumvolumen anpassen kann. Nachteilig ist, dass die äußere Begrenzung des Schiffes durch einfache mathematische Formeln beschrieben werden muß. Dies mag für Aufbauten und Deckshäuser von Kriegsschiffen geeignet sein; für die hier hauptsächlich interessierenden Laderäume von Frachtschiffen ist es nicht geeignet.

Das an der RWTH Aachen von Gronarz /24/ erstellte Programm COSTAU ermittelt einen Containerstauplan. Zunächst wird dazu vom Benutzer die Schiffsform gemäß einer bestimmten Datenstruktur angegeben. Die Form wird vom Programm nicht verändert, und es wird keine Optimierung der Ladungsverteilung im Schiff versucht, sondern lediglich die maximale Füllung der verfügbaren Laderaumes mit Containern bestimmt. Die Stauung erfolgt unter Beachtung von Randbedingungen wie Doppelbodenhöhe, Position der Schotte, Mindestabstand der Container voneinander etc. Die Stauobjekte sind nur 20'-Standard-Container.

Das Programm ermittelt die Schwerpunktskoordinaten und das Gesamtgewicht der Containerladung. Im Vergleich zu dem hier zu erstellenden Programm für den Generalplanentwurf beschränkt sich COSTAU auf den Laderaumbereich von Containerschiffen und behandelt dabei die Begrenzungen des Ladebereichs als vorgegeben.

Bei dem Programm GODDESS der britischen Marine /25/ werden das Schiff, seine Raumeinteilung und Einrichtungsdetails in einer Datenbank mit Baumstruktur beschrieben. Die Daten eines Raumes enthalten z.B. Zeiger zu den Daten der Raumbegrenzungen, diese enthalten z.B. Massangaben zur Lage und Form der Begrenzungen. Diese Speichertechnik erlaubt es, die Raumeinteilung interaktiv aufzubauen und abzuändern, z.B. Räume neu zu definieren oder vorhandene zu löschen. Man beginnt dabei mit der Beschreibung der Aussenhaut und fügt dann Deckshäuser an. Danach kann der Innenraum durch Decks, Wände und Schotte unterteilt werden. Das System generiert dann jeweils eine Datenstruktur, die der Raumaufteilung entspricht.

Vorteile der bisher beschriebenen Programme sind, daß Raumattribute wie Grundfläche, Volumen, Baukosten etc. berechnet werden und daß Schnittbilder und perspektivische Darstellungen ausgegeben werden können. Ein Nachteil des Systems ist, daß die Raumaufteilung ausschließlich interaktiv erfolgt. Es wird also z.B. kein erster Generalplanvorschlag automatisch erzeugt. Außerdem ist das System für Marineschiffe ausgelegt, bei denen die Einrichtung und Ausrüstung die größte Rolle spielt: für Frachtschiffe, deren Raumaufteilung nach ganz anderen Gesichtspunkten erfolgt, ist es wenig geeignet.

C. Konzept des Vorgehens

Beim manuellen Schiffs-Vorentwurf ist es selbstverständlich, daß neben numerischen Berechnungen auch ein zumindest grober Linienriß und Generalplan erstellt werden. Diese Zeichnungen sind z.B. nötig, um den Laderauminhalt, eine der wichtigsten Vertragsgrößen für ein Frachtschiff, kontrollieren zu können. Bei Schiffen, die oft Decksladung fahren, also vor allem bei Containerschiffen und Küstenmotorschiffen, richtet sich die transportierbare Ladungsmenge nach der vorhandenen Querstabilität. Auch bei Schiffen, die für den Getreidetransport zugelassen werden sollen, richtet sich die Raumeinteilung nach komplizierten Vorschriften, in denen die Querstabilität und die durch Sacken und Querverschieben des Getreides entstehenden krängenden Momente die Hauptrolle spielen. Diese Größen können aber nicht ohne eine Festlegung der Schiffsform bestimmt werden. Dasselbe gilt für den Platzbedarf im Maschinenraum und im Rudermaschinenraum sowie für Ballast- und Brennstofftanks. Trotzdem versucht man bisher beim rechnergestützten Optimieren des Vorentwurfs, ohne eine Festlegung der Schiffsform und ohne genaue geometrische Berechnungen auszukommen, indem man "Faustformeln", die von Vergleichsschiffen abgeleitet wurden oder aus Regressionsanalysen stammen, für die Abschätzung von Volumen, Schwerpunkten und des Metazentrums benutzt. Dies ist jedoch ein Notbehelf: wenn im weiteren Verlauf des Entwurfs der Linienriß erstellt und die Berechnungen nachgeholt worden sind, wird man in der Regel feststellen, daß man entweder Stabilität oder Raum verschenkt hat, oder daß die Abmessungen wegen ungenügender Werte etwas abgeändert werden müssen. Deshalb soll als wichtigste Erweiterung der Vorentwurfs-Optimierung die Schiffsform mit bestimmt und für die Bestimmung der Volumen- und Stabilitätsdaten genutzt werde. Dies ist zwar bereits in Einzelfällen (vgl. /2/ und /10/) geschehen, jedoch nur in Ansätzen, und hat sich -- wohl wegen damit verbundenen Schwierigkeiten und Mängeln der Programmierung -- bisher nicht durchsetzen können. In dieser Arbeit wird versucht, diese Vorgehensweise bis zur Anwendungsreife zu entwickeln.

Wenn die äußere Schiffsform und die innere Raumaufteilung des Schiffes als Ergebnis der Optimierung bestimmt werden, liegt es nahe, die Daten in Form einer Generalplanskizze zu plotten und diese, soweit möglich, durch das Deckshaus, Deckscontainer und die wichtigsten Ausrüstungsteile zu vervollständigen. Die weitere Ausarbeitung des Generalplans kann mangels fester Richtlinien und Gesetzmäßigkeiten nur interaktiv, d.h. vom Entwerfer gesteuert und vom Rechner registriert und unterstützt, erfolgen. Dazu sind grafische Grundsoftware, spezielle schiffstechnische Programme, Dateien für Standardbilder und ausreichende grafische Rechnerperipherie notwendig.

An die Entwurfsrechnungen, die zur vorläufigen Festlegung aller wichtigen Kenndaten des Schiffes führen, schließen sich weitere Berechnungen an, die mehr den Charakter einer Nachprüfung des Entwurfs auf Realisierbarkeit und Zulässigkeit haben und die wegen ihres Umfangs oder wegen geringem Einfluß auf den Gesamtentwurf besser nur einmal, nicht für die vielen Iterationsschritte der Optimierung wiederholt werden. Diese Berechnungen werden zweckmäßig erst nach dem interaktiven Überarbeiten des Generalplans vorgenommen. Sie erfordern vielfach dieselben Datenstrukturen wie die im Vorentwurf durchzuführenden geometrischen Berechnungen, nämlich eine Beschreibung der Raumeinteilung und der Ladungsgewichte im Schiff und an Deck. Um diese Nachrechnungen zu erleichtern und um Fehlermöglichkeiten bei der Benutzung der Programme einzuschränken, sollen bei der interaktiven Überarbeitung des Generalplans diese beim Vorentwurf erzeugten Dateien gleich so abgeändert werden, daß Generalplan, Raumeinteilungsdaten und Gewichtsdaten übereinstimmen.

D. Hilfsmittel

Das geschilderte Konzept umfaßt sowohl umfangreiche numerische Berechnungen als auch interaktive grafische Arbeiten. Die Details des Vorgehens lassen sich nicht ohne Bezug auf die verfügbare Hard- und Software festlegen, die deshalb im Folgenden kurz beschrieben wird.

D 1. Benutzte Hardware

Die rechenintensiven Arbeitsschritte wurden auf den Großrechnern des RRZN (Regionalen Rechenzentrums für Niedersachsen) durchgeführt, hauptsächlich auf einer CD Cyber 76-14 mit dem sog. Scope-Betriebssystem, auf der jedoch nur Jobs im Stapelbetrieb bearbeitet werden. Rechenaufträge erhält diese Maschine über eine etwa 10 mal langsamere Cyber 172, die sowohl im Stapelbetrieb als auch in einem interaktiven Betriebssystem Intercom angesprochen werden kann. Die Cyber 172 wird jedoch von so vielen Benutzern gleichzeitig belastet, daß sie für interaktive grafische Arbeiten, bei denen mehrere Geräte benötigt werden (z.B. Tablett, Bildschirm, Tastatur, Plotter), direkt nicht eingesetzt werden kann. Hierfür ist vielmehr noch ein Kleinrechner notwendig. In diesem Vorhaben wurde dazu ein sogenannter IGA (interaktiver grafischer Arbeitsplatz) eingesetzt. Er besteht aus einem Rechner Tektronix 4081 mit 64 kByte Arbeitsspeicher, einer Festplatte und einer Wechselplatte mit je 5 MByte Speicherplatz und einem Bildschirm mit einer Auflösung von 2048 mal 1536 Bildpunkten für einfarbige Vektordarstellung. Der Bildschirm arbeitet als Speicherröhre, kann aber zusätzlich einen Teil der Vektoren im Bildwechselmodus ausgeben. Als Peripheriegeräte sind an diesen Rechner ein Digitalisiergerät (Tablett; Größe 100cm x 75cm), ein Benson-Trommelplotter (Breite 75cm), ein Magnetkassettenlaufwerk und ein Hardcopygerät angeschlossen. Der IGA ist über ein Modem mit dem Host-Rechner Cyber 172 verbunden. Die maximale Datenübertragungsrate beträgt dabei 4800 Baud; im längerfristigen zeitlichen Mittel wird jedoch nur eine wesentlich geringere Datenrate erreicht, weil die Ein- und Ausgabekapazität des Rechners Cyber 172 auf diverse Anschlüsse verteilt wird, wozu Zwischenrechner benutzt werden. Bild 1 veranschaulicht das Rechnersystem.

D 2. Benutzte und selbst erstellte Systemsoftware

Für das Arbeiten mit dem IGA und das Zusammenwirken zwischen IGA und Host-Rechner ist umfangreiche Systemsoftware erforderlich, die teils vom Hersteller des IGA geliefert wurde und teils selbst erstellt werden mußte. Anhang 1 gibt hierzu genauere Informationen; hier soll nur durch Auflistung der wichtigsten selbst erstellten oder wesentlich veränderten Software-Komponenten ein Einblick in die langwierigen Vorarbeiten gegeben werden, die vor der Bearbeitung der eigentlichen Aufgabe notwendig waren.

- Fortran-Programme und Kommandoprozeduren ("Batch-Streams") für die Dateiübertragung zwischen IGA und Host-Rechner. Die Programme wandeln die verschiedenen Zeichencodes ineinander um, ersetzen in einem System unzulässige Zeichen, beseitigen Leerzeichen an Zeilenenden zur Erhöhung der Übertragungsgeschwindigkeit und fügen sie nach der Übertragung wieder an und optimieren die Satztlängen für die Übertragung, ebenfalls mit nachträglicher Rekonstruktion der Sätze.
- Programme zur Aufbereitung von Dateien für verschiedene Endgeräte (Drucker, Plotter, Bildschirm).
- Programme zum Einlesen von Koordinaten mit dem Digitalisiertablett sowie zum Eingeben von Kommandos durch Antippen von "Menüfeldern" auf dem Tablett.
- Programme zur Umwandlung von Grafik-Daten zwischen den verschiedenen Verschlüsselungen, die vom IGA-Hersteller gelieferte Softwarekomponenten und das Grafik-System des Hostrechners verwenden (**Bild 2**).

Die wichtigsten Grafik-Umwandlungsprogramme sind:

PLOT: Eine Serie von Unterprogrammen, die -- im Gegensatz zur üblichen Organisation des Plottens am RRZN --

Zeichnungen schon während des Programmlaufes am Bildschirm ausgeben. Dies ermöglicht es, gewisse interaktive Grafik-Arbeiten mit den RRZN-Rechnern durchzuführen, und hilft beim Austesten von Grafikprogrammen.

WANDEL: Das Programm wandelt eine Grafik-Datei, die mit der sogenannten HAPS-Software auf den Host-Rechnern erstellt worden ist, in eine TID-Datei um, die auf dem IGA weiterverarbeitet werden kann. Die TID-Datei besteht aus 72-Zeichen-Sätzen, von denen jeder sieben zu zeichnende Vektoren angibt.

POP7: Das Programm wandelt umgekehrt eine Grafik-Datei im PDB-Format ("Picture Data Base") in eine HAPS-Datei um. Das PDB-Format wird auf dem Rechner des IGA erzeugt und enthält strukturierte, d.h. aus Teilbildern aufgebaute Zeichnungsdaten. Nach Umsetzen in das HAPS-Format können die Bilder auf dem Rechner des RRZN archiviert oder ausgegeben werden.

Um die Anwendung der schiffstechnischen Programme auch auf anderen Anlagen zu ermöglichen, wurde versucht, diese Programme weitgehend unabhängig von den oben genannten Software-Systemen zu halten. Es liegt auf der Hand, daß eine vollständige Unabhängigkeit nicht zu erreichen ist. Für die Anwendung auf andere Rechenanlagen müßten deshalb kleinere Programm-Anpassungen vorgenommen werden. Insbesondere auf dem Gebiet der grafischen Datenverarbeitung fehlen zur Zeit noch weithin akzeptierte Normen; ohne dies ist eine Geräte- und Softwareunabhängigkeit derartiger grafisch-interaktiver Programmsysteme nicht zu erreichen.

E. Entwurfsvorbereitung

Es wird vorausgesetzt, daß für einen Schiffsneubau die in der Angebotsphase üblichen Reedereiforderungen vorliegen, also insbesondere der Schiffstyp, die Tragfähigkeit, die Geschwindigkeit auf Entwurfstiefgang und die vorgesehene Route. Da für den Entwurf Näherungsformeln für Gewicht, Kosten und vieles mehr benötigt werden, können praktisch nur die Schiffstypen mit dem Programmsystem bearbeitet werden, für die ausreichende Daten und Berechnungsprogramme zur Verfügung stehen. Dies ist zur Zeit für Tanker, Massengutschiffe, Stückgutschiffe und Containerschiffe der Fall. Im Prinzip läßt sich die hier entwickelte Entwurfsmethode aber auch auf andere Typen erweitern.

E 1. Entwurfsforderungen

Die einzuhaltenden Forderungen und Randbedingungen, die durchzuführenden Berechnungen und die Bewertungskriterien für einen Schiffsentwurf ändern sich von Fall zu Fall. Deshalb müssen bestimmte Programmteile ständig an die jeweilige Entwurfsaufgabe angepaßt werden. Von anderen Programmen werden von Fall zu Fall verschiedene Teile benutzt. Deshalb soll im Folgenden das Vorgehen an einem Beispiel erläutert werden. Welche Teile des Entwurfsvorgangs dabei nur für dies Beispiel gelten und welche allgemeingültig sind, wird dabei nicht im Einzelnen angegeben, da es sich von selbst aus dem Sachzusammenhang ergibt. Außerdem wird bei den weiteren, später erläuterten Entwurfsbeispielen auf die wichtigsten Unterschiede im Vergleich zu dem folgenden Beispiel hingewiesen.

Das Beispiel betrifft den Entwurf eines Mehrzweckfrachters mit mittelschnellaufendem Dieselmotor für die Route zwischen Hamburg und verschiedenen Häfen an der Ostküste der USA. Das Schiff soll 11640 t Tragfähigkeit haben bei einem Staukoeffizienten von $1,6 \text{ t/m}^3$ Laderaum. Die Dienstgeschwindigkeit bei voller Abladung betrage 16 kn. Die Laderäume sollen für den Containertransport geeignet sein.

E 2. Programm SHIPF

Man beginnt die Entwurfsvorbereitung mit dem Aufruf des Programms SHIPF, welches die in Liste 1 angegebenen Daten erfragt. Die eingegebenen Texte werden von dem Programm nicht weiterverarbeitet, sondern nur für die Erzeugung von Ausgabelisten und für die Zeichnungsbeschriftung verwendet. Die Schiffsnummer dient zur Identifizierung, ob es sich um einen Neuentwurf handelt oder ob ein schon begonnener Entwurf fortgesetzt werden soll. Die Nummer des Schiffstyps entspricht einem Schlüssel, wie er für das Programm Schiffsliste /11/ benutzt wird. Weitere Daten können, müssen aber nicht angegeben werden: Anzahl Passagiere; Anzahl Besatzungsmitglieder; Antriebsleistung; Bunkerkapazität; Länge, Breite, Tiefgang und Seitenhöhe oder Maximalwerte für diese Abmessungen; Maximale Höhe des Schornsteins; Geschwindigkeitsreserve (Unterschied zwischen Probefahrts- und Dienstgeschwindigkeit); Reservebunkereinhalt; und zu erfüllende Vorschriften (als Text).

Das Programm SHIPF berechnet zu diesen Eingaben mit Hilfe von einfachen Regressionformeln, Vorschriften und Tabellen, die hier nicht im einzelnen angegeben werden sollen, eine Reihe von Kennwerten des Schiffes entspr. Liste 2. Die wichtigsten Daten sind dabei wohl das Displacement, die Verdrängungsvölligkeit und die Wasserlinienvölligkeit. Die von SHIPF berechneten Daten sollen nur einen groben Anhalt für die endgültig zu erwartenden Werte des Schiffes geben; sie dienen insbesondere als Anfangswerte für die nachfolgende Optimierung und zum Suchen eines passenden "Vergleichsschiffes". Dies wird vom Programm SHIPF dadurch unterstützt, daß es als Ausgabe eine Kommandofolge und die notwendigen Eingabedaten für einen Lauf des Programms "Schiffsliste" /11/ auf dem Host-Rechner erzeugt (vgl. Liste 3). Das Programm bearbeitet eine Datei, in der für eine große Anzahl von Schiffen aus Veröffentlichungen in der Fachliteratur bis zu etwa 60 Kennwerte zusammen mit Text z.B. zur Angabe von Veröffentlichungen über das jeweilige Schiff enthalten ist. Auf grund der von SHIPF erzeugten Daten wählt das Programm "Schiffsliste" Schiffe gleichen Schiffstyps mit ähnlichen Hauptabmessungen aus und gibt ihre gespeicher-

ten Kennwerte aus. Durch leichte Abänderung der Eingabedaten kann das Schiffslistenprogramm auch zur Ausgabe von Diagrammen gesteuert werden, in denen jeweils Paare von zwei Parametern der ausgewählten Schiffe als Kreuzchen grafisch dargestellt sind, so daß Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Parametern sofort erkennbar werden.

In derselben Weise erzeugt SHIPF auch Kommandofolgen und Eingabedaten für zwei weitere Programme: eine Widerstandsberechnung nach Holtrop und Mennen /12/ und eine Bestimmung des vorgeschriebenen Freibords nach der Freibordkonvention von 1966 /13/. Mit Hilfe der Ergebnisse von HOLTMA (vgl. Liste 4) kann man die von SHIPF geschätzte Leistungsprognose überprüfen und, wenn dies notwendig erscheint, korrigieren. Bild 3 gibt einen Überblick über den Datenaustausch zwischen diesen Programmen.

E 3. Daten der Basisschiffsform

Für die weiteren Entwurfsschritte ist bereits ein zumindest grober Linienriß erforderlich. Dieser wird durch Verzerrung aus vorhandenen Schiffsformdaten abgeleitet. Die Daten müssen das für das Hydrostatik-Programm Archimedes /14/ geeignete Format haben. Dies bedeutet:

- Die Schiffsform wird durch eine Reihe von "Aufmaßspanten" sowie einige Hauptdaten zur Festlegung von Symmetrien, Hauptabmessungen, Maßstabsfaktoren etc. beschrieben.
- Jeder Aufmaßspant wird durch seine Längenkoordinate und die Breiten- und Höhenkoordinaten von Aufmaßpunkten beschrieben. Anzahl und Höhenlage der Aufmaßpunkte können auf allen Aufmaßspanten verschieden sein.

- Zur besseren Beschreibung der Schiffsforn zwischen den Aufmaßspanten erhalten die Aufmaßpunkte Kennzahlen, so daß gleiche Kennzahlen von Punkten auf verschiedenen Aufmaßspanten glatt verlaufende Kurven bezeichnen, die zur Interpolation der Form zwischen den Aufmaßspanten benutzt werden. Die Kennzahlen bezeichnen auch Knicke und Krümmungsunstetigkeiten der Spanten.
- Zusätzlich wird eine "Freibordlinie" punktweise beschrieben, von der aus der Schiffsfreibord gemessen wird.

In vielen Fällen wird ein als Vorbild geeigneter Archimedes-Formdatensatz bereits vorliegen. Ist dies nicht der Fall, so wird man häufig in der Literatur, die mit Hilfe des Programms "Schiffsliste" ermittelt wurde, einen als Ausgangspunkt brauchbaren Linienriß finden, der mit Hilfe des grafischen Tabletts digitalisiert werden kann.

Für diesen Zweck wurde das Programm BLOCK4 erstellt. Für die Anwendung dieses Programms befestigt man den Linienriß und ein Menüfeld auf dem Tablett. Nachdem die Lage des Menüfeldes, des Zeichenfeldes und des Achsenkreuzes sowie Maßstabsfaktoren durch Digitalisieren von Eckpunkten und Stichmaßen festgelegt sind, können die Aufmaßpunkte spantweise digitalisiert werden, wobei mit dem Menüfeld zusätzliche Informationen z.B. über die Punktkennzahlen, das Spantende, die Längenkoordinaten der Spanten usw. eingegeben werden. Der Fortschritt der Arbeiten wird gleichzeitig auf dem Bildschirm des Rechners angezeigt. Das Programm erlaubt Korrekturen von einzelnen Aufmaßpunkten, ganzen Spanten oder anderen Angaben und kann in einem speziellen Korrekturmodus arbeiten, wenn nach dem vollständigen Aufmessen nur einzelne Korrekturen vorzunehmen sind. Das Programm führt darüber hinaus viele Fehlerprüfungen durch, z.B. auf Überschreiten von maximalen Punkt- oder Spantzahlen, unrichtige Folge von Längenkoordinaten und vieles mehr (es kennt mehr als 60 verschiedenen Fehlermeldungen).

Nach dem Abschluß der Arbeiten kann es Plots des Spantenrisses ausgeben und die Aufmaßdatei in verschiedene Formate umformen, um sie auf den verschiedenen Rechnern mit verschiedenen Programmen verwenden zu können. Bild 4 zeigt einen mit diesem Programm aufgemessenen Satz von Aufmaßspanten; Anhang 2 zeigt ein Beispiel für die von dem Programm erzeugte Aufmaßdatei.

E 4. Vorbereitung des Generalplanentwurfs

Das Programm SHIPF bereitet den folgenden Entwurfsschritt, das Optimieren der Hauptdaten des Entwurfes, vor. Will man jedoch in einem weiteren Schritt den Generalplan zeichnen lassen, so muß man weitere Angaben vom Programm SHIPF einlesen und verarbeiten lassen:

Propelleranzahl
Typ von Kränen oder Ladegeschirr
Konstanter oder wechselnder Spantabstand
Konstante oder wechselnde Doppelbodenhöhe
Nummer des Schotts, über dem Vorderkante
Deckhaus steht

Aufbautenlängen von Back und Poop
Anzahl von Längsträgern im Laderaumbereich
Typ und numerische Daten der Kontur des
Vor- und Achterstevens
Anzahl und Höhe von Zwischendecks
Lage des Maschinenraums
Maschinenraumlänge
Deckhauslänge
Längen von Vor- und Hinterpiek
(falls nicht nach Mindestvorschriften)

Eine große Anzahl weiterer Details, die zur Erzeugung des Generalplans eingegeben werden müssen, zeigt Anhang 3.

F. Optimierung der Hauptabmessungen

F 1. Software-Hilfsmittel

Die Hauptabmessungen und viele weitere Kennwerte des Entwurfs werden mit Hilfe des Chwarismi-Systems /7/ optimiert, das bereits im Kapitel "B. Vorhande Methoden" erwähnt wurde. Das System enthält folgende Teile:

- Einen Optimierungsalgorithmus, der auf dem von Hilleary /15/ angegebenen Verfahren zur Minimierung einer Zielfunktion beruht, wobei Ungleichungen als Nebenbedingungen berücksichtigt werden können. Zielfunktion und Nebenbedingungen hängen im allgemeinen nichtlinear von den Entwurfsvariablen ab. Für den Einsatz im Chwarismi-System wurde das von Hilleary angegebene Verfahren von Wrede /16/ aufbereitet und verbessert.
- Ein System zur Lösung nichtlinearer Gleichungssysteme, das von Söding /7/ entwickelt wurde. Es berechnet iterativ Verbesserungen einer Näherung für die Unbekannten. Dazu werden zunächst durch Veränderung einzelner Unbekannten numerische Annäherungen der partiellen Ableitungen der rechten und linken Seiten aller Gleichungen nach den in den Gleichungsseiten vorkommenden Unbekannten bestimmt. Nach dem Newton-Verfahren werden dann erste Schätzungen für die Veränderung aller Unbekannten ermittelt. Diese Schätzungen werden zur Verbesserung des Konvergenzverhaltens abgeändert unter Berücksichtigung der bei früheren Iterationsschritten gefundenen Änderungen; insbesondere wird das Ausmaß der Veränderungen nach oben begrenzt.
- Einen Chwarismi-I-Compiler. Er wandelt eine fortran-ähnliche, übersichtliche Schreibweise des Optimierungsproblems in ein Fortran IV-Programm um, das die vorstehend beschriebenen zwei Unterprogramme aufruft. Die Eingabesprache für diesen Compiler unterscheidet freie und abhängige Variable. Freie Variable sind die vom Optimierungsalgorithmus bestimmten Unbekannten, die zu einer Minimierung der Zielfunktion benutzt werden; die abhängigen Variablen werden von dem Gleichungslöser so bestimmt, daß alle Entwurfsgleichungen erfüllt sind.

Für alle diese Variablen sind in der Eingabesprache Anfangswerte und geforderte Genauigkeiten anzugeben; für die freien Variablen müssen außerdem Kleinst- und Größtwerte sowie eine Anfangs-Schrittweite zur Steuerung der ersten Optimierungsschritte gegeben werden. Die Problemformulierung, die der Compiler in ein Fortranprogramm übersetzt, muß außerdem die Gleichungen und Ungleichungen sowie die Zielfunktion enthalten. Hierbei dürfen beliebige Fortran-Funktionsunterprogramme benutzt werden.

- Einen Chwarismi-II-Compiler. Seine Ausgabe ist die vom Chwarismi-I-Compiler verarbeitete Eingabesprache; seine Eingabe ist eine noch "höhere" Entwurfssprache. Diese darf zusätzlich als eine Art Unterprogramm Gleichungsmengen enthalten und aufrufen. Wie bei andere Unterprogrammen werden bei der Definition der Gleichungsmengen formale Parameter benutzt, denen beim Aufruf aktuelle Parameter zugeordnet werden. Gleichungsmengen können auch in Bibliotheken, die von dem Compiler verwaltet werden, abgelegt werden. Außerdem führt der Compiler eine formale Fehleranalyse der Gleichungssysteme sowie auf Wunsch eine Zerlegung in möglichst viele Teil-Gleichungssysteme durch, die nacheinander gelöst werden können; dies vermindert Rechenzeit und Speicherplatz, kann die Übersichtlichkeit verbessern und Fehleranalysen erleichtern.

F 2. Problemformulierung

Naturgemäß ist die Formulierung der Entwurfsaufgabe von Fall zu Fall verschieden. Hier wird als Beispiel der Entwurf des auf Seite 59 genannten Mehrzweckfrachters vorgestellt. Als freie, d.h. zu optimierende Variable werden hierbei benutzt:

- Völligkeit der Verdrängung
- Verhältnis Schiffslänge zu Breite
- Verhältnis Breite zu Tiefgang
- Verhältnis Schiffslänge zu Seitenhöhe
- Propellerdurchmesser

Diese Variablen werden so bestimmt, daß die erforderliche Frachtrate RFR zur Erzielung einer vorgegebenen Verzinsung des den Baukosten entsprechenden Kapitals minimal wird. RFR wird nach folgender Formel bestimmt:

$$RFR = \frac{K \cdot CRF + B}{m_L \cdot n_R} ; \text{ dabei sind}$$

K Baukosten des Schiffes

CRF Kapital-Wiedergewinnungsfaktor, d.h. jährlich gleichbleibende Summe zur Tilgung und Verzinsung eines Kapitals der Größe 1 während einer gegebenen Zeitspanne.

CRF berechnet sich nach der Formel:

$$CRF = \frac{i}{1 - (1-i)^{-n}} ; \text{ dabei ist}$$

i der jährliche Zinssatz,

n die Anzahl von Jahren, nach denen das Kapital getilgt ist. In dem hier behandelten Beispiel werden $i = 11\%$ und $n = 15$ Jahre angesetzt.

B Jährliche Betriebskosten des Schiffes

m_L Ladungsmasse, die das Schiff transportieren kann. Für die Bestimmung der erforderlichen Frachtrate wird nicht beachtet, daß das Schiff im praktischen Einsatz meist weniger Ladung fährt; denn wenn das Verhältnis zwischen maximal möglicher Ladungsmasse und der im Mittel tatsächlich gefahrenen Ladungsmasse von den zu optimierenden Kennwerte des Schiffes unabhängig ist, ist zwar die Höhe der Frachtrate von diesem Verhältnis abhängig; die Kennwerte des Schiffes, das diese Frachtrate minimiert, bleiben davon aber unbeeinflußt. Und nur die Schiffskennwerte, nicht die gegenüber der Wirklichkeit zu stark simplifizierte Frachtrate bilden das Ziel der Berechnungen.

n_R Anzahl der Rundreisen des Schiffes pro Jahr

Die freien Variablen werden von dem Optimierungsalgorithmus unter Beachtung von Nebenbedingungen gewählt, die als Ungleichungen formuliert werden. In diesem Entwurfsbeispiel wurden dazu die folgenden Ungleichungen angesetzt:

- Die Leistung P_d des Antriebsmotors darf höchstens 36000 kW betragen.
- Der Propellerdurchmesser darf höchstens 0,7 mal so groß wie der Entwurfstiefgang des Schiffes sein.
- Die Seitenhöhe des Schiffes muß mindestens gleich dem Tiefgang plus dem vorgeschriebenen Mindestfreibord sein.
- Der Schiffstiefgang darf höchstens gleich einem vorgegebenen Maximalwert von 8,16 m sein.
- Der Laderauminhalt muß mindestens gleich dem Staukoeffizient mal der Masse der Ladung sein.
- Für ausreichende Sicherheit gegen Kentern wird gefordert, daß die metazentrische Höhe GM mindestens gleich $0,025 \cdot$ Schiffsbreite ist.
- Um zu hohe Querbeschleunigungen der Ladung im Segang zu vermeiden, wird hier gefordert, daß die Rollperiode T_R nicht kürzer als 15 Sekunden ist. Dies führt auf die Ungleichung:

$$GM \leq \frac{4 \pi^2 \cdot (0,4 \cdot B)^2}{g \cdot T_R^2}$$

mit g = Erdbeschleunigung, $0,4 \cdot B$ = Näherungswert für den Trägheitsradius des Schiffes bezüglich der Rollachse einschl. hydrodynamischer Einflüsse.

Außerdem werden für die 5 genannten freien Variablen Ober- und Untergrenzen festgelegt:

- Für die Völligkeit: höchstens 5% kleiner und höchstens 15% größer als nach dem Ergebnis des Programms SHIPF, das eine Völligkeit von 0,703 lieferte.
- Für das L/B-Verhältnis: höchstens 1,5 kleiner und 1 größer als der von SHIPF berechnete Wert von 7,53.
- Für das B/T-Verhältnis: höchstens 0,7 weniger und 1,3 mehr

als der von SHIPF berechnete Wert von 2,32.

- Für das L/D-Verhältnis: höchstens 3,3 weniger und 1,7 mehr als der von SHIPF berechnete Wert von 12,44.
- Für den Propellerdurchmesser: zwischen dem 0,5- und 1,7-fachen des von SHIPF berechneten Durchmessers von 5,49 m.

Diese Grenzen werden von Fall zu Fall festgesetzt. Wenn die Grenzen zu eng sind, hat der Optimierungsalgorithmus nicht genug Spielraum, um das wirkliche Optimum zu finden; sind die Grenzen zu weit, so können Ungenauigkeiten der benutzten empirischen Abhängigkeiten, die außerhalb des üblichen Wertebereichs oft stark zunehmen, zu falschen Ergebnissen führen.

Neben den genannten 5 freien Variablen werden 44 abhängige Variable angesetzt, die aus ebensovielen Gleichungen bestimmt werden. Einen Überblick über diese Unbekannten und Gleichungen geben die Listen 5 und 6; genaue Einzelheiten zeigt der Programmauszug in Anhang 4. Die Optimierungsergebnisse zeigt Liste 7.

F 3. Berechnung von Volumen, Schwerpunkten und Metazentrum

In Liste 6 kommen an mehreren Stellen Berechnungen der in der Überschrift angegebenen Größen für die transformierte Schiffsform bzw. für Teilräume innerhalb dieser Form vor.

Bei der Lösung des umfangreichen nichtlinearen Gleichungssystems für die abhängigen Variablen und bei der Optimierung der unabhängigen Variablen sind viele (meist mehrere hundert) Schiffsformen und Raumabmessungen zu berechnen. Die nachstehend angegebenen Schritte a bis e werden jedoch zur Rechenzeiterparnis nur einmal pro Verzerrung durchgeführt. Außerdem wird die Rechenzeit für die Schritte d und e dadurch wesentlich verringert, daß die 60 von "Archimedes" berechneten Kennwerte von bis zu 10 verschiedenen Rechenfällen gespeichert werden. Vor jedem neuen Aufruf des Programms Archimedes wird geprüft, ob der verlangte Berechnungsfall bereits zu den gespeicherten Fällen gehört; wenn ja, erübrigt sich die Berechnung; wenn nein, ersetzt der neu berechnete Fall meist einen älteren, vermutlich nicht mehr benötigten Berechnungsfall in diesem Ergebnisregister. Diese Speicherung und die zugehörige Suche in dem Register wurden in einem vom speziellen Problem unabhängigen Unterprogramm realisiert. Es erlaubt eine sehr einfache Programmierung der volumetrischen Berechnungen: für die Bestimmung z.B. des Unter-Decks-Volumens und seiner 3 Schwerpunktskoordinaten wird ein Funktions-Unterprogramm viermal aufgerufen, wobei ein Parameter angibt, welches der 60 von "Archimedes" berechneten Ergebnisse jeweils verlangt wird. Trotzdem entspricht die Rechenzeit nur den einmaligen Aufruf des Programms Archimedes.

Diese Berechnungen erfordern folgende Einzelschritte:

- a. Erstellung einer Aufmaßdatei der Basisschiffsform (d.h. einer bekannten Form, aus der die Form des zu entwerfenden Schiffes durch einfache Transformationen abgeleitet werden soll). Dieser Schritt wurde bereits im Kapitel "Entwurfsvorbereitung" erläutert.

- b. Zerlegung der Schiffsform in Hinterschiff, paralleles Mittelschiff und Vorschiff. Dies erfolgt einmal, vor Beginn der Optimierung, im Optimierungs-Unterprogramm PARLEN.
- c. Berechnung der Volumina und Schwerpunkte von Hinter-, Mittel- und Vorschiff durch Aufruf des Programms Archimedes /14/. Dabei erstellt das Programm Archimedes aus den ursprünglich gegebenen Formdaten eine aufbereitete Formdatei, die sich in folgenden Einzelheiten von der Quelldatei unterscheidet:
- Die Kontur der Aufmaßspanten wird zwischen den Aufmaßpunkten durch Splines interpoliert. Für jeden Splineabschnitt wird die Breitenkoordinate durch ein Polynom 2. Grades von der Höhenkoordinate angenähert. Die Polynomkoeffizienten werden formatfrei abgespeichert.
 - Spantfläche, Breitenmoment, Höhenmoment und Spantkonturlänge werden für alle Aufmaßspanten bis zur Höhe aller Aufmaßpunkte berechnet und formatfrei abgespeichert.
- Der Zweck dieser Aufbereitung besteht darin, die anschließenden Berechnungen zu beschleunigen.
- d. Transformation der Basisschiffsform. Um die unter c beschriebene Aufbereitung der Schiffsformdaten nach einer Transformation nicht erneut durchführen zu müssen, was zusätzliche Rechenzeit erfordern würde, werden nicht die Quelldaten, sondern die von Archimedes aufbereiteten Daten des Basisschiffes so transformiert, daß die transformierte Schiffsform vorgegebene Werte für Lotlänge, Breite, Seitenhöhe, Entwurfstiefgang, Verdrängung und Längenkoordinate des Verdrängungsschwerpunkts erhält. Dies erfolgt durch Maßstabsänderungen: die Längenmaßstäbe von Vor-, Mittel- und Hinterschiff werden so bestimmt, daß Lotlänge, Verdrängung und die Lage des Verdrängungsschwerpunkts erreicht werden.

Damit dabei nicht negative oder sonst unsinnige Längen des parallelen Mittelschiffs herauskommen, muß man geeignete Grenzen für die Änderungen der Völligkeit und der Schwerpunktslage einhalten. Die Höhenmaßstäbe unterhalb und oberhalb des Entwurfstiefgangs werden so geändert, daß die geforderten Werte für den Entwurfstiefgang und die Seitenhöhe erzielt werden; und der Breitenmaßstab wird an die geforderte Breite angepaßt. Die Größe der erforderlichen Maßstabsänderungen wird mit dem Chwarismi-System berechnet, das im Falle der Längenmaßstäbe dazu folgende Gleichungen löst:

$$\begin{aligned} \text{Gesamtlänge} &= \text{Summe der drei Teillängen von Vorschiff,} \\ &\quad \text{Mittelschiff und Hinterschiff} \\ \text{Gesamtverdrängung} &= \text{Summe der drei Teilverdrängungen} \\ \text{Längenmoment der Verdrängung} &= \text{Summe der Längen-} \\ &\quad \text{momente der drei Teilverdrängungen} \end{aligned}$$

- e. Bei Anwendung des Programms Archimedes auf die transformierten Daten erhält man zu einem Berechnungstiefgang 60 Kennwerte der Form unterhalb dieses Tiefgangs; diese in /14/ im Detail genannten Daten umfassen das Volumen, die Koordinaten des Volumenschwerpunkts, verschiedene metazentrische Höhen, die benetzte Oberfläche, die Wasseroberfläche und die Koordinaten ihres Schwerpunkts. Damit sind die für den Entwurf wichtigen Stabilitätskennwerte, Trimmlagen, benetzten Oberflächen etc. bekannt. Praktisch wird diese Berechnung für den Entwurfstiefgang, für den voll getauchten Schiffsrumpf (zur Bestimmung des Unterdecksvolumens) und bei bestimmten Schiffstypen für den Ballasttiefgang durchgeführt.
- f. Das Programm Archimedes wird außerdem zur Berechnung von folgenden Räumen im Schiff aufgerufen: Vor- und Achterpiek, Doppelboden und Maschinenraum. Das Laderaumvolumen wird aus dem gesamten Unter-Decks-Volumen durch Abzug der Volumina der genannten Räume bestimmt.

Für diese Raum-Berechnungen werden die Räume als von Bord zu Bord reichend zwischen zwei horizontalen Decks und zwei Schotten angesetzt; die Lage dieser Raumbegrenzungen kann je nach der Entwurfsaufgabe vorgegeben sein, im Rahmen der Optimierung bestimmt werden oder aus Gleichungen z.B. für die erforderlichen Raumvolumina bestimmt werden. Das Programm Archimedes wandelt die vom Benutzer gegebenen Raumdaten (das sind die Positionen der begrenzenden Raumwände) in eine spantweise Beschreibung der Räume um, so daß die aufbereiteten Raumspanten das gleiche Schema wie die aufbereiteten Schiffsspanten erhalten. Es wäre aber zu ungenau, z.B. bei stark vom Basisschiff abweichenden Verhältnis zwischen Entwurfstiefgang und Doppelbodenhöhe, die Raumdaten direkt durch Verzerrung der aufbereiteten Raumdaten des Basisschiffes zu erzeugen, da dann die Spanten der Schiffsform und des Doppelbodens in verschiedener Weise verzerrt würden. Deshalb muß der Rechenschritt f trotz des höheren Rechenaufwands auch die Aufbereitung der Raumdaten mit umfassen.

G. Automatisches Generieren eines Generalplanvorschlags

Die Raumeinteilung von Frachtschiffen und ihre Darstellung im Generalplan entspricht in der Regel einem gleichbleibenden Schema, das nur in den Maßen und in Details variiert. Diese Tatsache wird hier ausgenutzt, um einen ersten Generalplan-Vorschlag automatisch vom Programm generieren zu lassen. Wenn auch viele Einzelheiten des Generalplans später interaktiv geändert werden müssen, so erspart dieser Rechenschritt doch viel Arbeit, die sonst mit der Umsetzung der numerischen Daten des Optimierungsschrittes zu grafischen Daten eines Generalplans verbunden wäre.

Aus den "Sammeldaten", die zunächst mit dem Programm SHIPF erzeugt und im Optimierungsschritt abgeändert und ergänzt werden, werden allein auf dem IGA (ohne Inanspruchnahme des Host-Rechners) durch das Programm SHIPS die folgenden Teilbilder des Generalplanvorschlags generiert:

G 1. Seitenansicht des Schiffes

Sie besteht aus:

- Kiellinie (Gerade in Höhe 0; begrenzt durch Steven).
- Vorsteven. Dieser wird von oben nach unten aus den folgenden drei Teilbildern zusammengesetzt (Bild 5): Parabel oberhalb der Wasserlinie; Gerade; Übergangsbogen zum Kiel oder Wulstkontur. Der Benutzer gibt folgende Daten des Vorstevens an: Krümmung der Parabel; Neigung von Parabel und Gerader im vorderen Lot; Höhe des Wulstes bzw. des Übergangsbogens (als Prozentsatz vom Tiefgang).
- Hintersteven. Dieser wird aus 3 Teilstücken zusammengesetzt (siehe Bild 5). Das unterste Stück bildet bei Rudern, die auf einer Ruderhacke gelagert sind, die Hacke selbst und die untere Schraubenbrunnenhälfte; bei Rudern ohne Hacke ist es eine Kurve vom Kiel zur Wellennuß. Das Mittelstück, d.h.

die Wellennuß, ist abhängig vom Propellerwellendurchmesser. Für das oberste Stück sind je eine Form für Spiegelheck und Kreuzerheck gespeichert.

- Hauptdeck. Dieses wird entweder als gerade Linie zwischen den Steven, oder mit dem gegebenen Sprung hinten und vorn aus zwei Parabeln zusammengesetzt.
- Schotte. Auf grund der berechneten Maße werden das Stopfbuchschott, das vordere Maschinenraumschott und das Kollisionschott als vertikale Striche zwischen Kiel und Hauptdeck generiert. Der Bereich zwischen Maschinenraum und Kollisionschott wird durch eine gegebene Anzahl von weiteren Schotten zunächst ohne Rücksicht auf die Spanteinteilung in gleichlange Laderäume unterteilt.
- Doppelboden. Der Doppelboden wird, wenn nichts anderes angegeben wird, in vier Teilen mit unterschiedlicher Höhe generiert: Im Bereich der Vor- und Achterpiek, des Maschinenraums und des Laderaumbereichs. Im Bereich der Achterpiek gilt der Boden des Rudermaschinenraums als "Doppelboden"; im Bereich der Vorpiek der Boden des Kettenkastens. Der Entwerfer hat die Möglichkeit, später interaktiv beliebige Stufen einzugeben.
- Bodenwrangen werden zunächst an jedem Bauspant vom Kiel bis zur Tankdecke eingezeichnet außer im Bereich der Vor- und Achterpiek.
- Zwischendecks. Diese werden, falls die Anzahl der Decks größer als 1 angegeben wurde, wie das Hauptdeck, jedoch ohne Sprung, entsprechend der gegebenen Zwischendeckshöhe generiert.
- Back und Poop. Diese werden von dem entsprechend verlängerten Vor- bzw. Achtersteven bis zu den Piekschotten mit einer den Aufbaudecks entsprechenden Höhe generiert.
- Lukensäule. Diese werden mit den gegebenen Süllhöhen und mit gegebenem Abstand von den Schotten generiert. Auf den Lukensäulen werden Deckel mit gegebener Dicke gezeichnet.
- Deckshäuser. Diese werden aus der gegebenen Deckshaushöhe mit einem vordefinierten Muster zwischen zwei Schotten generiert. Mit einer Schlüsselzahl bestimmt man, ob die Deckshäuser hinten, in der Mitte oder vorn anzuordnen sind, oder man gibt

die Nummer des Schotts an, über dem das Frontschott des Aufbaus stehen soll. Dann wird aus vordefinierten Mustern ein Schornstein in der richtigen Lage generiert.

- Motor, Ruder und Propeller. Die Motorgröße wird abhängig von Leistung und Drehzahl des Motors gewählt. Die Propellergröße ist im Optimierungsprogramm ermittelt werden. Das Ruder wird abhängig von einer Ruderkennzahl generiert, die angibt, ob ein Ruder mit Hacke, ein Spaten- oder Halbschweberuder zu zeichnen ist. Die Rudergröße wird abhängig von der Größe des Propellers und dem verfügbaren Platz am Hinterschiff gewählt; die Ruderachse wird am hinteren Lot angeordnet.

G 2. Draufsicht auf das Hauptdeck und auf Zwischendecks

Sie besteht aus:

- Umrißlinie. Der vorderste und hinterste Punkt der Umrißlinie werden aus den Stevenkonturen bestimmt. Der Bereich zwischen vorderem und hinterem Lot wird aus den transformierten Schiffskörper-Aufmaßen interpoliert. Um bei den später beschriebenen Änderungen des Generalplans (z.B. bei Änderungen der Deckshöhe) nicht immer den Host-Rechner ansprechen zu müssen, mußte ein einfaches Verfahren zur Interpolation der Schiffskörperform entwickelt werden, das allein auf dem Grafik-Rechner ablaufen konnte. Es verwendet eine Tabelle dimensionloser halber Breiten des Schiffskörpers, die auf 50 äquidistanten Wasserlinien und 50 Spanten gespeichert sind. Je 25 Spanten sind äquidistant im Bereich des Vor- und des Hinterschiffs zwischen den Loten und den Grenzen des parallelen Mittelschiffs angeordnet. Diese 2500 halben Breiten werden nach Beendigung der Optimierung aus den Archimedes-Aufmaßen der transformierten Schiffskörperform auf dem Host-Rechner unter Berücksichtigung von Knickstellen der Spanten berechnet und zum IGA übertragen. Zwischen diesen Aufmaßen wird z.Zt. linear interpoliert. Die Bereiche zwischen Vor- bzw. Hintersteven und vorderem bzw. hinterem Lot werden extrapoliert. Dies führt nicht immer zu guten Ergebnissen, so daß u.U. interaktive Korrekturen notwendig werden.

- Schotte. Diese werden gestrichelt von Bord zu Bord an denselben Stellen wie im Seitenriß gezeichnet.
- Luken. Die Luken werden mit der gegebenen Breite an derselben Stelle wie im Seitenriß gezeichnet.

G 3. Draufsicht auf den Doppelboden

Die Doppelbodenhöhe wird vom Optimierungsprogramm aus dem erforderlichen Tankvolumen bestimmt. Bei Containerschiffen richtet sich die Doppelbodenhöhe jedoch im Vor- und Hinterschiff häufig nach der Schiffsbreite: auf dem Doppelboden sollen wenigstens ein Container (wenn eine Containersäule auf Mitte Schiff steht) oder 2 Container (wenn auf Mitte Schiff eine Lücke zwischen zwei Containersäulen ist) nebeneinander Platz haben. Die dazu notwendige, gestufte Doppelbodenhöhe kann auf Wunsch des Benutzers generiert werden. In jedem Fall wird die Kontur des Doppelbodens in der Draufsicht unter Berücksichtigung der Höhenabstufung vom Programm selbsttätig mit Hilfe der 50x50 gespeicherten Schiffskörperaufmaße bestimmt und gezeichnet. Außerdem wird als gestrichelte Linie das nächst-höhere Deck eingezeichnet. Danach werden die Schotte an den im Seitenriß festgelegten Stellen eingezeichnet.

G 4. Hauptspant und Spantenguerschnitte an den Schotten

Die Hauptspantkontur wird aus geraden Seiten- und Bodenkonturen und dem Kimmradius zusammengesetzt. Die Schotchkonturen werden dagegen aus den zuvor interpolierten 50x50 Aufmaßen generiert. Das Oberdeck wird aus den Angaben über Sprung und Bucht als Parabel oder Gerade generiert. Der Doppelboden und ggf. die Zwischendecks werden als horizontale Striche eingezeichnet. Falls sich an einem Schott eine Doppelbodenstufe befindet, wird der Doppelboden hinter dem Schott gestrichelt gezeichnet.

G 5. Aufbaudecks

Die Aufbaudecks werden mit gegebener Breite oder mit einer vom Rechner vorgeschlagenen Breite und einer Länge wie auf dem Seitenriß generiert. Es gibt einige vorgefertigte Raumanordnungsmuster, aus denen der Benutzer auswählen kann. Die Muster werden durch Maßstabsverzerrung in X- und Y-Richtung an die Aufbaudeckskonturen angepaßt.

G 6. Skala und Beschriftung

Schiffsname, Hauptabmessungen, Maßstab und Spantenabstand werden als Text auf dem Bild dargestellt. In Längen- und Höhenrichtung wird jeweils eine Meterskala gezeichnet. Um spätere interaktive Arbeiten mit den Fadenkreuz am Bildschirm zu erleichtern, werden am oberen und unteren Bildschirmrand Bauspantenskalen ausgegeben. Zusätzlich wird um alle Ansichten als Orientierungshilfe gestrichelt ein Rechteck gezeichnet, dessen Seiten den Loten, der größten Schiffsbreite bzw. Kiel- und Deckshöhe mittschiffs entsprechen.

H. Interaktive Änderung des Generalplans

Wegen der wechselnden, nicht schematisierbaren Anforderungen an einen Schiffsneubau muß die Möglichkeit bestehen, den automatisch generierten Generalplanvorschlag interaktiv abzuändern. Dies kann mit Hilfe von zwei Systemprogrammen oder mit dem Fortran-Programm SHIPS erfolgen. Die Systemprogramme sind der Text-Editor TECO und der grafische Editor GFM ("Grafic Functions Manager").

H 1. Änderungen mit dem Texteditor

Die Information zum Zeichnen des Generalplans ist in vier Dateien GA1.WSP bis GA4.WSP enthalten. Um beliebige Änderungen am Generalplan soweit wie möglich zu erleichtern, wurde für diese Dateien ein Format gewählt, das vom Programmbenutzer verhältnismäßig leicht interpretiert werden kann. Anstelle einer formalen Beschreibung soll dies Datenformat am Beispiel des Bildes 8 erläutert werden. Das Bild zeigt oben eine kurze Datei und darunter den zugehörigen Plot.

Das Schlüsselwort INSTANCE bedeutet, daß ein an anderer Stelle beschriebenes Teilbild namens HATCH2 aus der Bildbibliothek GAPLAN hier einzufügen ist. Da auch diese Datei wieder Bezugnahmen auf Teilbilder enthalten kann, können beliebig viele Ebenen von Teilbildern gebildet werden.

Die Zahlen hinter dem Schlüsselwort SCALE legen die Abdimungsmaßstäbe in Längs- und Querrichtung für das zuvor genannte Teilbild fest.

Hinter TRANSLATE werden die Koordinaten X und Y der Stelle angegeben, an der der Nullpunkt des Teilbildes abzubilden ist. Es handelt sich dabei um ganzzahlige Bildschirm-Koordinaten im Bereich zwischen -5000 und +5000.

FIX bedeutet, daß das Teilbild bei der Darstellung auf dem Bildschirm, wo es zunächst im Bildwiederholungsmodus erscheint, in den Speichermodus übernommen werden soll.

SAVE bedeutet, daß das aufbereitete Teilbild vom Arbeitsspeicher des Rechners auf den Plattenspeicher geschrieben werden soll.

CLEAR bedeutet, daß das Teilbild im Arbeitsspeicher gelöscht werden soll, um Platz für andere Bildteile zu schaffen.

Hinter dem Schlüsselwort INTENSITY wird eine ganze Zahl zwischen 1 und 4 angegeben; sie definiert die Leuchtintensität, mit der die folgenden Angaben bis zum erneuten Auftreten von INTENSITY darzustellen sind. Bei der Darstellung auf dem Plotter bezeichnet die Zahl die Strichstärke.

Das Schlüsselwort LINE führt zur Angabe einer geraden sichtbaren Strecke zwischen zwei oder mehreren Punkten, deren x- und y-Koordinaten hinter dem Schlüsselwort angegeben sind.

Hinter dem Schlüsselwort TEXT werden in geschweiften Klammern der auszugebende Text (im Beispiel "C L") und die x- und y-Koordinaten des Textanfangspunktes angegeben. Die im Beispiel folgenden Schlüsselwörter SCALE, FIX, SAVE und CLEAR beziehen sich wieder auf diesen Text.

Trotz dieser Bemühungen, die Generalplandatei für den Programmbenutzer verständlich zu machen, sind direkte Eingriffe in die Datei mit Hilfe eines Texteditors umständlich und nur für die Ausnahmefälle gedacht, für die keine grafischen Änderungsmöglichkeiten bestehen.

Eine andere Möglichkeit zur interaktiven Änderung des Generalplans mit Hilfe des Texteditors besteht darin, die Daten zur Beschreibung der äußeren Schiffsform und der inneren Raumeinteilung, die vom Programm SHIPS erzeugt worden sind, abzuändern oder gegen andere Datensätze auszutauschen. Diese letztgenannten

Daten dienen sowohl zur Erzeugung der Außenhautkonturen und der Raumbegrenzungen im Generalplan als auch für spätere zusätzliche Volumen-, Schwerpunktsberechnungen etc. mit dem Programm Archimedes. Natürlich muß der Benutzer selbst dafür Sorge tragen, daß dadurch keine Unstimmigkeiten z.B. bezüglich Verdrängung, Trimm-lage, erforderliche Raumabmessungen etc. entstehen.

H 2. Änderungen mit dem grafischen Editor GFM

Das Generalplanbild besteht aus einzelnen Teilbildern: Seitenansicht, Querschnitte, Deckspläne, Maßstab und Beschriftung. Jedes dieser Teilbilder kann mit dem GFM getrennt auf dem Bildschirm dargestellt werden. Dies ist erforderlich, weil die Größe und Auflösung des Bildschirms nicht ausreicht, um den Generalplan insgesamt ausreichend genau abzubilden.

Einzelne Linien des Generalplans können mit einem Fadenkreuz, das mit einem Steuerhebel bewegt wird, "gepickt" (ausgewählt) werden und dann gelöscht oder verschoben werden. Das Verschieben kann kontinuierlich oder sprungweise nach einem vordefinierten Raster erfolgen, z.B. um Schotte genau an die Bauspant-Ebenen zu verschieben. Entsprechend kann man z.B. die Doppelbodenhöhe im Seitenriß abschnittsweise verändern; die Höhenänderung und der Längenbereich, in dem die jeweilige Änderung gelten soll, werden mit dem Fadenkreuz angegeben. Man kann auch Polygonzüge interaktiv erzeugen, indem man das Fadenkreuz an den Anfangs- und Endpunkt jedes zu zeichnenden Vektors fährt und die entsprechenden Steuer-tasten drückt. Da das Programm die Bedeutung dieser Linien nicht kennen kann, ergeben sich hierbei natürlich keinerlei Folge-änderungen.

Eine sehr wichtige und vielseitige Änderungsmöglichkeit besteht darin, Teilbilder, aus denen der Generalplan aufgebaut ist, zu löschen, neu hinzuzufügen oder zu verändern. Besonders einfache derartige Änderungen sind Maßstabsänderungen, Drehungen und Verschiebungen von Teilbildern, Der Benutzer hat aber auch die Möglichkeit, Teilbilder neu mit Hilfe des Digitalisiertabletts

zu erzeugen, ihnen einen Namen zu geben, sie abzuspeichern und nach Bedarf in den Generalplan einzufügen. Um dies zu erleichtern, erzeugt das Programm SHIPS den Generalplan aus einer großen Zahl von Teilbildern. Liste 9 ist eine Zusammenstellungen der zur Zeit hierfür verfügbaren Teilbilder.

H 3. Folgeänderungen

Wenn man z.B. ein Schott mit dem GFM am Bildschirm im Seitenriß verschiebt, so wird zunächst nur diese eine Ansicht geändert und die gespeicherte Längenkoordinate des Schotts. Man möchte jedoch erreichen, daß sich entsprechende Änderungen der Schottkontur in der Darstellung des Schiffsquerschnitts am Ort des Schottes ergeben, daß die Innenboden-Draufsicht geändert wird und die Daten für später durchzuführende Berechnungen mit dem Programm Archimedes geändert werden. Außerdem sollten sich von Fall zu Fall Luken, Kräne und andere Ausrüstungsteile demsprechend mit verändern oder verschieben. Dies erfolgt durch das Programm SHIPS, das auch den ersten, automatischen Generalplanvorschlag erzeugt hat und das allein auf dem IGA läuft, ohne Benutzung des Hostrechners. Da der Arbeitsspeicher des IGA klein ist (64 kB), ist das Programm in 5 Teilprogramme unterteilt, die getrennt aufgerufen werden können. Jedes dieser Teilprogramme beschreibt eine Aufgabengruppe, die aus meist sieben verschiedenen Teilaufgaben besteht. Liste 8 zeigt die Aufgabengruppen und ihre Teilaufgaben. Durch Addieren der unter "Schalter" angegebenen Zahlen können beliebige Untermengen von Teilaufgaben einer Aufgabegruppe ausgeführt werden. Der Benutzer hat es damit in der Hand, Folgeänderungen z.B. nach der Verschiebung eines Schotts gezielt durch Ausführung der entsprechenden Teilaufgaben in SHIPS berechnen zu lassen, indem er etwa SHIPS1_;2 aufruft.

Entsprechend sieht SHIPS insbesondere die folgenden weiteren Abänderungen vor und führt die notwendigen Folgeänderungen durch:

- Veränderung der Doppelbodenhöhe in einzelnen Längenbereichen
- Veränderung des Maschinenraums bei Verschiebung des vorderen Maschinenraumschotts
- Veränderung des Container-Stauplans.

Außerdem kann das Programm dazu benutzt werden, Anpassungen von Maßen, die beim interaktiven grafischen Arbeiten nur ungefähr richtig erzeugt worden sind, vorzunehmen. Wenn der Benutzer dies durch ein Grid-Kommando fordert und dabei die Gitterweite angibt, können z.B. die Containerhöhen und als Folge davon die Containerschwerpunktskoordinaten und die Daten für eine Längsfestigkeitsrechnung mit dem Programm Archimedes so verändert werden, daß die Container genau auf dem Innenboden oder den Lukendeckeln stehen. Entsprechend können in Längsrichtung Maße an die Bauspanten angepaßt werden.

I. Hilfsmittel für die weitere Entwurfsarbeit

Nach der Erzeugung und gegebenenfalls interaktiven Überarbeitung des Generalplans müssen eine Reihe von Berechnungen durchgeführt werden, die meist zur Prüfung dienen, ob der vorgesehene Generalplan die gewünschten Eigenschaften hat. Dazu gehört z.B. eine Überprüfung der Volumina der einzelnen Tanks und Laderäume, die Berechnung der Trimmlage sowie der Querkraft- und Biegemomentenbelastung der Längsverbände in verschiedenen Ladefällen des Schiffes, eine genaue Überprüfung der Querstabilität bzw. der aus Stabilitätsgründen möglichen Menge von Deckscontainern, der Lecksicherheit und der Leckstabilität und vieler weiterer Eigenschaften je nach Schiffstyp und Entwurfsforderungen. Die Mehrzahl dieser Berechnungen werden in Deutschland mit dem Programmsystem Archimedes durchgeführt. Es empfiehlt sich nicht, all diese Berechnungen schon in die Optimierungsrechnungen einzu beziehen, weil dies einerseits zu viel Rechenzeit erfordern würde und weil diese Entwurfsforderungen andererseits von Fall zu Fall so stark variieren, daß eine manuelle Auswahl der zu untersuchenden Berechnungsfälle sinnvoller ist. Die Berechnungen erfordern jedoch in ihrer Mehrzahl umfangreiche Daten über die äußere Schiffsform, über die getrennt zu behandelnden Teilräume wie Tanks und Laderäume und über die Gewichtsverteilung der Ladung. Diese Daten lassen sich nun größtenteils automatisch erzeugen; die genannten Berechnungen können dann schnell, fast ohne Routinearbeit, durchgeführt werden. Dazu erzeugen die Entwurfsprogramme drei Gruppen von Daten für das Programm Archimedes:

1. Eine Beschreibung der äußeren Schiffsform, den sog. Datenblock 4 des Programms Archimedes. Dieser wird aus dem entsprechenden Datenblock des benutzten Vergleichsschiffs durch Verzerrung erzeugt. Während der Optimierung wurde diese Verzerrung nicht auf die Eingangsdaten für das Archimedes-Programm angewandt, sondern auf die für das schnelle Berechnen aufbereiteten Daten. Deshalb erzeugt eine auf den Host-Rechner laufende Routine nach Abschluß der Optimierung aus den verzerrten, aufbereiteten Schiffskörperdaten die nicht aufbereiteten Eingangsdaten des verzerrten Schiffskörpers.

2. Eine Beschreibung jedes Laderaums zwischen zwei Schotten, des Maschinenraums, der Vor- und Achterpiek sowie jedes im Generalplan spezifizierten Doppelbodentanks (BLOCK5 des Archimedes-Programms). Allerdings reichen diese automatisch erzeugten Tanks und Räume stets über die gesamte Schiffsbreite von Außenhaut zu Außenhaut. Die Räume werden mit einer Flutbarkeit von 1 und vom Rechner vorgeschlagenen Raumnummern generiert.

3. Angaben über die Verteilung von Ladungsgewichten der Länge nach (BLOCK16 des Archimedes-Programms). Diese werden allerdings nur für Containerladung erzeugt. Jede Containerbay wird dabei durch ein "Archimedes-Gewicht" bezeichnet. Dabei wird von einem stets gleichen, vom Benutzer vorzugebenden Gewicht eines Containers ausgegangen; allerdings dürfen die Containergewichte unter und über Deck verschieden angegeben werden.

Es versteht sich fast von selbst, daß diese Daten nicht nur für den Schiffsentwurf, sondern auch für die Aufstellung von Tabellen und Kurventafeln über Tankinhalte abhängig von der Tankfüllung und viele weitere Unterlagen für den Bordbetrieb benutzt werden können.

Mit dem Programm SHIPT werden die optimierten Schiffsdaten in die "Sammeldatei" übertragen. Danach kann das Programm SHIPF (ebenso wie vor der Optimierung aus den Schätzwerten) Eingabedateien und Kommandofolgen für die Freibord-, Widerstands- und Propulsionsrechnungen, diesmal aber für das fertig entworfene Schiff, erzeugen.

J. Weitere Entwurfsbeispiele

Es gibt heute umfangreiche CAD-Systeme für die sogenannte Variantenkonstruktion. Dabei gibt man z.B. für eine Welle eine Reihe von Parametern (den Durchmesser, die Länge etc.) an, soweit diese von Standardwerten abweichen. Nach im Programm festgelegtem Abhängigkeiten werden zu diesen gegebenen Daten alle weiteren Maße bestimmt und eine Konstruktionszeichnung generiert.

Für den Schiffsentwurf erscheint diese Vorgehensweise nicht geeignet, weil zu viele Details des Entwurfs nicht eindeutig von einigen wenigen Hauptkennwerten abhängen und weil man dann außerdem für die unterschiedlichsten Schiffstypen verschiedene Programme aufstellen müßte, die überdies schnell durch die technische Weiterentwicklung der Schiffe überholt werden.

Eine Abhilfemöglichkeit wäre es, den Entwurf überwiegend interaktiv zu generieren; dazu reichen generelle, nicht für die Schiffstechnik konzipierte Programme. Es handelt sich dann um ein rechnerunterstütztes Zeichnen, während das eigentliche Entwerfen nicht unterstützt wird.

In dieser Arbeit wird ein Kompromiß zwischen beiden Extremen gesucht. Dies erforderte eine Beschränkung auf die Schiffstypen: Massengutschiff, Containerschiff, Semicontainerschiff und Tanker. Diese Schiffstypen umfassen nicht nur die meisten gebauten Frachtschiffe; sie haben auch vieles gemeinsam: Alle diese Schiffe sind normalerweise Einschrauber mit Dieselmotorantrieb, die durch Schotte in Piek tanks, Maschinenraum und mehrere Laderäume unterteilt sind. Die Besatzungszahl beträgt üblicherweise 15 - 20 Personen. Auf diesen Gemeinsamkeiten baut das hier entwickelte Programm auf.

J 1. Entwurf von Massengutschiffen

Für den Entwurf von Massengutschiffen, die maximale Abmessungen für eine Durchfahrt durch den Panamakanal haben und dann

rund 70000 t Tragfähigkeit haben, lag ein Optimierungsprogramm bereits vor /27/. Es zeigte sich, daß dies mit den Generalplan-Entwurfsprogrammen weitgehend ohne Änderungen eingesetzt werden konnte, weil die bildliche Darstellung von Massengutschiffen und Semicontainerschiffen nicht allzu verschieden ist, soweit es den Detaillierungsgrad betrifft, den die hier erzeugten Generalpläne haben. Im Wesentlichen mußte nur ein kleinerer Decksöffnungsgrad angegeben werden und das Ladegeschrirr weggelassen werden, da Massengutschiffe normalerweise mit Hafeneinrichtungen be- und entladen werden.

Massengutschiffe für Schüttguttransport haben, wegen Greiferentladung schräge Seitenwände. Diese kann man leicht durch lineare Interpolation von BLOCK5-Daten zwischen Räumen erzeugen.

Liste 10 zeigt für ein solches Schiff die Kennwerte vor und nach der Optimierung. Dessen Generalplandarstellung ist in Bild 9 gezeigt.

J 2. Entwurf eines Containerschiffes

Für den Containerschiffsentwurf stand das umfangreiche Programm von Rupp /8/ zur Verfügung; es umfaßt aber nur den Optimierungsteil, nicht den Generalplan-Entwurf. Das Programm geht von einer gegebenen Containeranzahl (Summe aus Unter- und Überdeckscontainern) aus. Während die Anzahl der Unterdeckscontainer aus Überschlagsformeln abhängig von den Laderaumabmessungen bestimmt wird, folgt die maximale Anzahl der Deckscontainer aus einer angenäherten Stabilitätsrechnung.

Das Programm ließ sich gut mit den vorhandenen Generalplan-Programmen kombinieren; allerdings mußten dazu zwei Änderungen programmiert werden, die die zwei Längsträger im Deck (das Schiff hat drei Luken nebeneinander) und die Seitentanks mit den Betriebsgängen betreffen. Die Programmteile zur Generierung der Containerstapel in der Schiffsbreitenrichtung wurden entsprechend geändert, um die Längsträger zu berücksichtigen. Dabei ergaben

sich nur geringfügige Unterschiede (maximal 0,3%) zwischen der von Rupp's Programm abgeschätzten und der tatsächlich unterzubringenden Containeranzahl.

Folgende Arbeitsschritte waren zur Erstellung der Generalplanskizze nach Abschluß der Optimierung notwendig:

- Eintragen der Optimierungsergebnisse wie Hauptabmessungen, Propellergröße, Motorleistung etc. mit dem Texteditor TECO in die "Sammeldatei" auf dem IGA-Rechner.
- Digitalisieren eines geeigneten Spantenrisses, aus dem die aktuelle Form durch Verzerrung gebildet werden sollte. Dieser Arbeitsschritt wurde hier erst nach der Optimierung durchgeführt, weil das Optimierungsprogramm im Gegensatz zu dem zuvor beschriebenen Programm für Stückgutfrachter keine genauen Schiffsformberechnungen durchführte und deshalb keine Formdaten benötigte.
- Verzerren der Schiffsform mit einem anderen Hauptprogramm. (Einzelheiten hierzu und ein Beispiel gibt die Programmbeschreibung /28/ auf Seite 50 an.)
- Berechnung des auf Seite 33 beschriebenen Feldes von 50x50 dimensionslosen halben Breiten des Schiffsrumpfes ebenfalls durch Anwendung eines vorhandenen Programms (vgl. /28/, Seiten 54 ff).
- Rupp's Programm /8/ berechnet neben den Schiffshauptabmessungen die Höhe der Tankdecke und die Schottstellungen der Vor- und Achterpiek und des Maschinenraums. Diese Daten werden von einem weiteren Programm gelesen und die Teilvolumen nachgerechnet. Dasselbe Programm erzeugt auch Raumbeschreibungen für das Programm Archimedes; daraus werden die entsprechenden Schottenbilder von SHIPS generiert.
- Die Doppelbodenhöhe wurde im vorderen Laderaumbereich stufenweise soweit vergrößert, daß jeweils eine gerade Anzahl von Containern auf der Untersten Lage Platz findet und ausreichenden Abstand von der Außenhaut hat. Diese Stufen wurden interaktiv am Bildschirm generiert. Dabei half das GRID-Kommando, die Linien genau zu positionieren. Das Rudermaschinendeck und der Kettenkastenboden werden dagegen automatisch vom Programm vorgeschlagen. Die Doppelbodenhöhe im Maschinenraum wurde ggf. interaktiv verändert.

- Das Programm SHIPS wurde so geändert, daß es auch Schiffe mit mehreren Luken nebeneinander bearbeiten kann. Man gibt dazu in die Sammeldatei zusätzlich die Anzahl von Längsträgern zwischen den Luken (Standardwert 0 für Schiffe ohne Längsträger) sowie Höhe und Breite der Längsträger an. Die Träger, Luken und Containerstapel werden diesen Angaben entsprechend automatisch generiert. Entsprechendes gilt für die Seitentanks und die darüber verlaufenden Betriebsgänge. Für Schiffe ohne seitliche Betriebsgänge ist die Betriebsganghöhe 0, und bei Schiffen ohne Seitentanks gibt man als Seitentankbreite den Wert 0 an.

Die interaktiven Änderungen mit Hilfe des grafischen Editors müssen z.T. iterativ verbessert werden. Will man z.B. eine gestufte Doppelbodenhöhe an den Schiffsenden eines Containerschiffs erzeugen, so schätzt man zunächst die Stufenhöhe und gibt sie interaktiv im Seitenriß ein. Vom Programm SHIPS werden dann die Draufsicht auf die Tankdecke und die Spantquerschnitte erzeugt. Daran läßt sich prüfen, ob die Tankdeckenbreite für die Mindest-Containeranzahl (1 oder 2) ausreicht; wenn nicht, ist die Tankdecke weiter anzuheben. Die Arbeit läßt sich jedoch in wenigen Minuten durchführen. Dabei helfen besonders die Möglichkeiten des Programms, Containerstapel abbilden und interaktiv verschieben zu können und Folgeänderungen wie neue Containerstapelauswahl, Schwerpunktslage der geänderten Containerstapel per Programmablauf durchführen zu lassen.

Die Listen 11b bis 11c zeigen die numerischen Ergebnisse des Containerschiffs-Beispiels; die Bilder 10a bis 10c zeigen den dazugehörigen Generalplan, hier mit Hilfe des Hardcopy-Gerätes vom Bildschirm kopiert. Größere, genauere und durch drei verschiedene Strichdicken übersichtlichere Zeichnungen können mit dem Trommelplotter erzeugt werden.

J 3. Generalplanentwurf für einen Produktentanker

Auch für diesen Schiffstyp lagen bereits Optimierungsprogramme zu Bestimmung der Hauptkennwerte vor. Sie benutzen eine Kurve der Unter-Deck-Querschnittsflächen über der Schiffslänge sowie der Unter-Wasser-Querschnittfläche für ein Vergleichsschiff. Diese Kurven werden entsprechend den geforderten Daten für Hauptabmessungen, Völligkeit und Verdrängungsschwerpunkt des Unterwasserschiffs verzerrt. Die Programme werden so abgeändert, daß statt dessen die auf /28/, Seite 45 beschriebenen Unterprogramme HYDROS und ROOM5 benutzt werden, so daß nicht nur die Spantflächen, sondern auch die Spantaufmaße als Ergebnis erhalten wurden.

Zur bildlichen Darstellung des Generalplans geht man wie folgt vor:

- Als Doppelbodenhöhe gibt man den Wert 0 an. Dies wird als Fehlen des Doppelbodens interpretiert. Entsprechend gibt man für die Lukenabmessungen 0 an. Es werden dann keine rechteckigen Luken generiert. Die Tankluken können interaktiv generiert werden.
- Die Längsschotte werden ebenso wie die Seitentanks von Containerschiffen spezifiziert. Wegen der Form des Schiffskörpers an den Enden müssen dort die Seitenlängsschotte interaktiv geändert werden. Da die Schiffsförm dort nur grob durch wenige Querschnitte gezeichnet wird, muß man eventuell iterativ den richtigen Verlauf der Längsschotte feststellen und eingeben.
- Angabe des Ladegeschirr-Typs 0 bedeutet: Ohne Ladegeschirr.

Wenn die Längsschotte an den Schiffsenden geneigt zur Schiffslängsachse vorgesehen werden sollen, sind allerdings Programmänderungen erforderlich, um die Folgeänderungen z.B. für die Erzeugung der Raumdaten vornehmen zu können.

Tankerspezifische Besonderheiten wie Rohrleitungen, Pumpenräume etc. müssen interaktiv generiert werden. Bild 11 zeigt die so erhaltene Generalplanskizze eines 31000-tdw-Produktentankers. Der Entwurf erfolgte in Anlehnung an einen gebauten Tanker /29/.

K. Zusammenfassung und Bewertung

Die vorliegende Arbeit beschreibt eine rechnergestützte Methode zur Ausarbeitung eines Schiffsentwurfes und des Generalplanes auf Grund der Reedereiforderungen. Diese betreffen insbesondere den Schiffstyp, das Deadweight, die Geschwindigkeit beim Entwurfstiefgang, die Schiffsroute und eventuelle weitere Forderungen. Im ersten Schritt rechnet ein "Schätzprogramm" ungefähre Werte für die Hauptabmessungen, die Antriebsleistung und einige weitere Kennwerte aus. Ziel dieser Berechnungen ist es vor allem, einem unerfahrenem Entwerfer Hinweise für die Auswahl eines "Basisschiffes", das als Vorbild für die weiteren Entwurfsschritte dienen kann, zu geben. Erfahrene Entwurfsingenieure werden auf diesen ersten Entwurfsschritt verzichten.

Im nächsten Entwurfsschritt werden die Hauptabmessungen unter Berücksichtigung der Schiffsform und der Volumina der Schiffsräume optimiert. In Anlehnung an Musterprogramme z.B. für Tanker, Massengutschiffe, Stückgutfrachter und Containerschiffe stellt man dazu eine Beschreibung des Optimierungsproblems nach den Regeln für CHWARISMI-Programme /7/ auf. Das bedeutet: Man definiert unabhängige (frei optimierbare) und abhängige (aus Gleichungen zu berechnende) Variable und gibt Schätzwerte und Genauigkeiten (bei unabhängigen Variablen auch zulässige Wertbereiche) für sie an; man gibt explizite oder implizite Gleichungen zur Festlegung der abhängigen Variablen an; man gibt Ungleichungen zur Einengung des Wertebereichs der Unbekannten an; und man definiert eine Zielfunktion, die minimiert oder maximiert werden soll. Die Variablen sind hier die Abmessungen und Kennwerte des Schiffsentwurfs. Die Gleichungen und Ungleichungen geben Gesetzmäßigkeiten, Näherungsformeln, Bedingungen und Entwurfsforderungen an, z.B. für die Stabilität, das Laderaumvolumen, den Freibord, die erforderliche Antriebsleistung, Baugruppengewichte, den Treibstoffverbrauch und andere Betriebskosten etc. Eine Besonderheit dieses Programmsystems ist, daß hierbei die Schiffsform und ihre Raumaufteilung durch Verzerrung der Maße eines

Basisschiffes berechnet und mit einer genauen Routine für Volumen- und Schwerpunktsberechnungen, die das Programm "Archimedes" benutzt, die Stabilitäts- und Raumanforderungen an den Entwurf überprüft werden.

Aus den Ergebnissen dieses Entwurfschrittes generiert ein weiteres Programm den Generalplan und stellt ihn auf einem Bildschirm dar. Dazu werden Bildteile aus einer Bildbibliothek entnommen und entsprechend den Maßen des Entwurfs skaliert und positioniert. Dargestellt werden eine Seitenansicht, Draufsichten in Höhe der Tankdecke, der Zwischendecks, des Hauptdecks und der Aufbaudecks sowie Querschnitte des Hauptspants und an den Querschotten.

Der Entwerfer hat dann die Möglichkeit, mit einem grafischen Editor z.B. Teile der Einrichtung und Ausrüstung, aber auch Schottstellungen und Stevenformen etc. zu ändern, hinzuzufügen oder zu löschen. Die interaktive Ausarbeitung des Generalplans am Bildschirm wird durch Nutzung der Generalplan-Daten des "Basisschiffes" (z.B. über die Raumeinteilung des Deckshauses) erleichtert. Der Generalplan kann maßstabsgetreu auf Papier geplottet werden.

Längsfestigkeits- und Leckrechnungen, Trimm- und detaillierte Stabilitätsrechnungen etc. werden aus Gründen der Rechenzeit nicht automatisch während der Optimierung des Entwurfs durchgeführt. Für den fertigen Entwurf gibt das Programmsystem aber Daten über die äussere Schiffsform und die innere Raumeinteilung und gegebenenfalls über die Gewichte der Containerladung aus. Damit lassen sich solche Rechnungen mit dem Programm Archimedes nach Spezifikation des Entwurfs schnell durchführen.

Bei derartigen umfangreichen Software-Arbeiten, die hier von einer einzigen Person durchzuführen waren, besteht immer die Gefahr, daß die Arbeit ebenso schnell veraltet, wie sie vorankommt. Gründe für ein Veralten sind sowohl Entwicklungen der Schiffstechnik als auch Fortschritte bei der Hard- und Grundsoftware von Rechenanlagen. Deshalb soll hier eine kritische Beurteilung des Erreichten unter Beachtung der heute bestehenden CAD-Möglichkeiten vorgenommen werden. Die Beurteilung stützt sich insbesondere auf die Erfahrungen, die ich in jüngster Zeit mit einigen kleinen und großen CAD-Systemen sammeln konnte.

K 1. Hardwarewahl

Die Anschaffung des IGA war 1978 eine gute Wahl, insbesondere wegen des Bildschirms mit einer Auflösung von 2048 x 1536 Punkten und einer ausreichenden Bildwiederholffrequenz auch für kompliziertere Zeichnungen infolge der Splittung des Bildes in einen Speicherteil und einen Bildwiederholteil. Die Konzeption, lokale Intelligenz mit einem Anschluß an einen Hostrechner zu kombinieren, ist immer noch aktuell. Natürlich kann man heute zuverlässigere, wartungsärmere Kleinrechner (PCs) mit wesentlich größerem Arbeitsspeicher zu viel niedrigerem Preis kaufen, oder man könnte zu gleichem Preis eine Anlage kaufen, mit der die Kopplung an einen Host-Rechner entfallen kann (z.B. eine MicroVAX), was die Handhabung der Software erleichtern würde. Vermutlich würde man heute auch einen Farbbildschirm wählen.

K 2. CAD-Grundsoftware

Die Grafik-Software des IGA war bei dessen Anschaffung durchaus modern. Trotzdem benutzt die heutige Grafik-Software andere Funktionen und andere Aufrufe, so daß die erstellten Programme für eine Übertragung auf einen modernen Rechner angepaßt werden müßten.

Moderne CAD-Systeme verfügen über Menüs mit einer sehr großen Anzahl von Untermenüs. Diese haben viele komfortable Möglichkeiten wie wegschneiden einer oder mehrerer Teilbilder zwischen zwei Grenzen, automatisches Schraffieren einer Fläche mit Inseln usw. Außerdem erlauben Sie den Datenaustausch mit anderen Rechnern und Softwaresystemen über genormte Schnittstellen wie z.B. IGES (Initial Graphic Exchange Specification).

Die Optimierungssoftware CHWARISMI ist zwar auch heute noch im Einsatz, wird aber zunehmend durch moderne Programme, insbesondere OPT (von Söding) und PREOPT (von Gudenschwager, IfS) abgelöst.

K 3. Struktur der selbst erstellten Software

Die Unterteilung in einen getrennten Optimierungslauf und eine anschließende Generierung des Generalplans, der schließlich interaktiv zu ändern ist, erscheint auch aus heutiger Sicht als die beste Lösung.

K 4. Entwurfsablauf

Beim manuellen Entwurf werden auch heute noch Vergleichsschiffe zur Gewinnung erster Schätzungen für die Hauptabmessungen benutzt, ebenso wie bei der hier entwickelten Software. Man darf jedoch den Schiffsentwurf keineswegs als ein Interpolieren eines neuen Entwurfs zwischen vorhandenen Schiffen auffassen, weil dies alle inzwischen eingetretenen Verbesserungen außer acht lassen würde. Vergleichsschiffe sind deshalb nur zu Beginn der Entwurfsarbeit hilfreich, und dies auch nur dann, wenn stets die neuesten Schiffe zum Vergleich herangezogen werden. In den späteren Entwurfsstadien geht es vielmehr darum, Verbesserungsmöglichkeiten zu erkennen und einzuarbeiten. Hierbei ist der Rechner hilfreich, soweit es um die Optimierung der Hauptkennwerte des Schiffes geht,

da sich die Optima ständig, z.B. durch veränderte Relationen zwischen Kapital- und Brückenstoffpreis und Personalkostenveränderungen, Besatzungszahl und entsprechende Verkleinerung des Brückenaufbaus zur Erhöhung der Deckstellplätze für Container, können durch das hier entwickelte Programmsystem natürlich nicht erkannt werden; sie können aber mit dem entwickelten System schneller in den Entwurf eingearbeitet werden, wobei viele Konsequenzen einer solchen Änderung automatisch bestimmt werden und die Berechnung anderer Konsequenzen erleichtert wird.

K 5. Schiffstypenauswahl

Auf Seite 43 sind die Gründe dafür genannt, daß das Programm nur eine Untermenge von Schiffstypen behandeln kann. Da diese insgesamt die Mehrzahl aller gebauten Frachtschiffe umfassen, erscheint diese Einschränkung nicht gravierend.

Man sollte dabei aber berücksichtigen, daß durch den technischen Wandel ständig Änderungen auch bei heute existierenden Schiffstypen eintreten, die eine Anwendung des Programms mit der Zeit immer mehr erschweren können, und daß auf lange Sicht die Anzahl von Schiffstypen ständig zunimmt. Ein ideales Programm würde deshalb aus einem "methodischen" Teil bestehen, der die langfristig konstanten und vom Schiffstyp unabhängigen Aufgabenstellungen (z.B. Optimieren; Darstellungsweise von Generalplänen; hydrostatische Berechnungen) umfaßt, und einem "fachlichen" Teil, der sich ändernde oder vom Schiffstyp abhängige Entwurfsregeln, Bestimmungsgleichungen, Darstellungsweisen etc. umfaßt und der relativ leicht an die neuesten Entwicklungen der Schiffstechnik und den jeweiligen Neubaukontrakt angepaßt werden kann, ohne daß dazu die Details des methodischen Programmteils beherrscht werden müßten. Dies Konzept ist die Grundlage der sogenannten Expertensysteme. Für die Optimierung selbst ist diese Trennung in Methodik und aktuelle Anwendung seit langem erreicht; für den zeichnerischen Entwurf komplizierter technischer Gebilde ist

solch ein System, das wirklich befriedigen könnte, bisher aber nicht bekannt geworden.

K 6. Dreidimensionale Speicherung

Das hier erstellte Programm benutzt kein 3-dimensionales Abbild (ein sog. Drahtmodell) des Schiffes im Speicher, sondern generiert getrennt einzelne 2-dimensionale Ansichten des Schiffes. Folgeänderungen, die beim Ändern einer Ansicht in anderen Ansichten des Schiffes auftreten müßten, können deshalb nur für die Teile automatisch generiert werden, die dem Programm bekannt sind; interaktiv eingefügte neue Bauteile gehören nicht dazu. Dies ließe sich durch Generierung eines Drahtmodells verbessern. Für den vorhandenen IGA-Rechner wäre dies allerdings nicht ganz ohne Probleme möglich. Denn um z.B. einen Schnitt durch das Schiff darzustellen, müßten die vor einem Schnitt liegenden Teile des Drahtmodells weggelassen werden; meist gilt das auch für hinter dem Schnitt liegende Teile. Deshalb ist zur Generierung von üblichen Zeichnungen des Generalplans also ein 3-dimensionales "Abschneiden" (Clipping) erforderlich, das auf dem IGA-Rechner merkliche Rechenzeiten (geschätzt ca. 1/4 Stunde) erfordert. Trotzdem erscheint aus heutiger Sicht der Aufbau eines Drahtmodells im Speicher empfehlenswerter als die von mir benutzte Lösung.

K 7. Variables Raumschema

Das erstellte Programm geht praktisch von einem festem Schema für die Raumaufteilung des Schiffes aus; Schotte sind z.B. stets Ebenen senkrecht auf der Schiffslängsachse; nur ihre Lage und Anzahl kann geändert werden. Für viele Fälle wäre es sicher vorteilhaft, wenn der Benutzer die Raumaufteilung freier verändern könnte, also z.B. gestufte Schotte oder nicht über die ganze Schiffsbreite durchlaufende Schotte spezifizieren könnte. Dies würde zwar das Programm erheblich komplizierter machen, hätte aber den Vorteil, daß man viel eher weitere Schiffstypen und

kleine Details der hier behandelten Schiffstypen erfassen könnte. Um dem Benutzer des Programms nicht zusätzliche Arbeit mit der Angabe dieser Informationen zu machen, müßte die Information über den Zusammenhang der einzelnen Bauteile getrennt von den Maßen der Bauteile angegeben werden können, so daß die jetzt fest gewählte Raumanordnung etwa durch einen Datensatz für eine Standard-Raumaufteilung beschrieben würde. Nur Abweichungen von diesem generellen Schema müßten dann interaktiv angegeben werden. Verschiedene derartige Raumanordnungsdaten würden dann die übliche Raumaufteilung bei verschiedenen Schiffstypen beschreiben.

K 8. Benutzung der IGT-Software

Anfangs war vorgesehen, daß beim Arbeiten am Generalplan gleichzeitig ein Programm auf dem IGA und ein anderes Programm auf dem Hostrechner laufen sollten, die miteinander Daten austauschen. Dadurch sollten während interaktiver Änderung gleich z.B. Volumina und Schwerpunkte von Ladungsteilen geändert werden und daraus folgende Wirkungen für die Trimmlage und die Längfestigkeit bestimmt werden. Es stellte sich aber heraus, daß sich dies nicht in vernünftiger Weise verwirklichen ließ; Ursachen dafür waren lange Antwortzeiten des Hostrechners, häufige Übertragungsfehler über die Datenleitung zwischen beiden Rechnern, Systemzusammenbrüche und Speicherplatzknappheit auf beiden Rechnern. Nur für kleinere, untergeordnete Teilaufgaben funktionierte diese Arbeitsweise.

K 9. Verbesserungen gegenüber bestehenden Programmen

In einer Reihe von Punkten geht das hier entwickelte Programm meiner Ansicht nach erheblich über bisher existierende Schiffsentwurfsprogramme hinaus:

- Die Arbeiten erfolgen weder rein interaktiv noch nach vorgeplantem Schema; vielmehr habe ich mich bemüht, ständig gleiche Arbeitsschritte ohne Eingriff des Benutzers automatisch ablaufen

- zu lassen und trotzdem weitgehende interaktive Eingriffsmöglichkeiten für nicht schematisierbare Details zuzulassen.
- Rauminhalts- und Stabilitätsberechnungen werden genauer als bei anderen Schiffsentwurfsprogrammen unter Benutzung von Aufmaßdaten des Schiffsrumpfes durchführt.
 - Dimensionslose Rumpfaufmaße erlauben ein schnelles Berechnen von Schnittkonturen zwischen Rumpf und Ebenen auf dem Kleinrechner. Die Erzeugung dieser Daten erfolgt ohne manuelle Eingriffe.
 - Die Programme setzen keine speicherplatzintensive Systemsoftware (wie z.B. DINAS) voraus und können deshalb auf Kleinrechnern laufen.
 - Daten für genaue Volumen-, Schwerpunkt- und Längsfestigkeitsberechnungen etc. im Anschluß an den eigentlichen Entwurf werden automatisch erzeugt.
 - Durch Änderung der Eingangsdaten für das Programm SHIPS lassen sich in ganz einfacher Weise Entwurfsvarianten erzeugen, die sich z.B. in den Hauptabmessungen oder der Doppelbodenhöhe unterscheiden.
 - Der leicht interpretierbare Aufbau der Grafik-Datei erlaubt das Erkennen von sonst schwer lokalisierbaren Fehlern und selbst lokale Änderungen der Zeichnungen. Er dürfte auch die Umstellung des Programms auf andere Grafik-Grundsoftware erheblich erleichtern.
 - Die Quellprogramme sind strikt in Fortran IV gehalten und mit umfangreichen Kommentaren versehen, die etwa 50% des Programmumfangs ausmachen. Die Kommentare beschreiben die Bedeutung von Variablennamen, Common-Blöcken und den jeweiligen Rechengvorgängen. Zusätzlich existiert eine ausführliche Programmbeschreibung (172 Seiten).

L. Literaturverzeichnis

1. Wendel, K. (Herausgeber): Handbuch der Werften, Band XIV (1978), Seiten 68 ff.
2. Gallin, C.: Entwurf wirtschaftlicher Schiffe mittels Elektronenrechner; JSTG 61 (1967), Seiten 269 ff.
3. Schneekluth, H. und Malzahn, H.: OPTIMA, ein EDV-Programm für Probleme des Vorentwurfs von Frachtschiffen; Forschungszentrum des deutschen Schiffbaus (1978), Seiten 1 ff.
4. Nowacki, H.: Lecture Notes, Report 18; Department of Naval Architecture and Marine Engineering, The University of Michigan (1970).
5. Beier, K.-P., Nowacki, H., Schubert, C. and Weichbrodt, A.: A general purpose software system for optimization of ship design; ICCAS (1976).
6. Nowacki, H. und Lessenich, J.: Synthesemodelle für den Vorentwurf von Schiffen; JSTG 70 (1976), Seiten 89 ff.
7. Söding, H. und Wrede, J.: Compiler für technische Entwurfsprobleme; CHWARISMI I und II; ESS 15 (1983), Seiten 1 ff.
8. Rupp, K.-H.: Ein Beitrag zum rechnergestützten Entwerfen von Containerschiffen; IfS Bericht Nr. 448 (1984), Seiten 1 ff.
9. Heinecke, N.: Rechnereinsatz in der Entwurfspraxis; Rechnerunterstützter Schiffsentwurf, 9. Fortbildungskurs am IfS (1976).
10. Söding, H. und Poulsen, I.: Methoden der Programmierung von Aufgaben des Schiffsentwurfs; JSTG 68 (1974), Seiten 309 ff.

11. Arp, P. und Kastner, S.: Gebrauchsanleitung für ein Programm zur Speicherung und Auswahl von Vergleichsschiffen - SCHIFFSLISTE; ESS Bericht Nr. 37 (1980), Seiten 1 ff.
12. Holtrop, J. und Mennen, G. G. J.: A statistical power prediction method; ISP (1978), pages 253 ff.
13. Wrede, J.: Freibordrechnung nach der Freibordkonvention von von 1966 - ESS Programm FREIB (1979), Seiten 1 ff.
14. Poulsen, I.: Benutzerhandbuch für das Programm-System ARCHIMEDES zur Durchführung von hydrostatischen Berechnungen; ESS Bericht Nr. 20 (1976), Seiten 1 ff.
15. Hilleary, R. R.: The tangent search method of constrained minimization; Tech. Rep./Res. Paper No. 59, United States Naval Postgraduate School (1966).
16. Wrede, J.: Vorentwurf von Bulkcarriern mit Hilfe der Chwarismi-Compiler; Schiff und Hafen Nr. 29 (1977), Seiten 1001 ff.
17. van Lammeren, W. P. A., van Manen, J. D. and Oosterveld M. W. C.: The Wageningen B-Screw Series; Transactions SNAME 77 (1969), Seiten 269 ff.
18. Bögemann, Ch.: Näherungsformeln für wichtige Parameter des schiffbaulichen Vorentwurfs; Diplomarbeit, unveröffentlicht, ESS (1982), Seiten 1 ff.
19. Schreiber, H.: Statistische Untersuchung zur Bemessung der Generatorleistung von Handelsschiffen; Hansa 114 (1977), Seiten 2117 ff.
20. Heinecke, N.: Rechenprogramme in der Schiffsentwurfspraxis; Fachausschuß "Schiffsentwurf und Schiffssicherheit" der Schiffbautechnischen Gesellschaft (1975).

- eristics of tankers and dry cargo ships; International Shipbuilding Progress (1964).
22. Kröger, P.: Optimierung eines Handelsschiffes im Liniendienst nach Bau- und Betriebskosten; IfS (1981), Seiten 1 ff.
 23. Nehrling, B. C.: Methods for interactive ship compartmentation based on pattern concatenation; Dissertation, University of Michigan (1975), Seiten 1 ff.
 24. Gronarz, A.: Entwicklung eines interaktivem EDV-Programms zum rechnergestützten Entwerfen von Containerschiffen; Forschungszentrum des deutschen Schiffbaus, Nr. 149 (1984), Seiten 1 ff.
 25. Duncan, J. M. and Yuille, I. M.: Representation of compartmented spaces for computer-aided ship design; Computer Aided Design, Volume 16, Number 1 (1984), Seiten 33 ff.
 26. Schumann-Hindenberg, U.: Geometrische und topologische Modellierung schiffsinterner Raumeinteilungen; Dissertation, Technische Universität Berlin (1984), Seiten 1 ff.
 27. Lee, K.-Y.: Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen beim Schiffsvorentwurf; Schiffstechnik 30 (1983), Seiten 66 ff.
 28. Poddar, P.: Programmbeschreibung zur graphischen Darstellung des Generalplanes auf dem TEKTRONIX 4081-Rechner mit Optimierungsmöglichkeit auf dem CD Cyber 76-14 Rechner des RRZN; IGA BI Nr. 26 (1985), Seiten 1 ff.
 29. Wossidlo, W.: General Arrangement Plans of M/T "Entalina"; New Ships, Volume 24, No. 2 (1979).

<u>Fragen des Programms</u>	<u>Eingabe des Benutzers</u>
Schiffs-Name	= Mehrzweckfrachter "Anima"
Schiffs-Nummer	= 5001
Schiffs-Typ	= 0307
Strecke zw. zwei Bunkerungen	= 6500
"Deadweight"	= 11640.0
Ladungsart	= Stueckgut
Antriebsart	= M. Diesel
Dienstgeschwindigkeit	= 16.0
Maximaler Tiefgang	= 8.16

Liste 1: Mindest-Eingabe zum Programm SHIPF.

Liste 2:

Ausgabe des Programms SHIPP. Für unbekannte oder nicht anwendbare Daten wird 0 ausgegeben. Die Zahlen vor den Texten bedeuten die Kennwerte der entsprechenden Größen im Programm

SCHIFFSLISTE:

1	Schiffs-Name	Mehrzweckfrachter "Anima"	
2	Schiffs-Nummer	5001	
3	Schiffs-Typ	0307	
4	Fahrgebiet	HAMBURG -	
	Heimathafen	HAEFEN AM DER	
	Strecke zw. zwei Pankierungen	OSTKUESTE DER U.S.A.	
	"Deadweight"	HAMBURG	
4	Art der Ladung	6500	
	Laderauminhalt	11640.000	
	Anzahl der Passagiere	Stueckgut	
	Besatzungsanzahl	18563.508	
	Antriebsart	0	
47	Antriebsleistung	20	
48	Dienstgeschwindigkeit	M. DIESEL	
46	Bunkerkapazität	6147.504	
13	Laenge ueber Alles	16.000	
14	Laenge zwischen den Loten	1330.000	Anzahl Plotterschritten pro m = 56.392
15	Breite	150.807	Sprung am V.L. als % Lpp/2 = 0.000
16	Tiefgang	143.353	Anzahl Schotten = 5
	Maximale Laenge	21.342	Bauspantenabstand in mm (') = 770.000
	Maximale Breite	8.160	Doppelbodenhoehe = 1.339
	Maximaler Tiefgang	10.885	Ruder (0=Hacke,1=Spaten,2=HS) = 1
	Geschwindigkeits Reserve in %	0.000	Bugwulst (0=nein,1=ja) = 1
	Reserve Bunkerkapazität in %	0.000	Heck-Typ (0=Rund,1=Fl.,2=Eck.) = 1
	Besondere Sicherheitsbed.	8.160	Kimmeradius als % der Breite = 16.000
	Sonstige Bedingungen	0.000	Rucht (0.0=keine, 50.0=std.) = 0.000
	"Deadweight" / Displacement	0.000	Sogziffer = 0.175
6	M/C (0=mitte,1=hinten)	0.000	Nachstromziffer = 0.260
5	Deck (0=mitte,1=hinten,2=vorn)	0.000	Propellerdurchmesser = 4.080
19	Freibord	KEINE	LCB vor Hspt. als % von Lpp = 0.560
21	Schiffs-Widerstand	KEINE	Anzahl der Decks = 2
1	Basisschiffnummer	0.748	Vordersteven Krümmung (0-10) = 4.000
		15956.012	Vordersteven Neigung in Grad = 15.000
		0.703	Höhe des Vorderstevens (%T) = 70.000
		0.975	Zwischendeckshöhe = 3.200
		0.670	Aufbautendeckslänge = 0.000
		0.858	Höhe des Aufbautendecks = 3.500
		1	Anzahl von Aufbautendecks = 5
		3.949	Neigung des Achterstevens = -67.000
		420.508	Oberdeckshbr. am Heck als % B = 70.000
		0	Datei-Ende =

```

SFBFO,STMFZ,T5,NT1,SP.  PODDAR 4387 KW9464
ACCOUNT(2857VN * ,KG2,PODDAR)
WASTE (PJ=ON)
REWIND,OUTPUT.
ATTACH,ESSCCL, ID=SOEDING.
DISPOSE (OUTPUT,ST=AAA1AC,*PR)
MAP,OFF.
BEGIN,SLISTE,ESSCCL,MODUS=PLOT.
*EOR
SLISTE
1 450 -1 3      2.5   7.5 14 100.35 200.69 0
9999 4 5 6 14 15 16 18 19 20 21 22 9999
6666 49 19 5.0 5.0 15.0 15.0 21.0 29.7 0
0
    
```

Liste 3: Von SHIPF erzeugte Kommandofolge mit Eingabedaten für einen Lauf des Programms SCHIFFSLISTE.

BERECHNUNG DES WIDERSTANDS NACH HOLTROP UND MENNEN

WATERLINE LENGTH (M)	150.000
BREADTH (M)	20.000
MIDSHIP DRAFT (M)	10.000
FORWARD DRAFT-AFT DRAFT(M)	-3.000
BLOCK COEFFICIENT	.700
WATERPLANE COEFFICIENT	.500
MIDSHIP SECTION COEFFICIENT	.986
TRANSVERSE SECTION AREA OF BULB (M2)	20.000
HEIGHT OF CENTRE OF BULB SECTION AREA (M)	5.000
WETTED SURFACE OF APPENDAGES (M2)	60.000
FORM FACTOR 1+K OF APPENDAGES	1.300
LENGTH OF RUN (M). 0, IF STANDARD	0.000
LONGITUDINAL CENTRE OF BUOYANCY (%L BEFORE 0.5L)	.500
SALINITY OF WATER IN %	3.500
TEMPERATURE OF WATER IN CENTIGRADES	15.000
MINIMUM SPEED (M/S)	6.000
SPEED STEP LENGTH (M/S)	1.000
MAXIMUM SPEED (M/S)	10.000
NUMBER OF PROPELLERS	2.
PROPELLER DIAMETER (M)	5.000
EXPANDED BLADE AREA RATIO	.500
PITCH/DIAMETER	1.200
THRUST DEDUCTION COEFFICIENT	.161
RELATIVE ROTATIVE EFFICIENCY	.975

Eingabe

SHIP SPEED (M/S)	RESISTANCE (KN)	WAKE FRACTION
6.000	241.951	.151
7.000	333.966	.151
8.000	453.699	.151
9.000	635.169	.151
10.000	822.202	.151

Ergebnisse

Liste 4: Beispiel für Eingabedaten und Ergebnisse des Programms HOLTMA.

Liste 5: Abhängige Variable bei der Optimierung des Mehrzweckfrachters.

Länge zwischen den Loten	Masse Schweröl
Breite	Masse Dieselöl
Tiefgang voll abgeladen	Masse Schmieröl
Seitenhöhe	Wasserlinienvölligkeit
Mindestfreibord	Hauptspantvölligkeit
Metazentrische Höhe	Wasserlinienlänge
Verdrängung	Benetzte Oberfläche einschl. Anhänge
Längenkoordinate des Verdrängungsschwerpunkts	Benetzte Rumpf-Oberfläche
Laderaumvolumen	Rumpfvolumen unter Deck
Völligkeit des Rumpfes bis zum Hauptdeck	Maschinenraumlänge
Leistung der Antriebsmaschine am Propeller	Achterpieklänge
Generatorleistung	Vorpieklänge
Flächenverhältnis des Propellers	Maschinenraumvolumen
Propellersteigung	Achterpiekvolumen
Masse des Stahlschiffskörpers	Vorpiekvolumen
Masse der Maschinenanlage	Doppelbodenhöhe
Masse der Einrichtung und Ausrüstung	Doppelbodenvolumen
Masse der Ladung	Baukosten des Schiffes
Anzahl der Rundreisen des Schiffes pro Jahr	Jährliche Schiffs-Betriebs- kosten
Dauer einer Rundreise	Annuität
Schwerölverbrauch pro Rund- reise	Erforderliche Frachtrate
Dieselölverbrauch pro Rundreise	
Schmierölverbrauch pro Rundreise	

Liste 6: Gleichungen zur Bestimmung der abhängigen Variablen entspr. Liste 5

1. Verdrängung = Länge · Breite · Tiefgang · Völligkeit
2. Längenkoordinate des Verdrängungsschwerpunkts = lineare Funktion der Völligkeit
3. Wasserlinienlänge = 1,01 · Länge zwischen den Loten
4. Hauptspantvölligkeit = Wert, der sich aus der Transformation der Ausgangs-Schiffsform ergibt
5. Entsprechend für Wasserlinienvölligkeit
6. Entsprechend für benetzte Oberfläche des Rumpfes
7. Gesamte benetzte Oberfläche = Rumpf- und Anhangoberfläche
8. Berechnung des Widerstands und der Sogziffer nach dem Verfahren von Holtrop und Mennen /12/ und Gleichsetzung mit dem Propellerschub berechnet nach van Lammern et al. /17/
9. Berechnung des Nachstroms nach Holtrop und Mennen /12/
10. Berechnung der erforderlichen Propeller-Antriebsleistung nach /17/
(Die Gleichungen 8 bis 10 sind in der Gleichungsmenge HOLTEQ zusammengefaßt, die in Anhang 5 gezeigt ist. Sie werden für das Schiff auf Entwurfstiefgang angesetzt.)
11. Mindest-Freibord nach der Freibordkonvention von 1966
12. Masse der Einrichtung und Ausrüstung nach einer Formel von Bögemann /18/
13. Entsprechend Masse der Maschinenanlage
14. Entsprechend Stahlgewicht des Schiffsrumpfes und der Aufbauten
15. Tragfähigkeit = 1,03 · Verdrängung - Masse des Stahls, der Maschinenanlage, der Einrichtung und Ausrüstung und der Aufbauten
16. Berechnung der elektrischen Generatorleistung nach Schreiber /19/
17. Berechnung des Schwerölverbrauchs pro Rundreise aus der Maschinenleistung, dem spezifischen Brennstoffverbrauch und der Fahrzeit einschließlich Revier- und Wartezeiten
18. Berechnung der Rundreisezeit aus Revierzeit, Wartezeit, Fahrtzeit auf See, Lade- und Löschzeit

19. Berechnung des Dieselölverbrauchs aus der Generatorleistung
20. Berechnung des Schmierölverbrauchs pro Rundreise aus der Rundreisezeit, der Maschinenleistung und dem spez. Schmierölverbrauch
21. Geladene Schwerölmasse abhängig von der Verbrauchsmasse
22. Geladene Dieselölmasse abhängig von der Verbrauchsmasse
23. Geladene Schmierölmasse abhängig von der Verbrauchsmasse
24. Ladungsmasse = Tragfähigkeit - Massen von Besatzung, Proviant, Frischwasser, anderen Vorräten sowie dem Rundreiseverbrauch an Schwer-, Diesel- und Schmieröl
25. Länge des Maschinenraums nach einer Formel von Heinecke /20/
26. Entspr. Länge der Achterpiek
27. Entspr. Länge der Vorpiek
28. Völligkeit des Rumpfes bis zum Deck = Wert, der sich aus der Transformation der Ausgangs-Schiffsform ergibt
29. Unter-Deck-Volumen = Länge · Breite · Seitenhöhe · Völligkeit des Rumpfes bis zum Deck
30. Doppelbodenhöhe nach Heinecke /20/
31. Volumen des Maschinenraumes = Wert, der sich aus der verzerrten Schiffsform, der Achterpieklänge und der Maschinenraumlänge (und Lage) ergibt
32. Achterpiekvolumen entsprechend berechnet aus der Achterpieklänge
33. Vorpiekvolumen entsprechend berechnet aus der Vorpieklänge
34. Doppelbodenvolumen entsprechend berechnet aus den Doppelbodenlängen und der Doppelbodenhöhe
35. Laderaumvolumen = Unterdeckvolumen - Volumina der beiden Piek tanks, des Maschinenraums und des Doppelbodens
36. Rundreiseanzahl pro Jahr = Jährliche Betriebszeit / Rundreisezeit
37. Metazentrische Höhe GM = Höhe KM aus verzerrter Schiffsform - als Prozentsatz der Seitenhöhe geschätzte Schwerpunkthöhe KG
38. Längen-Breiten-Verhältnis = Lotlänge / Breite
39. Breiten-Tiefgangs-Verhältnis = Breite / Tiefgang
40. Längen-Seitenhöhen-Verhältnis = Lotlänge / Seitenhöhe

41. Die Baukosten des Schiffes werden nach einer Routine von Johnson und Rumble /21/ abhängig von den folgenden Daten berechnet: Masse der Maschinenanlage, des Stahlkörpers einschl. Aufbauten, der Einrichtung und Ausrüstung und der Antriebsleistung, Material- und Arbeitskosten, Inflationsrate.
42. Die jährlichen Betriebskosten werden nach einer Routine von Kröger /22/ abhängig von Lade- und Löschkosten, Schwer-, Diesel- und Schmierölverbrauchskosten, Lohnkosten und Steuern berechnet.
43. Die jährlichen Zinsen und Tilgungen auf das Baukapital werden abhängig von den Baukosten, der Abschreibungszeit und dem Zinssatz berechnet.
44. Die erforderliche Frachtrate wird nach der auf Seite 24 angegebenen Formel berechnet.

Liste 7: Optimierungsergebnisse für den Mehrzweckfrachter

(Die zuerst angegebenen Zahlen sind die Schätzwerte,
die danach angegebene Zahl ist das Optimierungsergebnis)

Abkürzungen: A=Abfahrt, V =Verbrauchte Menge,
B=Ballastfahrt, SP=Spezifische Menge

1	=	SNUM	=	SCHIFFSNUMMER	=	5001.000	5001.000
2	=	YEAR	=	BAUJAHR	=	1981.900	1981.900
3	=	TYP	=	SCHIFFSTYP (TYP 1 UND TYP 2)	=	307.000	307.000
	=	STH	=	STRECKE ZWISCHEN BUNKERUNG SM	=	6500.000	6500.000
4	=	TOW	=	"DEADWEIGHT" IN T	=	11640.000	11640.000
42	=	VOLLAD	=	LADERAUMINHALT IN M3	=	18000.000	18563.509
	=	PASSZ	=	ANZAHL DER PASSAGIERE	=	0.000	0.000
12	=	BESTZ	=	BESATZUNGSZAHL	=	20.000	20.000
47	=	PD	=	MOTORENLEISTUNG (A) IN KW	=	6000.000	6147.504
48	=	VMK	=	DIENTSGESCHWINDIGKEIT IN KT	=	16.000	16.000
14	=	L	=	LAENGE ZWISCHEN DEN LOTEN IN M	=	140.000	143.353
15	=	B	=	BREITE IN M	=	20.000	18.921
18	=	T	=	TIEFGANG (A) IN M	=	7.500	8.160
16	=	DEP	=	SEITENHOEHE IN M	=	13.000	11.535
	=	LOAMAX	=	MAXIMALE LAENGE IN M	=	0.000	0.000
	=	BMAX	=	MAXIMALE BREITE IN M	=	0.000	0.000
	=	TMAX	=	MAXIMALER TIEFGANG IN M	=	8.160	8.160
	=	HMAX	=	MAXIMALE SEITENHOEHE IN M	=	0.000	0.000
	=	VRESRV	=	GESCHWINDIGKEITSRESERVE IN %	=	0.000	0.000
	=	TRSTRV	=	RESERVE BUNKERKAPAZITAET IN %	=	0.000	0.000
6	=	DWBYD	=	"DEADWEIGHT" / DEPLACEMENT	=	0.759	.759
5	=	DISV	=	DEPLACEMENT (A) IN M3	=	16600.000	15566.849
19	=	CB	=	CB (A)	=	0.653	.703
21	=	CM	=	CM (A)	=	0.976	.975
	=	CP	=	CP (A)	=	0.670	.670
20	=	CWP	=	CWP (A)	=	0.826	.858
	=	FB	=	FREIBORD (A) IN M	=	3.000	2.782
	=	KG	=	KG ALS % SEITENHOEHE	=	65.000	65.000
	=	SHEER	=	SPRUNG VORNE ALS % LPP/2	=	0.000	0.000
	=	BHDN	=	ANZAHL DER SCHOTTEN	=	6.000	6.000
	=	FS	=	BAUSPANTENABSTAND IN MM (!)	=	770.000	770.000
	=	TTH	=	DOPPELBODENHOEHE IN M	=	1.500	1.259
	=	CAMBER	=	BUCHT (0.0=KEINE, 50.0=STD.)	=	0.000	0.000
58	=	DP	=	PROPELLERDURCHMESSER IN M	=	6.000	5.485
	=	XLDB	=	LCB VON N.S. (A) ALS % VON LPP	=	-1.000	.376
	=	FP1	=	LAENGE DER PAR. M. SCHIFF/LPP	=	0.214	.214
	=	LMC	=	M/C (0=MITTE) ODER (1=ACHTER)	=	1.000	1.000
	=	RLMAS	=	M/C RAUM LAENGE / LPP	=	0.150	.154
	=	RLPKA	=	ACHTERPIEKLAENGE / LPP	=	0.050	.045
	=	RLPKV	=	VORPIEKLAENGE / LPP	=	0.050	.063
	=	VOLMAS	=	M/C RAUM VOLUMEN / GES. VOL.	=	0.150	.111
	=	VOLPKA	=	ACHTERPIEKVOLUMEN / GES. VOL.	=	0.050	.016
	=	VOLPKV	=	FWD PEAK VOLUMEN / GES. VOL.	=	0.050	.018
	=	VOLDB	=	DOPPELBODENVOLUMEN / GES. VOL.	=	0.050	.076
	=	VOLUD	=	GESAMTVOLUMEN IN M3	=	24000.000	23819.603
	=	STKO	=	STAUKOEFFIZIENT IN M3/T	=	1.600	1.600
	=	DECKN	=	ANZAHL DER DECKS	=	2.000	2.000
	=	ZWD	=	ZWISCHENDECKSHOEHE IN M	=	3.200	3.200
	=	AUFBL	=	AUFBAUTENLAENGE ALS % LPP/2	=	0.000	0.000
	=	AUFBH	=	AUFBAUTENHOEHE IN M	=	3.200	3.200

	= AUFBN	= ANZAHL DER AUFBAUTENDECKS	=	3.000	3.000
45	= MFW	= MASSE FRISCHWASSER (A) IN T	=	300.000	300.000
	= MBP	= MASSE BES. UND PROVIANT IN T	=	4.500	4.500
	= MVSP	= SP. VORRATSVERBRAUCH IN T/TAG	=	0.180	.180
	= MLSPH	= SP. LOESCHMENGE IN T / H	=	600.000	600.000
	= MLSPT	= SP. LADEMENGE IN T / H	=	600.000	600.000
	= TFJ	= ZAHL DER SEETAGE PRO JAHR	=	350.000	350.000
	= TW	= WARTEZEIT IN H / RUNDREISE	=	50.000	50.000
	= TR	= REVIERFAHRT IN H / RUNDREISE	=	50.000	50.000
	= TEMP	= WASSERTEMPERATUR IN C	=	15.000	15.000
	= SALIN	= SALZGEHALT IN %	=	3.500	3.500
	= ZUSCHL	= W.ZUSCHL (SEEGANG + WIND) IN %	=	20.000	20.000
	= CA	= RAUHIGKEITZUSCHL (/ 1000)	=	0.200	.200
	= ABT	= WULSTQUERSCHNITTFLAECHE IN M2	=	0.000	0.000
	= HB	= HOEHE DES WULSTZENTER IN M	=	6.000	6.000
	= EIPK2	= FORMKOEFFIZIENT DER ANHAENGEN	=	1.300	1.300
	= STOT	= BENETZTE FLAECHE IN M2	=	4120.000	4102.425
	= SAPP	= QUERFLAECHE DER APPEND. IN M2	=	100.000	100.000
	= VM	= MITTLERE REISEGESCH. IN M/S	=	8.231	8.231
49	= FNM	= FROUDSCHEZAHL BEIM MIT. GESCH.	=	0.260	.219
	= RLR	= LAENGE DES VORSCHIFFS (0=STD.)	=	0.000	43.400
	= TRIM	= TRIMM IN M	=	0.000	0.000
	= RMAT	= PROPELLERMATERIAL (0, 1 ODER 2)	=	1.000	1.000
60	= NP	= ANZAHL DER PROPELLER	=	1.000	1.000
	= NPB	= ANZAHL DER PROPELLERFLUEGELEN	=	4.000	4.000
	= BP	= OELVERBRAUCHSRATE G/KW/H	=	172.000	172.000
	= BPD	= DIESELOELVERBRAUCH G/KW/H	=	172.000	172.000
	= BPL	= SCHMIEROELVERBRAUCH G/KW/H	=	1.020	1.020
	= KSOSP	= SCHWEROELPREIS (SP) IN DM/T	=	434.000	434.000
	= KDOSP	= DIESELOELPREIS (SP) IN DM/T	=	657.000	657.000
	= KLOSP	= SCHMIEROELKOSTEN (SP) IN DM/T	=	4000.000	4000.000
	= KLSP	= SPEZIFISCHE LOHN IN DM/H	=	40.000	40.000
	= KMEASP	= KOSTEN FUER E+A IN DM/T	=	5263.000	5263.000
	= KMSTSP	= KOSTEN FUER STAHLMATERIAL DM/T	=	1200.000	1200.000
	= TEASP	= ARBEITSZEIT FUER E+A IN H/T	=	100.000	100.000
	= TSTSP	= ARBEITSZEIT FUER STAHL IN H/T	=	18.800	18.800
	= GEHLT	= GEHALT PRO BES.MITG. IN DM	=	6000.000	6000.000
	= VEF	= VERPFLEGUNGSKOSTEN (SP) IN DM	=	10.000	10.000
	= KLDSP	= LADEKOSTEN (SP) IN DM/T	=	15.000	15.000
	= KLSSP	= LOESCHKOSTEN (SP) IN DM/T	=	15.000	15.000
	= ZINS	= ZINSSATZ	=	0.110	.110
	= TA	= SCHIFFSABSCR. ZEIT IN JAHR	=	15.000	15.000
	= PRSTS	= INFLATIONSRATE	=	6.000	6.000
59	= NMAX	= MAXIMUM PROP. U.P.M	=	135.000	135.000
	= VOLA	= AUFBAUTENVOLUMEN IN M3	=	6500.000	6500.000
	= TROL	= ROLLPERIODE IN S	=	15.000	15.000
	= RNSCH	= ANZAHL SCHWESTERSCHIFFE	=	1.000	1.000
	= ML	= MASSE LADUNG IN T	=	10000.000	10665.777
32	= SLB	= SCHIFFSLEERGEGEWICHT IN T	=	6862.000	4393.854
	= TB	= BALLASTTIEFGANG IN M	=	6.921	6.485
	= CBB	= BALLASTVOELLIGKEITSGRAD	=	0.501	.672
	= DISVB	= BALLASTDEPLACEMENT IN T	=	10260.000	11818.277
41	= GM	= METAZENTRISCHE HOEHE IN M	=	0.500	.700
	= PZD	= PROPELLERSTEIGUNGSGRAD	=	0.667	.709
	= AEA0	= PROP. FLAECHEENVERHAELTNISS	=	0.700	.486
	= FKAV	= KAVITATION FAKTOR (A)	=	1.000	1.000
	= FKAVB	= KAVITATION FAKTOR (B)	=	1.000	1.000

	= PDB	= MOTORENLEISTUNG IN BALLAST KW	=	8300.000	8390.720
29	= MST	= MASSE STAHL IN T	=	3000.000	2766.414
30	= MEA	= MASSE E+A IN T	=	900.000	871.955
	= MA	= MASSE AUFBAUTEN IN T	=	0.000	0.000
31	= MM	= MASSE M/C IN T	=	700.000	755.485
	= KBAU	= BAUKOSTEN IN 1000 DM	=	25000.000	23996.910
	= KBET	= BETR. KOSTEN IN 1000 DM/JAHR	=	10000.000	11286.593
	= ANUIT	= ANNUITAET IN 1000 DM	=	3000.000	3337.136
	= RNRR	= RUNDREISEN PRO JAHR	=	9.000	8.860
	= KS	= SCHIFFSPR. (D. M/C) IN 1000 DM	=	15140.000	15273.709
	= KM	= M/C PRICE IN 1000 DM	=	8540.000	8809.837
	= MSOELH	= MASSE SCHWEROEL (A) IN T	=	500.000	554.796
	= MDOELH	= MASSE DIESELOEL (A) IN T	=	90.000	91.172
	= MLOELH	= MASSE SCHMIEROEL (A) IN T	=	20.000	16.644
	= MSOELV	= MASSE SCHWEROEL (V) IN T	=	1000.000	964.863
	= MDOELV	= MASSE DIESELOEL (V) IN T	=	150.000	158.561
	= MLOELV	= MASSE SCHMIEROEL (V) IN T	=	5.000	5.945
	= RFR	= ERFORDERLICHE FRACHTRATE DM/T	=	150.000	154.748

Liste 8: Teilaufgaben des Programm SHIPS.

<u>Programm</u>	<u>Schalter</u>	<u>Zweck</u>
SHIPS	R	Schottbilder
	1	Generiert "Workspace" zum zusammenstellen von Ansichten
	2	Ladungs-Ansichten
	4	BLOCK5 generieren
	8	Texte, Maßstab, Hilfslinien
SHIPS1	R	Frei
	1	Seitenansicht komplett
	2	Folgeänderungen von Schotten
	4	Alle Decks (nur Draufsichten)
	8	Innenboden (nur Draufsicht)
SHIPS2	R	Unterdrücken Aufbautengenerierung
	1	Deckshaus in Seitenansicht und Aufbauten
	2	Ladebäume, Schornstein, Motorhaube
	4	Draufsicht auf Back, Poop und Oberdeck
	8	Hauptspant komplett
SHIPS3	R	Frei
	1	Vordere Aufbauschottkontur
	2	Alle andere Schottenkonturen
	4	Alle Deckskonturen
	8	Innenbodenkontur
SHIPS4	R	Frei
	1	Wie SHIPS_;R
	2	Justiere Ladungsgewichte
	4	Ausgabe BLOCK16
	8	Frei

Liste 9: Verzeichnis der Teilbilder zur Erzeugung
von Generalplänen

<u>Name</u>	<u>Bildinhalt</u>
B1	Brückendeck in Seitenansicht
B11	Brücke in der Draufsicht auf das Hauptdeck
BASE	Eine Gerade, Basislinie in Seitenansicht
BD1	Schott in Draufsicht
BEAK	Parabolischer Oberteil des Vorstevens
BH1	Aufbaudeck in der Darstellung des Hauptspantes
BHD	Schott in Seitenansicht
BR1	Draufsicht auf Deckshaus
BULB0	Unterer Teil des Vorstevens bei Schiffen ohne Wulst
BULB1	Wulstbug in Seitenansicht
CASING	Maschinenschacht
CON	Container
CRAN	Kompletter Satz von Deckskränen
CRAN0	Deckskran
CRAN1	Kran mit einem Haken
CRAN2	Kran mit zwei Haken
CRAN3	Kran angebaut an das Deckshaus
CRAN4	Einzelbordkran
CRAN5	Bockkran
D1	Hauptdeck in Seitenansicht
D2	Zwischendeck in Seitenansicht
DECK1	Draufsicht auf Hauptdeck
DECKP	Backbordseite des Hauptdecks in der Draufsicht
DKijk	Draufsicht auf Decks und Innenboden i=1: Gestrichelte Kontur des nächst-höheren Decks i=2: Ausgezogene Kontur des jeweiligen Decks j=1: Hauptdeck j=2: Zwischendeck j=3: Innenboden k=0: Kreuzerheck k=1: Spiegelheck k=2: Eckiges Heck
FAIR	Schanzkleid-Auslauf
FCLE	Back in Seitenansicht
FCLE0	Kontur der Backbordseite der Back

<u>Name</u>	<u>Bildinhalt</u> (Fortsetzung)
FCLE1	Draufsicht auf Back
FUN0	Schornstein in Seitenansicht für Maschine mittschiffs
FUN1	Schornstein in Seitenansicht für Maschine hinten
HAKEN0	Hintersteven für Ruder ohne Hacke
HAKEN1	Hintersteven für ein Ruder mit Hacke
HATCH1	Lukendeckel in der Draufsicht
LD1	Containerladung in der Draufsicht
MASS	Längenmaßstab
MAX	Rahmen um Schiffsansichten
MOTab	Hauptmotor: a=M: Mittelschnellläufer b=P: Seitenansicht a=S: Langsamläufer b=T: Draufsicht
MOTOR0	Hauptmotor in Seitenansicht bei Maschinenraum mittschiffs
MOTOR1	Hauptmotor in Seitenansicht bei Maschinenraum hinten
POOP	Poopdeck in Seitenansicht
POOP0	Poopdeck in Draufsicht
PROP	Propeller
PROPM	Propeller im ursprünglichen Maßstab
RAHM	Gitterlinien um Seitenansicht
RUDER	Ruderbild - Allgemeines
RUDER0	Ruder mit Hacke
RUDER1	Spatenruder
RUDER2	Halbschweberruder
SHFT0	Wellenleitung bei Maschine mittschiffs
SHFT1	Wellenleitung bei Maschine hinten
SHOT	Sämtliche Schotte in der Seitenansicht
SHOT0	Hauptspant
SHOT1	Hinterster Querschnitt (Entspr. SHOT2 bis SHOTn)
SHOT01	Nur Querschnitt-Konturen
STEM	Mittelteil des Vorstevens
STERNn	Vollständiger Hintersteven mit RUDERN, wobei n=0, 1 oder 2 sein kann
STPBHD	Stufenschott
STPTT	Stufentankdecke
TRANS0	Oberer Teil des Hinterstevens für Schiffe ohne Spiegel
TT	Innenboden in der Seitenansicht

Liste 10: Bulkeroptimierungsergebnis

(Die zuerst angegebenen Zahlen sind die Schätzwerte,
die danach angegebenen Zahl ist das Optimierungs-
ergebnis)

Abkürzungen:
A=Abfahrt, V =Verbrauchte Menge,
B=Ballastfahrt, SP=Spezifische Menge

RFR OPTIMIERUNG NACH WREDE

VERSION: B - 3

DATUM: 18/04/83

1 =	SNUM	= SCHIFFSNUMMER	=	5002.000	5002.000
2 =	YEAR	= BAUJAHR	=	1981.900	1981.900
3 =	TYP	= SCHIFFSTYP (TYP 1 UND TYP 2)	=	606.000	606.000
	STH	= STRECKE ZWISCHEN BUNKERUNG SM	=	6000.000	6000.000
4 =	TDW	= "DEADWEIGHT" IN T	=	70000.000	71000.000
42 =	VOLLAD	= LADERAUMINHALT IN M3	=	80000.000	89275.479
	PASSZ	= ANZAHL DER PASSAGIERE	=	0.000	0.000
12 =	BESTZ	= BESATZUNGSZAHL	=	35.000	36.000
47 =	PD	= MOTORENLEISTUNG (A) IN KW	=	10000.000	10974.197
48 =	VMK	= DIENSTGESCHWINDIGKEIT IN KT	=	15.000	14.999
14 =	L	= LAENGE ZWISCHEN DEN LOTEN IN M	=	240.000	248.533
15 =	B	= BREITE IN M	=	30.000	32.093
18 =	T	= TIEFGANG (A) IN M	=	11.000	12.900
16 =	DEF	= SEITENHOEHE IN M	=	22.000	17.870
	LDAMAX	= MAXIMALE LAENGE IN M	=	0.000	0.000
	BMAX	= MAXIMALE BREITE IN M	=	0.000	0.000
	TMAX	= MAXIMALER TIEFGANG IN M	=	0.000	0.000
	HMAX	= MAXIMALE SEITENHOEHE IN M	=	0.000	0.000
	VRESRV	= GESCHWINDIGKEITSRESERVE IN %	=	0.000	0.000
	TRSTRV	= RESERVE BUNKERKAPAZITAET IN %	=	15.000	15.000
6 =	DWBYD	= "DEADWEIGHT" / DEPLACEMENT	=	0.653	.653
5 =	DISV	= DEPLACEMENT (A) IN M3	=	80000.000	83456.857
19 =	CB	= CB (A)	=	0.820	.811
21 =	CM	= CM (A)	=	0.990	.997
	CP	= CP (A)	=	0.711	.711
20 =	CWP	= CWP (A)	=	0.900	.874
	FB	= FREIBORD (A) IN M	=	4.000	4.877
	KG	= KG ALS % SEITENHOEHE	=	52.500	52.500
	SHEER	= SPRUNG VORNE ALS % LPP/2	=	0.000	0.000
	BHDN	= ANZAHL DER SCHOTTEN	=	6.000	6.000
	FS	= BAUSPANTENABSTAND IN MM (!)	=	766.517	766.517
	TTH	= DOPPELBODENHOEHE IN M	=	1.200	1.200
	CAMBER	= BUCHT (0.0=KEINE, 50.0=STD.)	=	0.000	0.000
58 =	DP	= PROPELLERDURCHMESSER IN M	=	6.500	7.182
	XLOB	= LDB VON M.S. (A) ALS % VON LPP	=	1.000	1.812
	DECKN	= ANZAHL DER DECKS	=	1.000	1.000
	ZWD	= ZWISCHENDECKSHOEHE IN M	=	3.200	3.200
	AUFBL	= AUFBAUTENLAENGE ALS % LPP/2	=	0.000	0.000
	AUFBH	= AUFBAUTENHOEHE IN M	=	3.200	3.200
	AUFBN	= ANZAHL DER AUFBAUTENDECKS	=	5.000	5.000
45 =	MFW	= MASSE FRISCHWASSER (A) IN T	=	300.000	300.000
	MBP	= MASSE BES. UND PROVIANT IN T	=	4.500	4.500
	MVSP	= SP. VORRATSVERBRAUCH IN T/TAG	=	0.180	.180
	MLSPH	= SP. LOESCHMENGE (H) IN T / H	=	3000.000	3000.000
	MLSPT	= SP. LOESCHMENGE (T) IN T / H	=	10000.000	10000.000
	TFJ	= ZAHL DER SEETAGE PRO JAHR	=	350.000	350.000
	TW	= WARTEZEIT IN H / RUNDREISE	=	48.000	48.000

	= TR	= DECKERFAHRT IN H / RUNDREISE	=	14.000	14.000
	= TEMP	= WASSERTEMPERATUR IN C	=	15.000	15.000
	= SALIN	= SALZGEHALT IN %	=	3.500	3.500
	= ZUSCHL	= W.ZUSCHL (SEEGANG + WIND) IN %	=	20.000	20.000
	= CA	= RAUHIGKEITZUSCHL (/ 1000)	=	0.200	.200
	= ABT	= WULSTQUERSCHNITTFLAECHE IN M2	=	0.000	0.000
	= HB	= HOEHE DES WULSTZENTER IN M	=	6.500	6.500
	= EIPK2	= FORMKDEFFIZIENT DER ANHAENGEN	=	1.300	1.300
	= STOT	= BENETZTE FLAECHE IN M2	=	10000.000	12603.518
	= SAPP	= QUERFLAECHE DER APPEND. IN M2	=	400.000	400.000
	= VM	= MITTLERE REISEGESCH. IN M/S	=	7.716	7.716
49	= FNM	= FROUDSCHEZAHLE BEIM MIT. GESCH.	=	3.159	.156
	= RLR	= LAENGE DES VORSCHIFFS (0=STD.)	=	0.000	53.228
	= TRIM	= TRIMM IN M	=	0.000	0.000
	= RMAT	= PROPELLERMATERIAL (0, 1 ODER 2)	=	1.000	1.000
60	= NP	= ANZAHL DER PROPELLER	=	1.000	1.000
	= NPB	= ANZAHL DER PROPELLERFLUEGELEN	=	4.000	4.000
	= BP	= OELVERBRAUCHSRATE G/KW/H	=	172.000	172.000
	= BPD	= DIESEL OELVERBRAUCH G/KW/H	=	172.000	172.000
	= BPL	= SCHMIER OELVERBRAUCH G/KW/H	=	1.020	1.020
	= KSDSP	= SCHWEROELPREIS (SP) IN DM/T	=	434.000	434.000
	= KDDSP	= DIESEL OELPREIS (SP) IN DM/T	=	657.000	657.000
	= KLOSP	= SCHMIER OELKOSTEN (SP) IN DM/T	=	4000.000	4000.000
	= KLSF	= SPEZIFISCHE LOHN IN DM/H	=	40.000	40.000
	= KMEASF	= KOSTEN FUER E+A IN DM/T	=	5263.000	5263.000
	= KMSTSP	= KOSTEN FUER STAHL MATERIAL DM/T	=	1200.000	1200.000
	= TEASF	= ARBEITSZEIT FUER E+A IN H/T	=	100.000	100.000
	= TSTSP	= ARBEITSZEIT FUER STAHL IN H/T	=	18.800	18.800
	= CEHLT	= BEHALT PRO BES.MITG. IN DM	=	6000.000	6000.000
	= VCF	= VERPFLEGUNGSKOSTEN (SP) IN DM	=	10.000	10.000
	= KLDSP	= LADEKOSTEN (SP) IN DM/T	=	1.500	1.500
	= KLSF	= LOESCHKOSTEN (SP) IN DM/T	=	2.700	2.700
	= ZINS	= ZINSSATZ	=	0.110	.110
	= TA	= SCHIFFSABSCHR. ZEIT IN JAHR	=	15.000	15.000
	= PRSTG	= INFLATIONSRATE	=	6.000	6.000
59	= NMAX	= MAXIMUM PROP. U.F.M	=	100.000	100.000
	= VOLA	= AUFBAUTENVOLUMEN IN M3	=	6500.000	6500.000
	= TROL	= ROLLPERIODE IN S	=	9.000	8.000
	= RNOCH	= ANZAHL SCHWESTERSCHIFFE	=	1.000	1.000
	= ML	= MASSE LADUNG IN T	=	80000.000	68339.797
32	= SLB	= SCHIFFSLEERGEWEICHT IN T	=	15900.000	15900.000
	= TB	= BALLASTTIEFGANG IN M	=	10.000	8.182
	= CBD	= BALLASTVOELLIGKEITSGRAD	=	0.700	.780
	= DISVB	= BALLASTDEPLACEMENT IN T	=	50000.000	50923.616
41	= GH	= METAZENTRISCHE HOEHE IN M	=	1.000	3.720
	= DID	= PROPELLERSTIEGUNGSGRAD	=	0.769	.707
	= AEAO	= PROP. FLAECHEENVERHAELTNISSE	=	0.700	.563
	= FNAV	= NAVIGATION FAKTOR (A)	=	0.970	.840
	= FNAV B	= NAVIGATION FAKTOR (B)	=	1.000	1.000
	= PDB	= MOTORLEISTUNG IN BALLAST KW	=	9000.000	10940.802
39	= HST	= MASSE STAHL IN T	=	30000.000	12689.970
30	= MEA	= MASSE E+A IN T	=	1500.000	1643.930
	= MA	= MASSE AUFBAUTEN IN T	=	1000.000	520.000
31	= MY	= MASSE M/C IN T	=	1000.000	1106.662
	= KBAU	= BAUKOSTEN IN 1000 DM	=	100000.000	57293.291
	= KBET	= BETR. KOSTEN IN 1000 DM/JAHR	=	10000.000	13160.224

= ANLIT	= ANNUITÄT IN 1000 DM	=	5000.000	7967.505
= ANNR	= RUNDREISEN PRO JAHR	=	<u>5.000</u>	<u>9.420</u>
= AS	= SCHIFFSPR. (D. N/C) IN 1000 DM	=	45260.000	44846.264
= KM	= NET PRICE IN 1000 DM	=	<u>12530.000</u>	<u>12517.316</u>
= MDELM	= MASSE SCHWERÖL (A) IN T	=	3000.000	1868.748
= MDELV	= MASSE DIESELÖL (A) IN T	=	<u>300.000</u>	<u>245.370</u>
= MLDLM	= MASSE SCHMIERÖL (A) IN T	=	50.000	56.062
= MLDLV	= MASSE SCHWERÖL (V) IN T	=	<u>3000.000</u>	<u>1624.998</u>
= MLDLV	= MASSE DIESELÖL (V) IN T	=	300.000	213.366
= MLDLV	= MASSE SCHMIERÖL (V) IN T	=	<u>10.000</u>	<u>9.981</u>
= SFR	= ERFORDERLICHE FRACHTRATE DM/T	=	40.800	40.584

Liste 11a: Daten für ein Containerschiff

(Batchstream zur Linienrißverzerrung)

SFBPO,STMFZ,T10,MS77000,PODDAR 4387
ACCOUNT(2857VN**,KG2,PODDAR)
COMMENT.(TEST11-RUPP)
WASTE(PJ=ON)
ATTACH,TAPE11,TEST, ID=PODDAR,CY=4.
ATTACH,PODBIB, ID=PODDAR,CY=1.
ATTACH,BIB, ID=SGEDING,CY=1.
REQUEST,TAPE10,*PF.
LIBRARY,PODBIB,BIB.
LIBLOAD,PODBIB,TEST11.
LIBLOAD,BIB,CHELES.
LIBLOAD,BIB,ROOMSP.
EXECUTE.
REWIND,TAPE10.
COPY,TAPE10,OUTFUT.
*EOR

SHIP 202.394 32.200 9.375 18.848 0.600 -1.490 9.375 (L,B,T,D,Cb,xLDB,T)

ROOM 100	0	14.831	0	18.848	(ACHTERPIEK)
ROOM 200	14.831	44.931	1.943	18.848	(HINTERE LADERAUM)
ROOM 300	44.931	74.181	2.400	18.848	(MASCHINENRAUM)
ROOM 400	74.181	190.081	1.943	18.848	(VORDERE LADERAUM)
ROOM 500	190.081	202.394	1.943	18.848	(VORPIEK)

ROOM 610	14.831	44.931	0	1.943	(HINTERE TANKRAUM)
ROOM 620	74.181	190.081	0	1.943	(VORDERE TANKRAUM)

ENDE

*EOR
*EOF

Liste 11b: BLOCK16-Daten für ein Containerschiff

```
(BLOCK 16 DATA: 879 CONT. MIT 1758 TEU) 16
6001 212.919 -108.180 0
(LEER RUMPFGEWICHT)
99999
(NEXT WEIGHT AT 12.310) -1 -84.191 -72.001 75.472 75.472
(NEXT WEIGHT AT 12.310) -2 -71.183 -58.993 75.472 75.472
(NEXT WEIGHT AT 11.014) -3 -24.934 -12.744 132.075 132.075
(NEXT WEIGHT AT 11.014) -4 -11.801 0.389 132.075 132.075
(NEXT WEIGHT AT 11.014) -5 4.122 16.312 132.075 132.075
(NEXT WEIGHT AT 11.014) -6 17.130 29.320 132.075 132.075
(NEXT WEIGHT AT 11.014) -7 32.829 45.019 120.755 120.755
(NEXT WEIGHT AT 11.014) -8 45.737 57.927 98.113 98.113
(NEXT WEIGHT AT 12.310) -9 61.062 73.252 45.283 45.283
(NEXT WEIGHT AT 14.902) -10 75.415 87.605 18.868 18.868
(NEXT WEIGHT AT 24.022) -11 -101.236 -89.046 50.943 50.943
(NEXT WEIGHT AT 24.869) -12 -84.191 -72.001 46.698 46.698
(NEXT WEIGHT AT 24.869) -13 -71.183 -58.993 50.943 50.943
(NEXT WEIGHT AT 24.869) -14 -24.934 -12.744 50.943 50.943
(NEXT WEIGHT AT 24.869) -15 -11.801 0.389 50.943 50.943
(NEXT WEIGHT AT 24.869) -16 4.122 16.312 50.943 50.943
(NEXT WEIGHT AT 24.869) -17 17.130 29.320 50.943 50.943
(NEXT WEIGHT AT 24.869) -18 32.829 45.019 50.943 50.943
(NEXT WEIGHT AT 24.869) -19 45.737 57.927 50.943 50.943
(NEXT WEIGHT AT 24.869) -20 61.062 73.252 42.453 42.453
(NEXT WEIGHT AT 24.869) -21 75.415 87.605 25.472 25.472
(END OF BLOCK 16 DATA) 99999
```

Liste 11c: BLOCK5-Daten für ein Containerschiff

```
(BLOCK 5 DATA FOR ARCHIMEDES: 9 ROOMS) 5 6001
(NEXT ROOM) 100 5 -1 -1
-101.197 -86.519 0.000 0.000 18.848 18.848 0.0 0.0 0.0
(NEXT ROOM) 201 5 -1 -1
-86.519 -56.392 0.000 0.000 18.848 18.848 0.0 0.0 0.0
(NEXT ROOM) 300 5 -1 -1
-56.392 -27.037 0.000 0.000 18.848 18.848 0.0 0.0 0.0
(NEXT ROOM) 401 5 -1 -1
-27.037 1.545 0.000 0.000 18.848 18.848 0.0 0.0 0.0
(NEXT ROOM) 402 5 -1 -1
1.545 30.900 0.000 0.000 18.848 18.848 0.0 0.0 0.0
(NEXT ROOM) 403 5 -1 -1
30.900 60.254 0.000 0.000 18.848 18.848 0.0 0.0 0.0
(NEXT ROOM) 404 5 -1 -1
60.254 74.159 0.000 0.000 18.848 18.848 0.0 0.0 0.0
(NEXT ROOM) 405 5 -1 -1
74.159 89.936 0.000 0.000 18.848 18.848 0.0 0.0 0.0
(NEXT ROOM) 500 5 -1 -1
89.936 101.197 0.000 0.000 18.848 18.848 0.0 0.0 0.0
(END OF BLOCK 5 DATA) 99999
```

Bild 1: Konfiguration des Interaktiven Grafischen Arbeitsplatzes (rechts) in Verbindung mit den Anlagen des Regionalen Rechenzentrums für Niedersachsen (links).

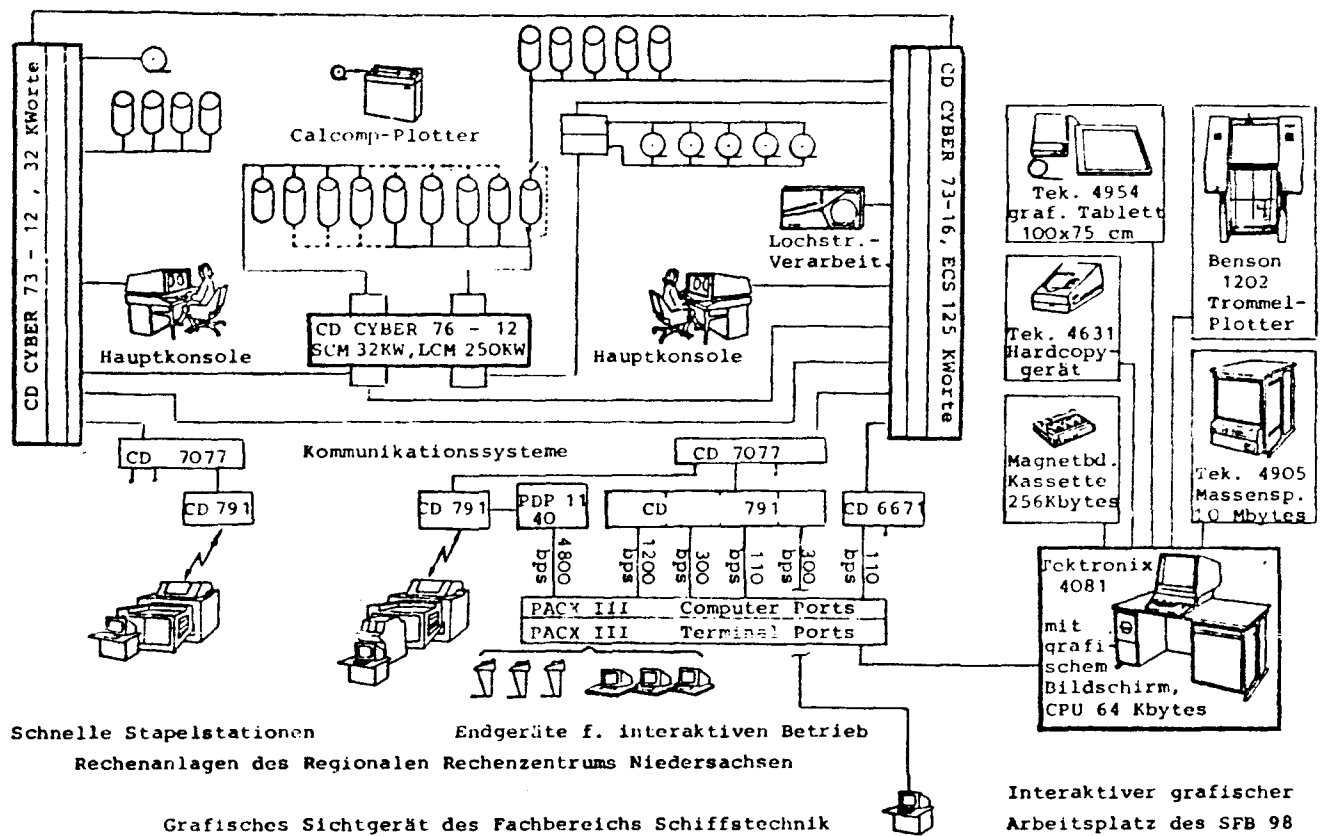
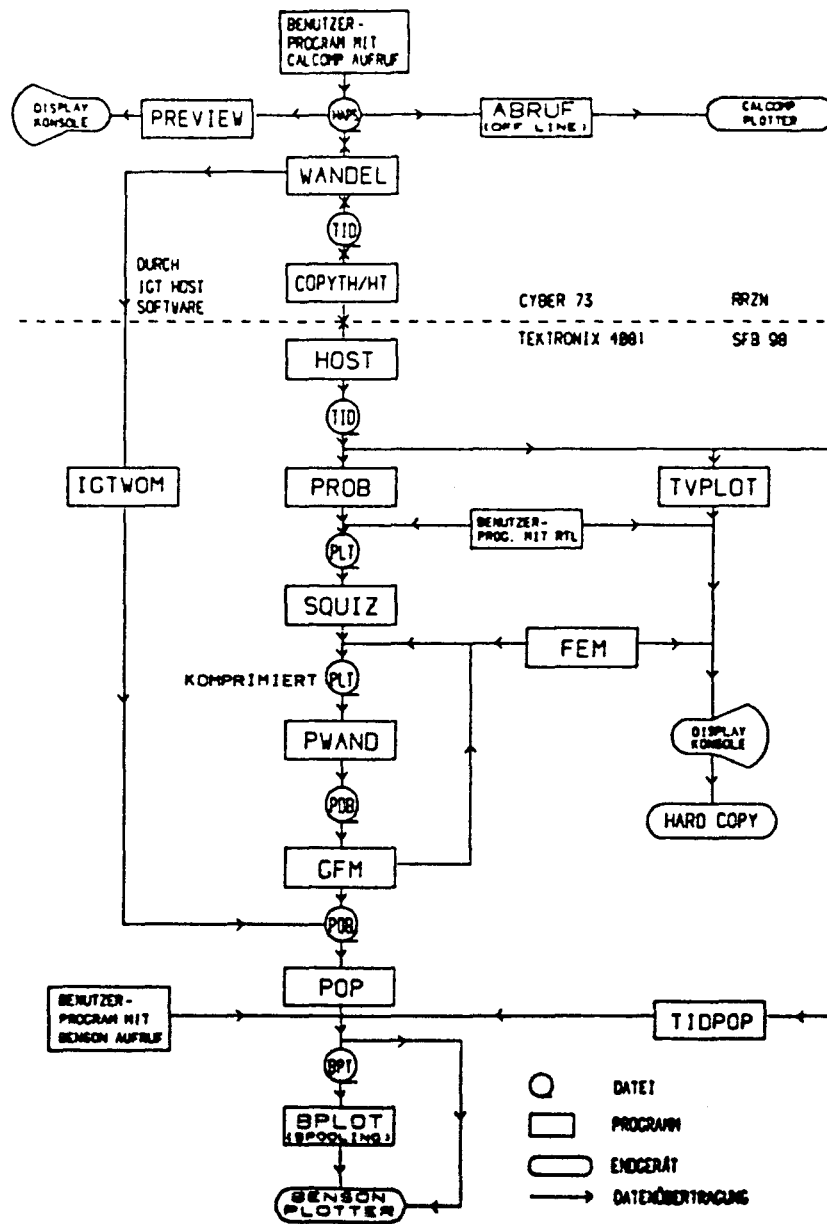
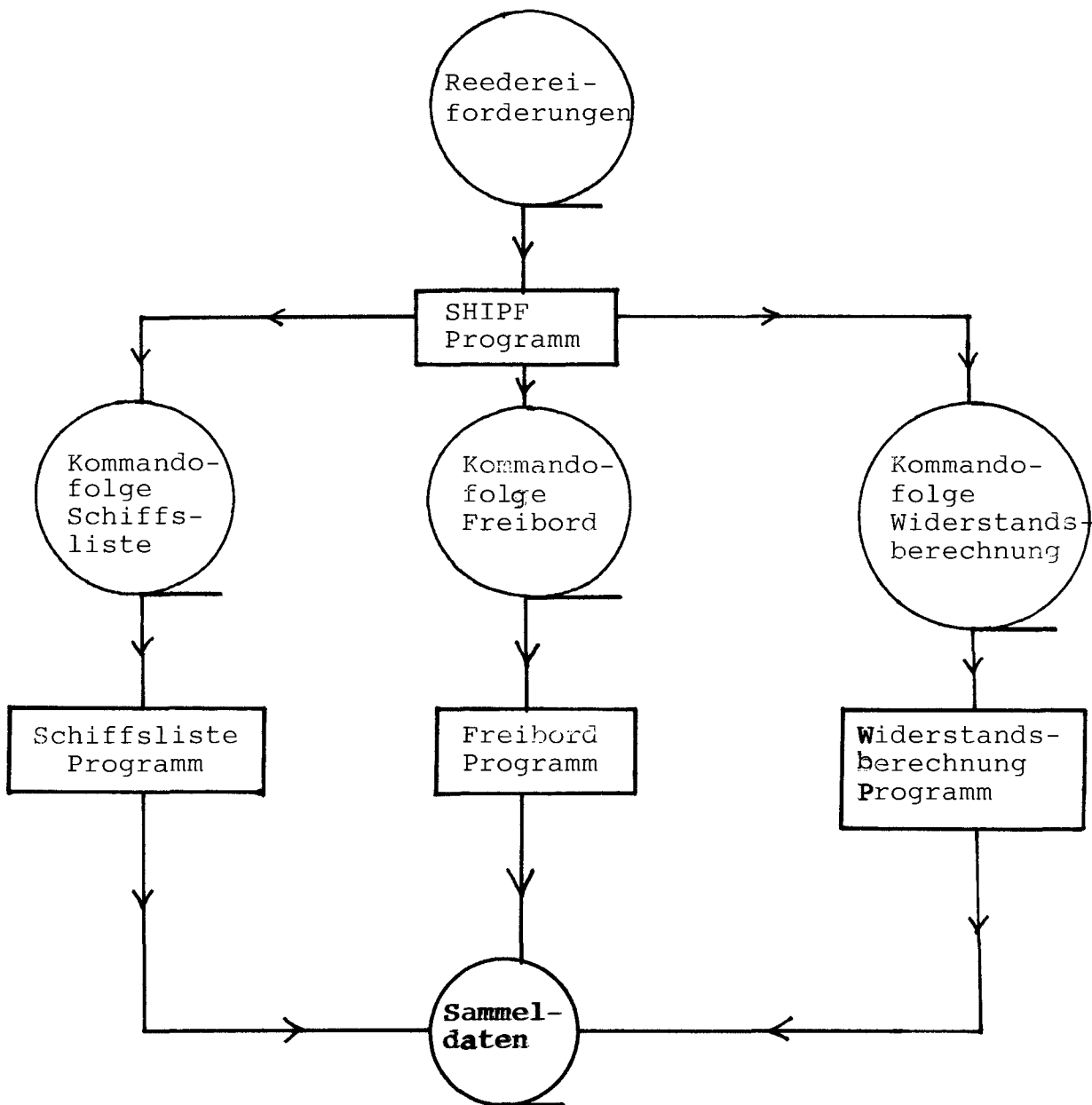


Bild 2: Umwandlung von Grafikdaten für die Verarbeitung mit unterschiedlichen Softwarekomponenten und Endgeräten. Dateisymbole enthalten die Bezeichnungen der Datenformate.





→ bezeichnet Datenfluß

○ bezeichnet Dateien

□ bezeichnet Programme

Bild 3: Datenfluß während der Entwurfsvorbereitung

Bild 4: Basisschiffsspantenriß, aufgemessen und dargestellt mit hilfe des Programms BLOCK4.

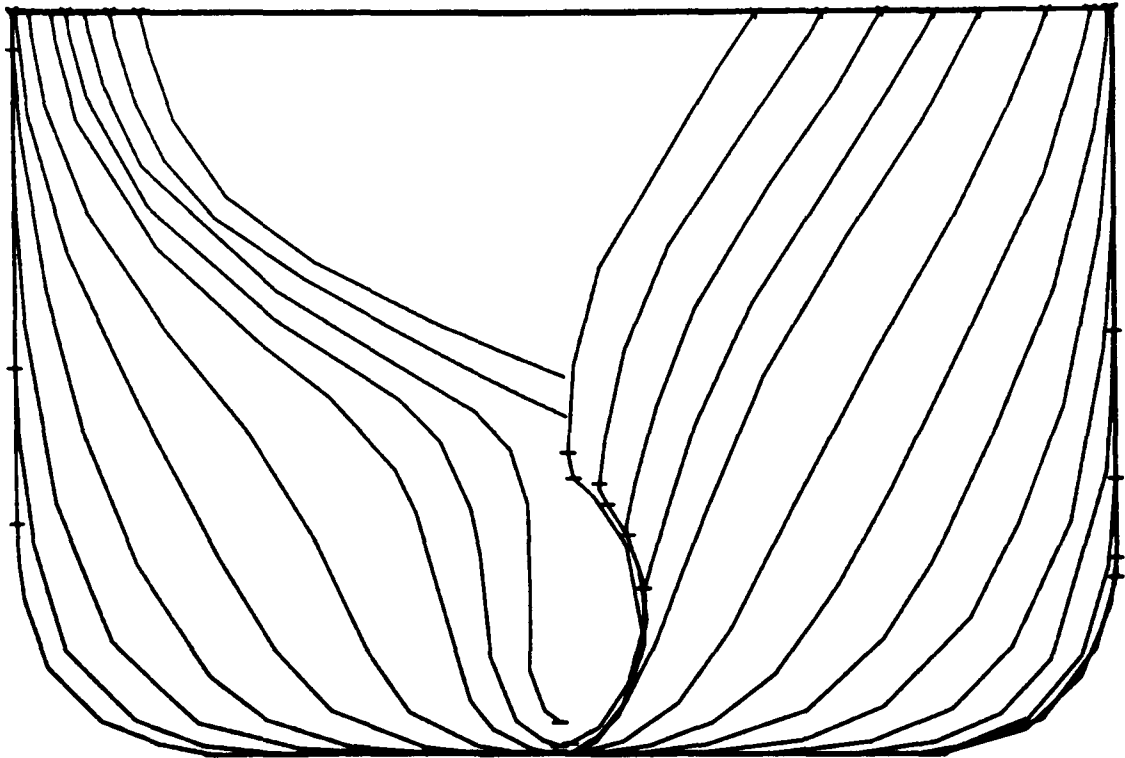
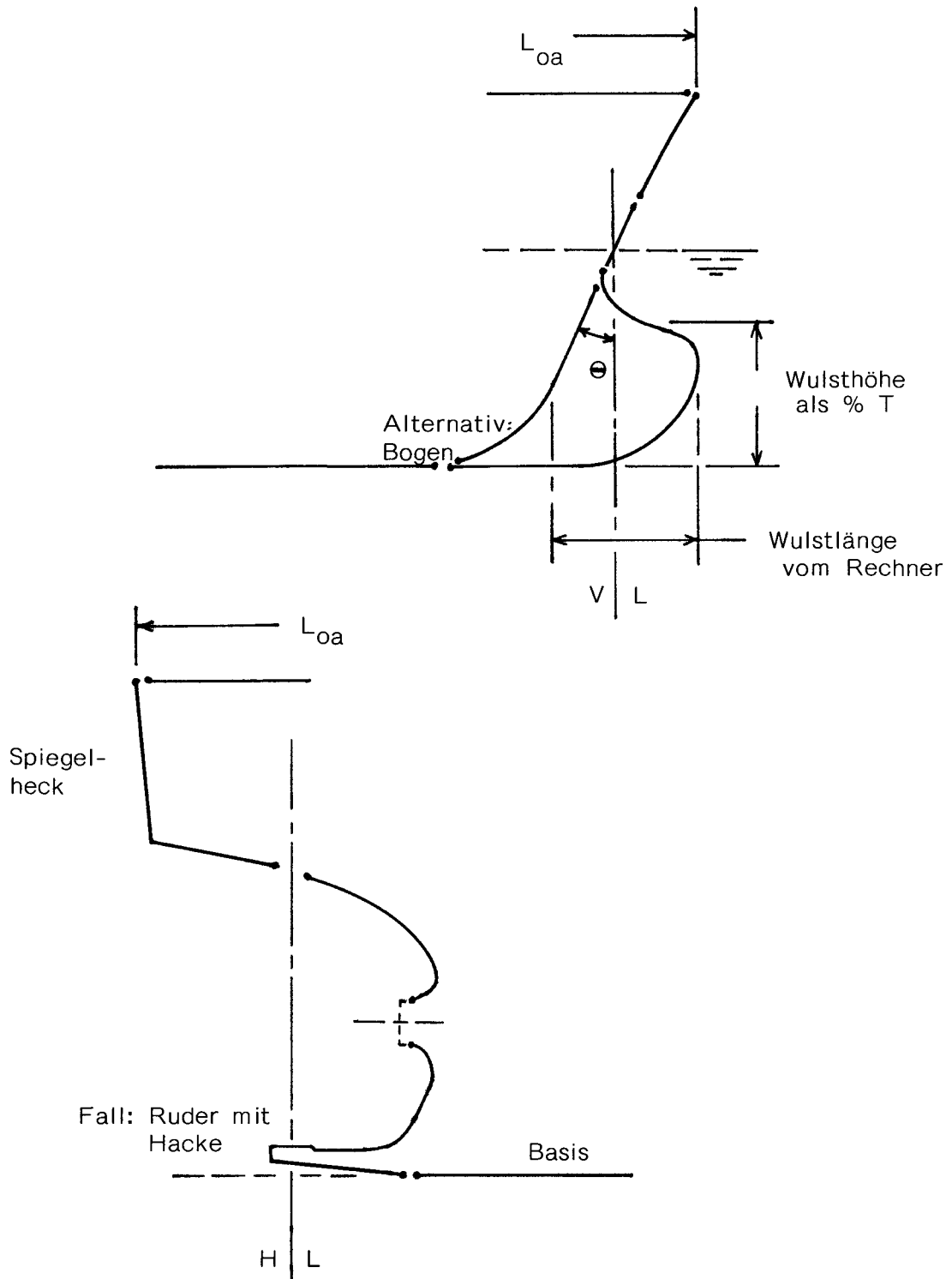


Bild 5: Zusammenstellung des Vor- und Hinterstevens.



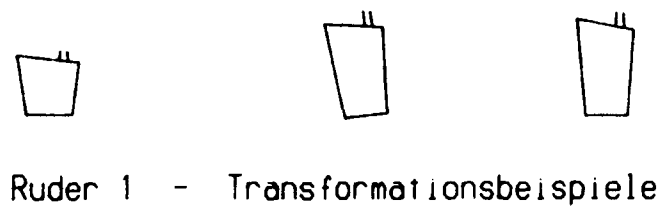
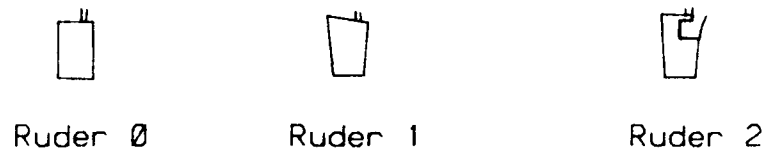
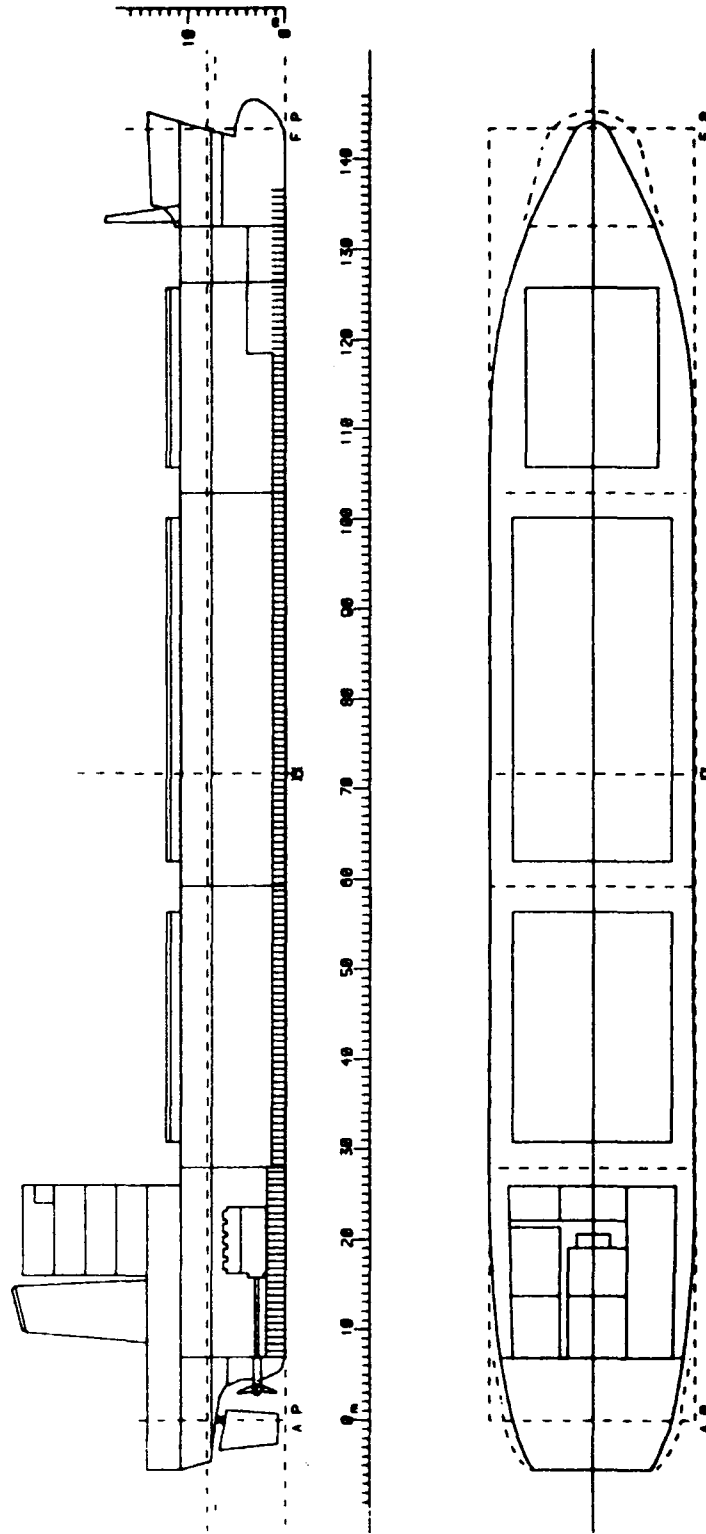


Bild 6: Ruderbilder in der Bildbibliothek

Mehrzweckfrachter "Animo"

15-Jan-85 17 31 20

LINER



Eild 7a: Generalplanbild des Beispielentwurfs

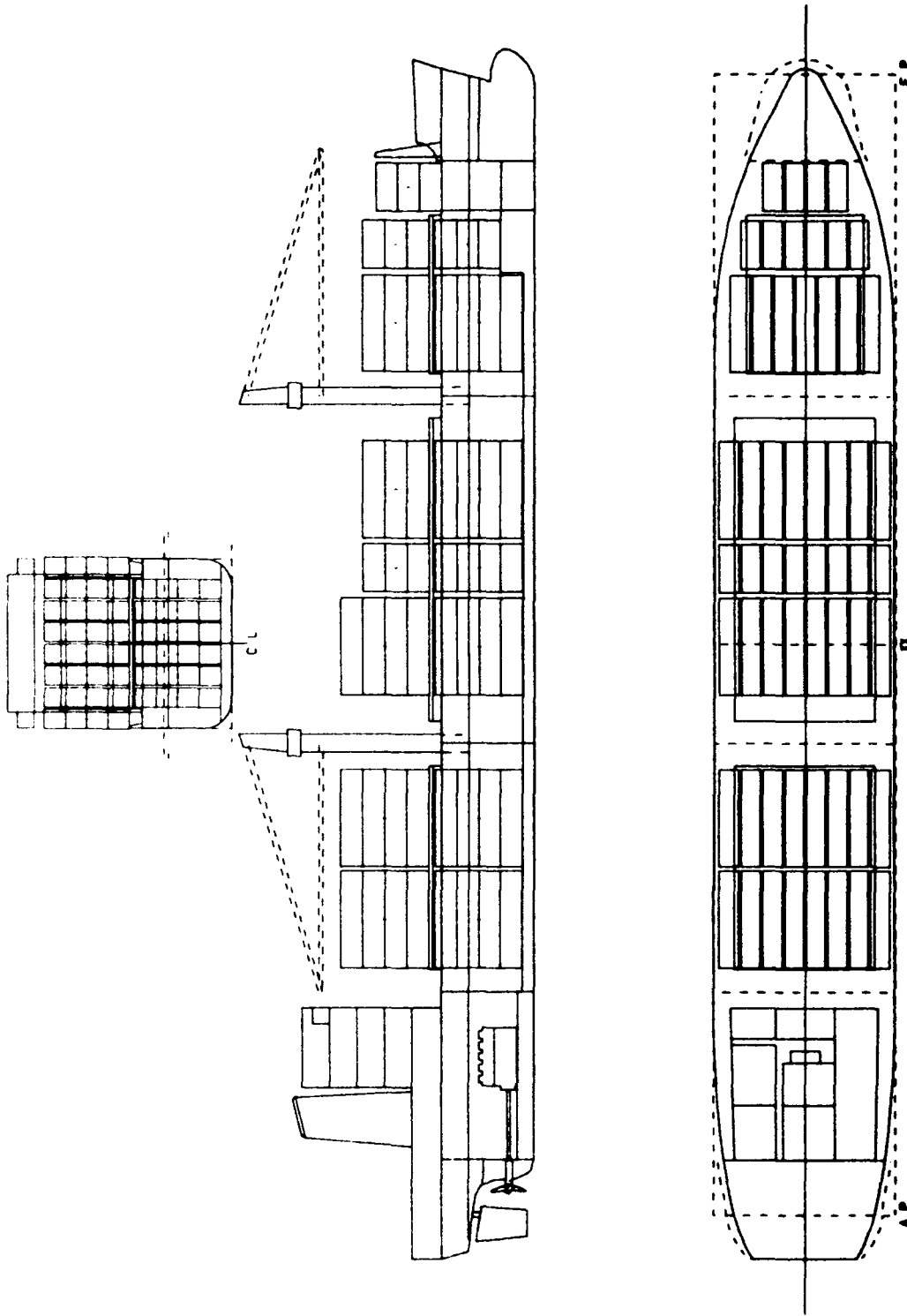


Bild 7b: Generalplanbild des Beispielenwurfes
mit Container

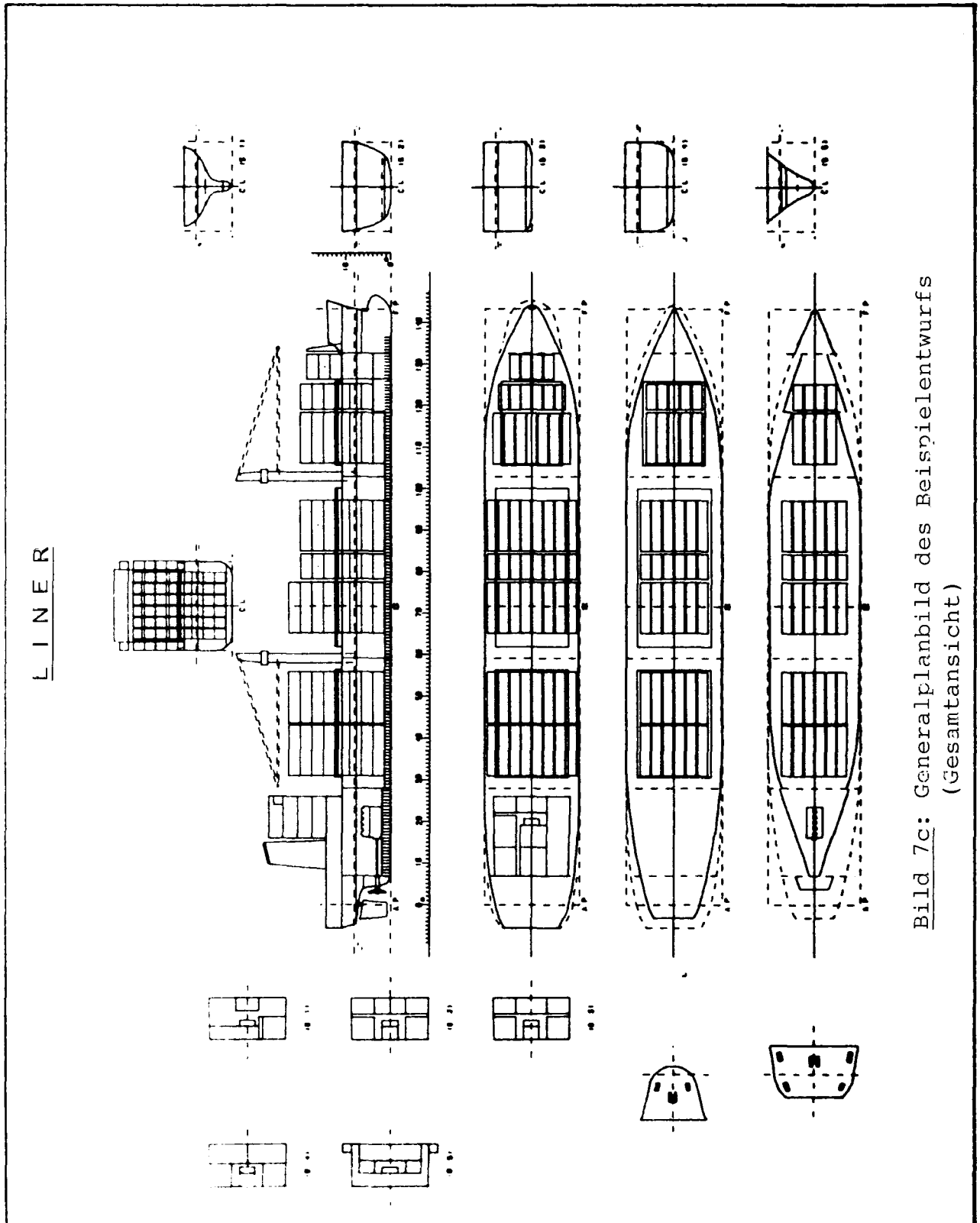


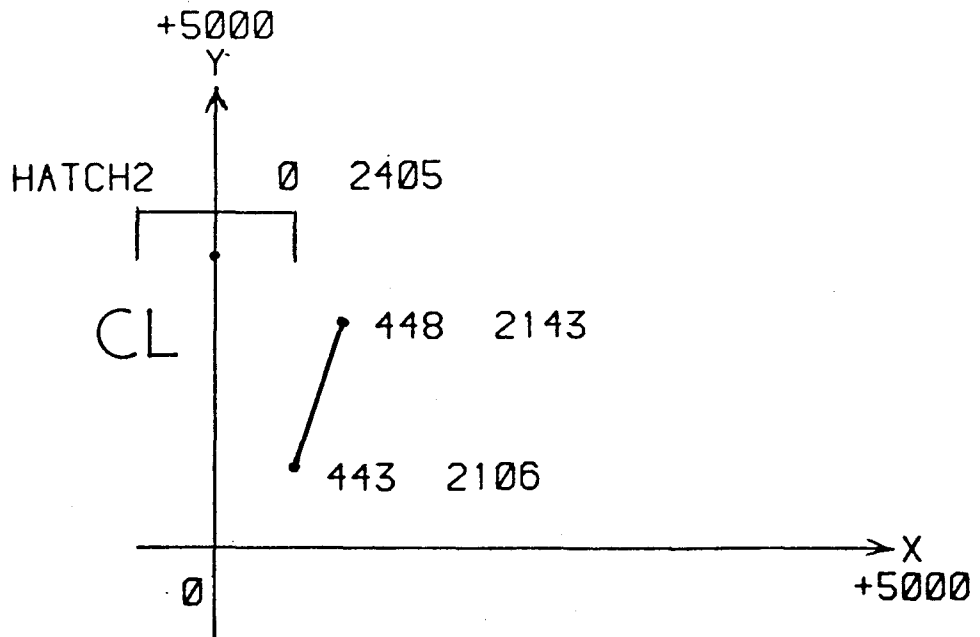
Bild 7c: Generalplanbild des Reispielentwurfs
(Gesamtansicht)

Bild 8: Beispiel der Datei GP.WSP
(Generalplan-"Workspace")

-> Instance goplan/HATCH2
Scale 1.0512 0.9876
Translate 0 2405
Fix
Save
Clear

Intensity 4

-> Line 443 2106 448 2143
Intensity 1
Text {C L} -75 1840
Scale 10.0 10.0
Fix
Save
Clear



B U L K E R

L = 248.53 m
B = 32.09 m
T = 12.90 m
D = 17.87 m

Scale:
1 : 1453.4

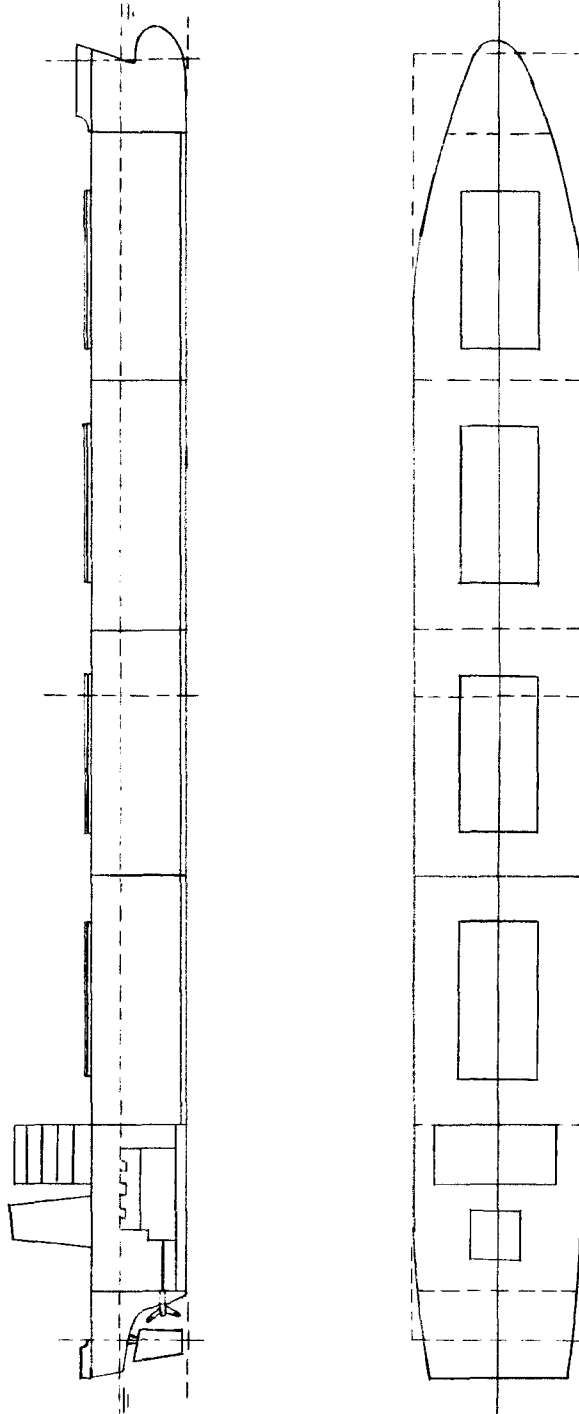
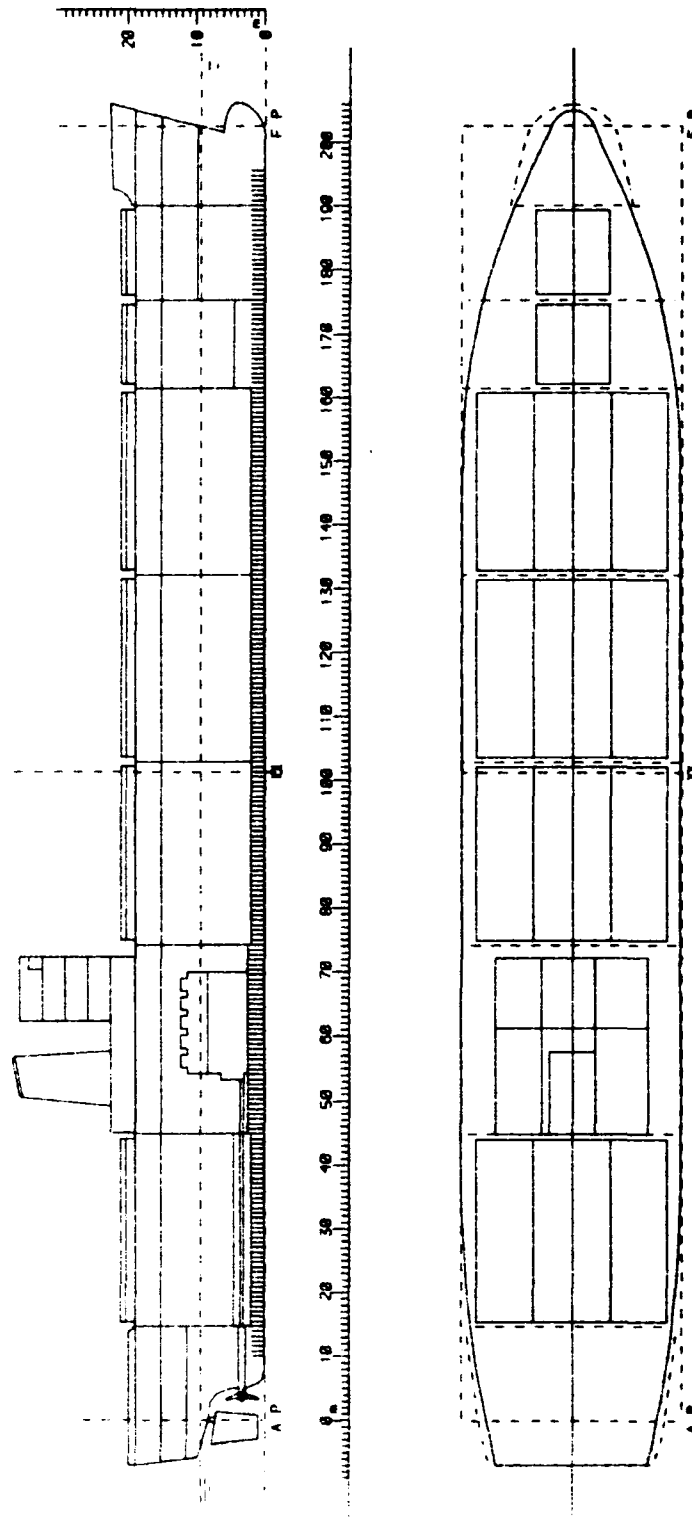


Bild 9: Generalplanbild eines Massengutschiffs (nachgemalt)

SFB 98, Rupp, T.U. Hannover

CONTAINERSCHIFF

15-Jan-85 15 24 0



Eild 10a: Generalplanbild eines Containerschiffs

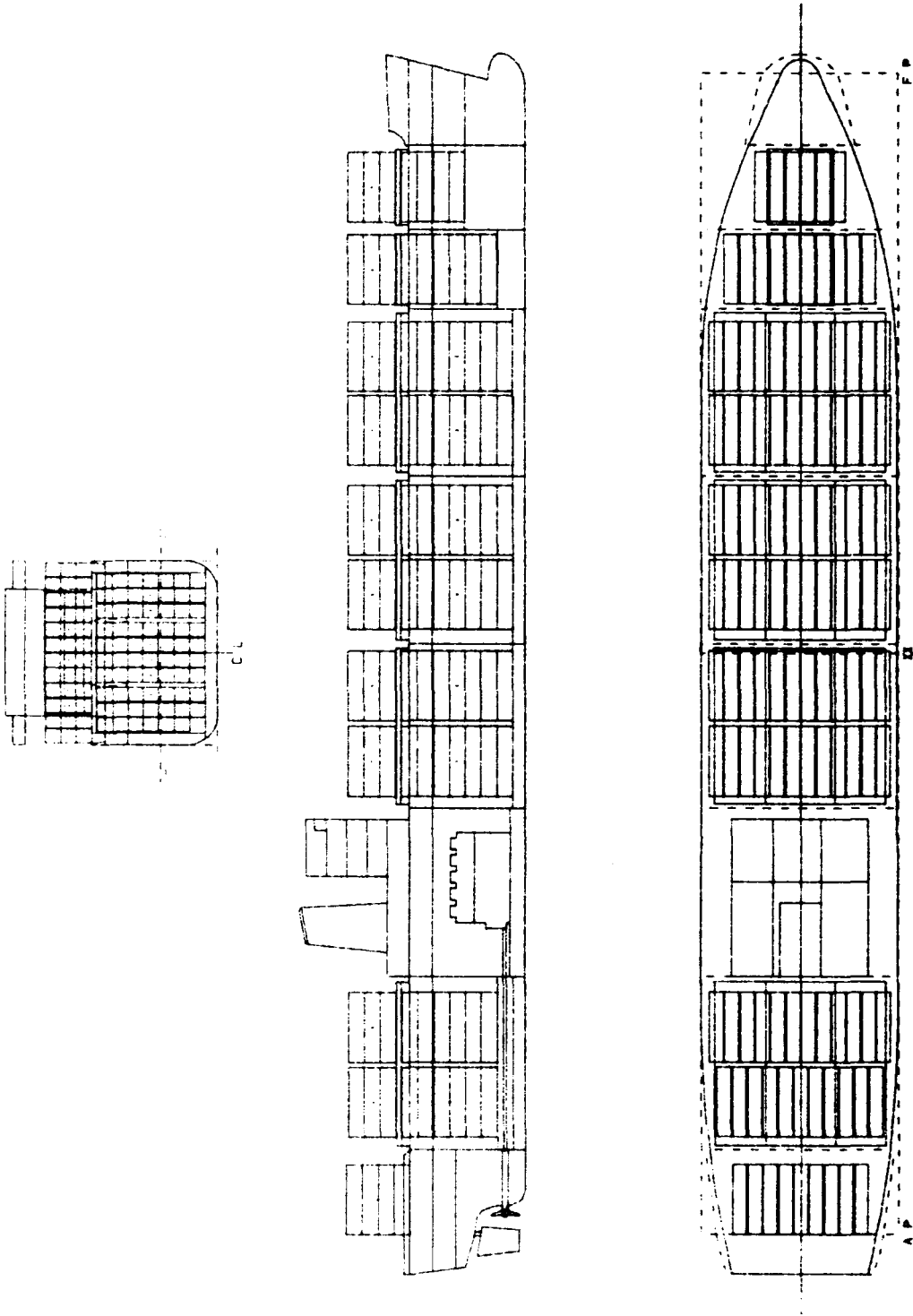


Bild 10b: Generalplanbild eines Containerschiffs
mit Container

CONTAINERSCHIFF

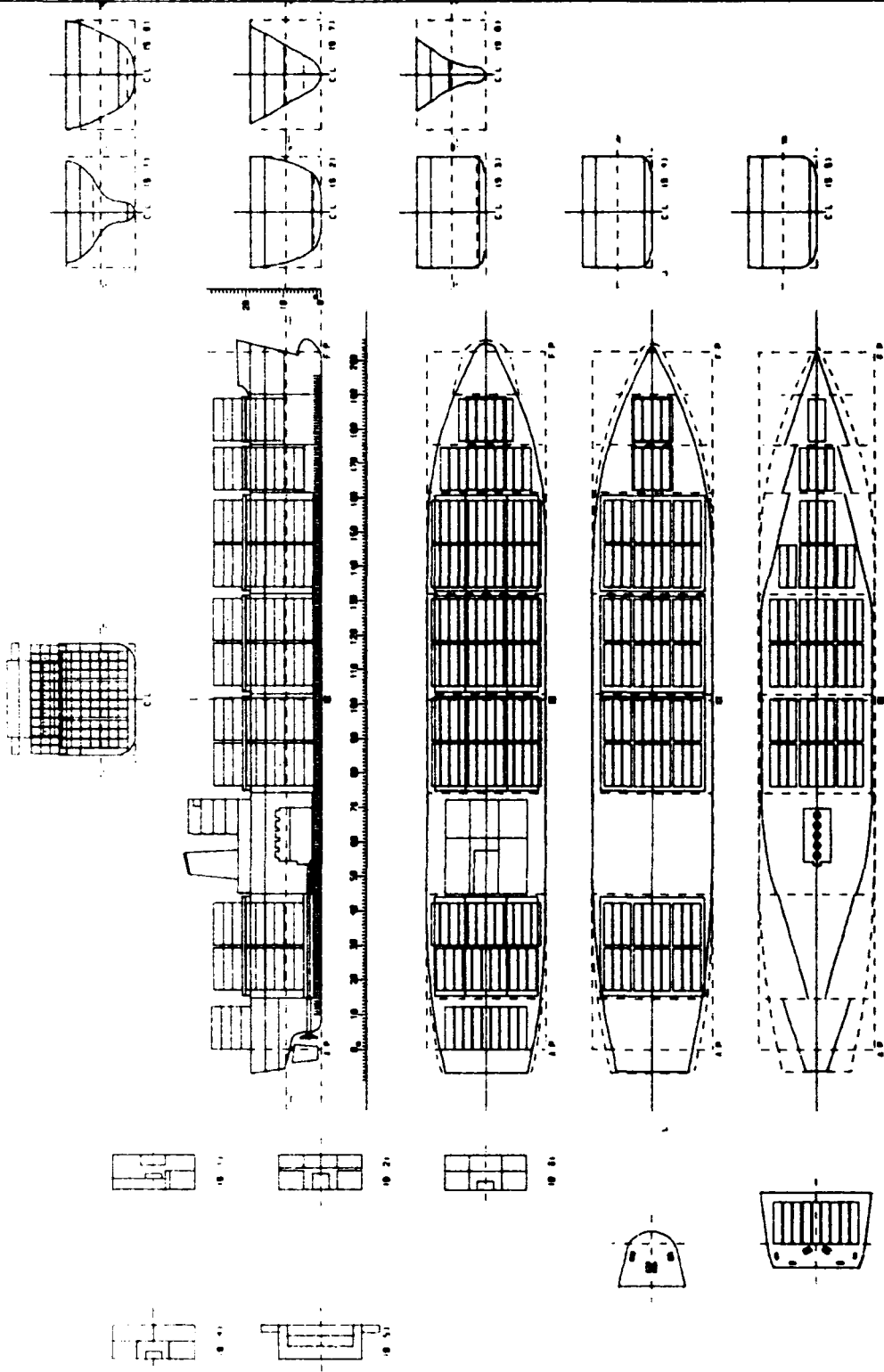


Bild 10c: Generalplanbild eines Containerschiffs
(Gesamtansicht)

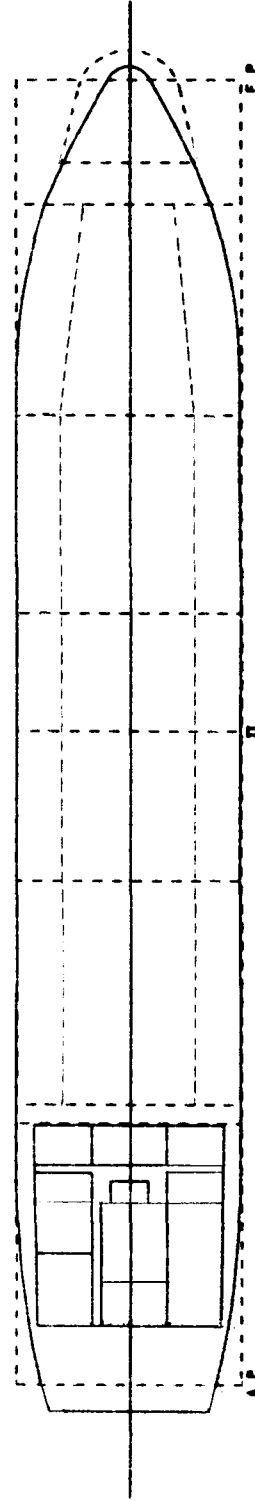
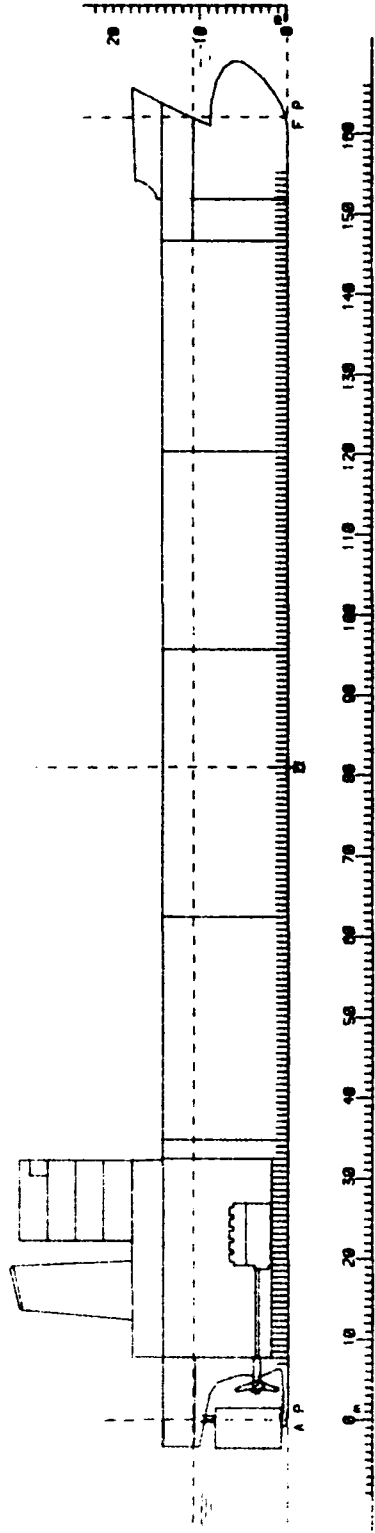
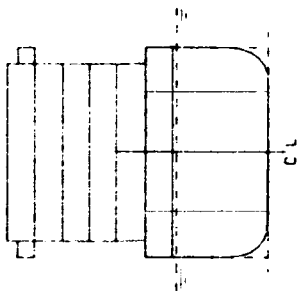


Bild 11: Generalplanbild eines Produktentankers (nachgemalt)

Anhang 1: Systemsoftware für den Betrieb des IGA und seine Zusammenarbeit mit dem Host-Rechner.

Die Tektronix-Programme BATCH und TECO

Für den IGA wurde vom Hersteller der Anlage das Programm BATCH geliefert. Mit diesem Programm ist es möglich, aufbauend auf den vorhandenen Betriebssystemfunktionen, neue bzw. geänderte Funktionen zu entwickeln. Dies geschieht durch beliebige Kombination vorhandener Betriebssystemprogramme und/oder selbst entwickelter Routinen zu sogenannten Batch-Streams. Auch rekursiver Aufruf von Batch-Streams ist möglich.

Das Textverarbeitungssystem TECO ist für Aufgaben der Zeichenverarbeitung frei programmierbar (Erstellung sogenannter Makros). Z.B. können mit diesem System und entsprechend geschriebenen Teco-Macros die Ergebnisse vorher abgelaufener Betriebssystemfunktionen analysiert und daraus neue Befehlsfolgen generiert werden.

Die Kombination der Systeme BATCH und TECO liefert die Möglichkeit zur Erstellung komfortabler und variabler Funktionen. Ein großer Teil der im folgenden beschriebenen Lösungen wurde mit Hilfe der genannten Systeme programmiert.

Dateienübertragung vom IGA zum Host-Rechner

Zwischen dem IGA und dem Host-Rechner (CD Cyber 172) muß kodierte Information ausgetauscht werden. Bei der Übertragung vom IGA zum Host-Rechner sind drei wesentliche Probleme zu berücksichtigen:

- Der IGA arbeitet mit dem 128-Zeichen-ASCII-Satz, während der Host-Rechner im 64-Zeichen-Display-Code arbeitet. Die Umwandlung von ASCII-Code in Display-Code wird durch das (vom Host-Rechner bestimmte) Übertragungsprotokoll vorgenommen. Der Anwender muß Sorge tragen, daß nur die vom Host-Rechner akzeptierten Zeichen übertragen werden.

- Das Übertragungsprotokoll sieht eine Beschränkung auf eine maximale Länge von 79 Zeichen pro Satz vor. Zu sendende Sätze müssen daher auf diese Länge beschränkt werden.
- Die Übertragung ist sehr zeitintensiv. Redundante Information sollte möglichst unterdrückt werden.

Zur Erfüllung dieser Forderungen wurde ein System, bestehend aus dem Batch-Stream DRUCK.BAT auf dem IGA und dem Programm DOLMN auf dem Host-Rechner entwickelt. DRUCK.BAT ersetzt die vom Host-Rechner nicht akzeptierten Zeichen durch erlaubte, entweder standardmäßig gewählte oder vom Anwender definierte Zeichen bzw. Zeichenfolgen. Zur Verringerung der Datenmenge werden alle Leerzeichen, die sich am Satzende befinden, gestrichen. Dies ist möglich, da der Host-Rechner mit festen Satzlängen arbeitet und DRUCK.BAT in die zu übertragende Datei einen Kennsatz mit der für den Host-Rechner erforderlichen Information zur Erzeugung der richtigen Satzlänge schreibt. Schließlich werden die Sätze der Ursprungsdatei in Sätze zu je 79 Zeichen Länge umgewandelt. Die ursprünglichen Satzenden werden dabei durch ein vom Batch-Stream gewähltes bzw. vom Anwender vorgegebenes Trennzeichen gekennzeichnet.

Nach der Übertragung zum Host-Rechner erzeugt das Programm DOLLMN wieder eine Datei im ursprünglichen Format, jetzt mit Sätzen fester Länge.

Da der IGA selbst keinen Drucker besitzt, müssen zu druckende Daten auf einem an den Host-Rechner angeschlossenen Drucker ausgegeben werden. Erleichtert wird diese Aufgabe durch den Batch-Stream VORDRK.BAT auf dem IGA und das Programm LISTMN auf dem Host-Rechner. VORDRK.BAT faßt vom Benutzer als zu drucken definierte Dateien in übersichtlicher Form (Inhaltsverzeichnis, Gliederung) in einer Datei zusammen. Diese Datei wird, wie oben beschrieben, zum Host-Rechner übertragen.

Das Programm LISTMN bereitet die zu übertragende Datei druckfertig auf (Seitenvorschub, Berücksichtigung von Zeilen, deren

Länge die maximale Anzahl druckbarer Spalten übersteigt). Mit Hilfe zweier in die Daten eingestreuter Schlüsselwörter lassen sich Mehrfachschreibung in einer Zeile und vom Standard abweichender Seitenvorschubsteuern. Diese Schlüsselwörter können z.B. mit DRUCK.BAT als Ersatzzeichenfolgen automatisch generiert werden.

Digitalisieren von Kurven

Das Softwarepaket DIGIT ist das Bindeglied zwischen den Hardwarekomponenten grafisches Tablett und Rechner. Das Programm wandelt die vom Tablett aufgenommenen Koordinatenwerte in eine im Rechner speicherbare Form um. Dabei können verschiedene Linienmuster und Rastereinteilungen vorgegeben werden. Die Werte können — unterstützt durch grafische Darstellung auf dem Schirm — korrigiert werden, bevor sie vom Rechner akzeptiert werden.

Mit Hilfe des Programms XAEQUI und des Digitalisiertabletts können zweidimensionale Kurven digitalisiert werden. Das Programm ist so ausgelegt, daß der Anwender die Abszissenschrittweite, für die jeweils ein Ordinatenwert abgegriffen werden soll, vorgibt. Der Anwender definiert (mit Hilfe eines Abtaststiftes) auf dem Tablett lediglich drei Punkte des von ihm gewählten Koordinatensystems. Anschließend führt er den Abtaststift über die aufzunehmende Kurve. Als Ergebnis liefert das Programm eine Datei mit auf das gewählte Koordinatensystem bezogenen, in Abszissenrichtung äquidistanten Koordinatenwerten.

Standardmenüfeld

Mit Hilfe der Routine MENUE läßt sich ein Standardmenüfeld erzeugen. Dieses enthält neben 10 Ziffernfeldern 20 Textfelder, denen bei der Erzeugung des Menüs beliebiger, auf einer Datei gespeicherter Text zugeordnet werden kann. Bei Benutzung des Menüfeldes in Zusammenhang mit dem Digitalisiertablett kann mit der Routine MENCHK das angesprochene Menüfeld bestimmt werden.

"IGT"-Software

Dieser wohl wichtigste Teil der Software dient zum grafisch interaktiven Arbeiten in Verbindung mit dem Host-Rechner. Größere Programme können auf dem Host-Rechner (CD Cyber 172) im time-sharing-Betrieb laufen, während grafisch interaktive Ein- oder Ausgabe über den IGA (Tektronix-4081) erfolgt. Diese Betriebsart wird durch zwei über ein Übertragungsprotokoll korrespondierende Software-Komponenten ermöglicht. Auf der Hostrechnerseite kann der Benutzer von beliebigen Fortranprogrammen aus die Routinen der dort lagerenden IGT-Host-Support-Software aufrufen, um die IGT-Software auf dem Satellitenrechner anzusprechen. Auf der Satellitenseite gilt entsprechendes. Hinreichend sichere Übertragung schnell gesendeter Daten vom Satelliten zum Hostrechner wurde nur bei einer Übertragungsgeschwindigkeit von 4800 bps mit einer auf 79 Zeichen begrenzten Satzlänge erreicht.

Distributed Graphics System Library (DGL) und Runtime Library (RTL)

In diesen Programmbibliotheken befindet sich eine große Anzahl von Routinen vorwiegend zur Erzeugung und Verarbeitung von Grafik. Dabei sind Tastatur, Steuerhebel und grafisches Tablett als Eingabemedien sowie Bildschirm, Massenspeicher und Plotter als Ausgabemedien vorgesehen. Die Routinen der DGL ermöglichen z.B. die dynamische Zentralspeicherverwaltung und die Verwendung von Direktzugriffsdateien. Die Aufrufe der Grafik-Routinen aus diesen Bibliotheken unterscheiden sich von den entsprechenden der IGT-Software. Für Programme, die sowohl im IGT-Host-Betrieb als auch allein auf dem Kleinrechner laufen sollen, wird daher eine zusätzliche Software-Ebene benötigt.

Graphic Function Manager (GFM)

Diese unabhängige Software-Einheit dient zum interaktiven Erzeugen und Manipulieren von durch Linien dargestellten

geometrischen Gebilden. Diese werden i.a. im PDB-Format gespeichert und können mit der DIGIT- oder IGT-Software erzeugt worden sein und weiter bearbeitet werden. Aus den zahlreichen vorgesehenen Kommandos können durch Macro-Bildung neue generiert werden.

Benson-Software

Es steht Fortran Software von Benson zur Verfügung (Stufe I und II), mit der direkt (online) der Plotter betrieben oder eine Plotdatei im BPT-Format erzeugt werden kann.

Grafische Ausgabe

Zur grafischen Ausgabe auf dem Plotter steht für Dateien im BPT-Format das Programm BPLOT und für Dateien im PDB-Format das Programm POP zur Verfügung, mit dem auch Dateien im BPT-Format erzeugt werden können. Das Programm TIDPOP wurde zur Ausgabe von Dateien im TID-Format auf den Plotter oder auf Dateien mit BPT-Format entwickelt. Zur Ausgabe von Dateien im TID-Format auf den Bildschirm wurde das Programm TVPLOT geschrieben.

Umwandlung von Grafikdateien

Da von den verschiedenen Softwarekomponenten Grafikdateien in unterschiedlichem Format erzeugt bzw. verarbeitet werden, mußten die in Bild 2 dargestellten Umwandlungsmöglichkeiten durch Erstellung der Programme WANDEL, PROB, PWAND, TIDPOP und POP geschaffen werden. Dabei dient das Programm WANDEL als Postprozessor für auf dem Hostrechner laufende Programme, die Grafikdaten dort im für Endgeräte des RRZN (Calcompplotter, Sichtgeräte Tektronix 4010, 4006) geeigneten sog. HAPS-Format ablegen. So können durch Nutzung der IGT-Software oder durch Dateitransfer grafische Ergebnisse von Programmen erhalten werden, die auf den Anlagen des Rechenzentrums laufen. Für das Anstoßen der nötigen Systemfunktionen auf dem Hostrechner vom IGA aus wurde eine entsprechende Kommando-Prozedur bereitgestellt.

Anhang 2: Datensatz zur Beschreibung der Schiffsform entsprechend Bild 4. Die Daten werden interaktiv mit Hilfe des Programms BLOCK4 erzeugt und insbesondere von dem Programm ARCHIMEDES weiterverwendet.

```
(BLOCK 4 DATA FOR ARCHIM) 4 666666 0 0
5001 0 -1.0000 -1.0000 .9337 .8021 .8021
155.000 24.930 10.960 16.115 0.000 1000000.000 2.4930 23
(NEXT SECTION) 1 9 16.118 9.660 -77.500
8.166 0.000 0 8.601 1.093 0 9.396 3.017 0 10.699 5.700 0
12.128 7.698 0 13.780 8.884 0 15.356 9.460 0 16.118 9.660 50
16.079 0.000 99
(NEXT SECTION) 2 11 16.120 10.318 -73.625
7.302 0.000 0 7.686 .817 0 8.454 2.388 0 9.349 4.108 0
10.319 5.930 0 11.648 7.953 0 12.895 9.089 0 14.267 9.795 0
15.536 10.195 0 16.120 10.318 50 16.079 0.000 99
(NEXT SECTION) 3 15 16.096 10.878 -69.750
.659 0.000 0 .660 .111 50 .939 .464 0 1.829 .792 0
3.552 .785 0 5.406 .853 0 6.598 1.254 0 7.414 2.036 0
8.766 4.338 0 10.069 6.564 0 12.794 9.622 0 14.523 10.477 0
15.715 10.803 0 16.096 10.878 50 16.079 0.000 99
(NEXT SECTION) 4 15 16.124 11.308 -65.873
.126 0.000 0 .127 .163 50 .256 .494 0 .713 1.101 0
2.137 1.701 0 4.293 1.921 0 5.308 2.145 0 6.756 2.824 0
7.698 3.761 0 9.487 6.643 0 11.907 9.474 0 14.321 10.858 0
15.643 11.233 0 16.124 11.308 50 16.079 0.000 99
(NEXT SECTION) 5 15 16.099 11.639 -62.000
0.000 0.000 0 0.000 .343 50 .078 .799 0 .514 1.632 0
1.149 2.137 0 3.612 2.888 0 5.237 3.390 0 6.152 3.843 0
7.756 5.356 0 8.980 6.976 0 11.017 9.276 0 13.789 11.089 0
15.440 11.539 0 16.099 11.639 50 16.079 0.000 99
(NEXT SECTION) 6 13 16.101 12.145 -54.250
0.000 0.000 0 0.000 1.001 50 .159 2.041 0 .902 3.508 0
2.325 4.516 0 4.588 5.649 0 6.901 7.137 0 9.217 9.055 0
11.785 10.844 0 14.148 11.799 0 15.543 12.071 0 16.101 12.145 50
16.052 0.000 99
(NEXT SECTION) 7 11 16.102 12.449 -46.500
0.000 0.000 0 0.000 1.889 50 .115 3.207 0 .933 5.283 0
2.333 6.623 0 4.292 7.857 0 7.621 9.670 0 10.900 11.279 0
13.896 12.181 0 16.102 12.449 50 16.052 0.000 99
(NEXT SECTION) 8 12 16.136 12.502 -38.750
0.000 0.000 0 0.000 3.437 50 .153 4.931 0 .743 6.782 0
1.712 8.045 0 4.154 9.710 0 7.100 10.940 0 10.121 11.765 0
13.420 12.336 0 15.299 12.505 50 16.136 12.502 50 16.086 0.000 99
(NEXT SECTION) 9 11 16.129 12.525 -31.000
0.000 0.000 0 0.000 4.298 50 .099 6.047 0 .666 8.301 0
2.476 10.273 0 5.473 11.530 0 9.433 12.248 0 12.172 12.465 0
14.531 12.507 0 16.129 12.525 50 16.104 0.000 99
(NEXT SECTION) 10 10 16.129 12.525 -23.250
0.000 0.000 0 0.000 6.605 50 .160 8.178 0 .723 9.698 0
2.303 11.314 0 4.614 12.039 0 7.048 12.385 0 8.394 12.456 50
16.129 12.525 50 16.079 0.000 99
```

(NEXT SECTION) 12 7 16.105 12.378 -15.500
0.000 0.000 0 0.000 8.458 50 .716 10.821 0 2.258 12.044 0
3.803 12.507 50 16.105 12.405 50 16.052 0.000 99
(NEXT SECTION) 13 7 16.105 12.405 0.000
0.000 0.000 0 0.000 8.458 50 .716 10.821 0 2.258 12.044 0
3.803 12.507 50 16.105 12.405 50 16.052 0.000 99
(NEXT SECTION) 14 7 16.105 12.405 15.500
0.000 0.000 0 0.000 8.458 50 .716 10.821 0 2.258 12.044 0
3.803 12.507 50 16.105 12.405 50 16.052 0.000 99
(NEXT SECTION) 16 10 16.105 12.378 23.250
0.000 0.000 0 0.000 4.705 50 .199 6.913 0 .953 8.791 0
2.292 10.142 0 5.000 11.471 0 8.775 12.223 0 11.718 12.436 0
16.105 12.378 50 16.103 0.000 99
(NEXT SECTION) 17 12 16.105 12.378 31.000
0.000 0.000 0 0.000 3.210 50 .232 5.339 0 1.010 7.245 0
2.954 9.207 0 4.980 10.305 0 7.537 11.305 0 11.262 12.105 0
13.594 12.318 0 15.091 12.425 0 16.105 12.378 50 16.079 0.000 99
(NEXT SECTION) 18 12 16.105 12.302 38.750
0.000 0.000 0 0.000 1.636 50 .165 3.235 0 .890 5.445 0
2.506 7.226 0 4.151 8.348 0 6.883 9.704 0 10.073 11.087 0
13.570 12.014 0 15.445 12.274 0 16.105 12.302 50 16.104 0.000 99
(NEXT SECTION) 19 12 16.107 11.921 46.500
0.000 0.000 0 0.000 .647 50 .143 1.941 0 .646 3.338 0
1.730 4.788 0 3.676 6.217 0 5.802 7.443 0 8.991 9.079 0
12.586 10.868 0 15.447 11.766 0 16.107 11.921 50 16.079 0.000 99
(NEXT SECTION) 20 12 16.111 10.907 54.250
0.000 0.000 0 0.000 .369 50 .222 1.283 0 1.105 2.578 0
2.723 3.778 0 5.354 5.183 0 8.644 6.998 0 11.757 8.862 0
14.084 10.062 0 15.755 10.805 0 16.111 10.907 50 16.079 0.000 99
(NEXT SECTION) 21 12 16.065 9.412 62.000
0.000 0.000 0 0.000 .141 50 .149 .522 0 .780 1.183 0
2.401 2.051 0 5.085 3.127 0 8.197 4.510 0 11.209 6.373 0
13.712 8.082 0 15.737 9.232 0 16.065 9.412 50 16.104 0.000 99
(NEXT SECTION) 22 15 16.070 8.347 65.875
0.000 0.000 0 0.000 .166 50 .251 .699 0 .932 1.259 0
2.174 1.748 0 3.365 1.829 0 3.593 1.803 50 5.241 2.318 0
7.165 2.559 0 9.721 4.211 0 12.277 5.921 0 14.274 7.249 0
15.741 8.193 0 16.070 8.347 50 16.079 0.000 99
(NEXT SECTION) 23 16 16.099 7.181 69.750
0.000 0.000 0 0.000 .166 50 .352 .776 0 1.211 1.440 0
2.908 1.852 0 4.025 1.679 0 4.736 1.402 50 4.965 1.379 0
5.852 1.584 0 7.473 2.047 0 9.650 2.917 0 12.307 4.602 0
14.404 6.133 0 15.795 6.976 0 16.099 7.181 50 16.104 0.000 99
(NEXT SECTION) 24 16 16.080 5.811 73.625
0.000 0.000 0 0.000 .166 50 .300 .724 0 1.135 1.388 0
2.402 1.798 0 3.721 1.779 0 4.736 1.402 0 5.398 .948 50
5.856 .773 50 6.495 .930 0 8.770 1.343 0
10.997 2.341 0 13.120 3.769 0 15.575 5.529 0 16.080 5.811 50
16.079 0.000 99
(NEXT SECTION) 25 15 16.061 4.313 77.500
.178 0.000 0 .177 .115 50 .529 .752 0 1.540 1.441 0
2.655 1.750 0 4.483 1.401 0 5.576 .645 0 5.959 .190 50
6.517 .064 50 8.394 .175 0 10.547 .766 0 14.823 3.422 0
15.807 4.135 0 16.061 4.313 50 16.079 0.000 99
(END OF BLOCK 4 DATA) 99999

Anhang 3: Details zur Festlegung des Generalplanes

```
( 1) Face-to-face of sides in m (seeEP) = 2.0
( 2) M/c girder height in m (hMGD) = 1.940
( 3) RMU AFT in % of Lcr/2 (- value) case BLOCK4 = 431.494
( 4) RMU LMP in % of Lcr/2 (+ value) case BLOCK4 = 121.301
( 5) Tank top width in m (later 7 of 9) (TTh) = 19.431
( 6) Scale factor for breadth = 1.1290
( 7)
( 8) Y-shift of bulk (xUEPZ) in % (0 = 50) = 50
( 9) Shell Y-shift of deckhouse in m (yUEFF) = 43.0
(10) Beam length in m (BAMP1) =
(11)
(12)
(13) Hatch width in m = 2 * LHAT) = 17.172
(14)
(15) E101 height at AFT end in m (defhM2) = (defhAUEP1) = 3.0
(16) E101 height at EMB end in m (defhM1) = (defhAUEP1) = 3.0
(17) Deck height at AFT end in m (defaultAUEP1) =
(18) Deck height at EMB end in m (defaultAUEP1) =
(19)
(20) to (29) Bridge lengths (1 = 9) in m = 10
(30) Deck height in m (E101) = 3.7
(31)
(32)
(33)
(34)
(35)
(36)
(37)
(38)
(39)
(40)
(41)
(42)
(43)
(44)
(45)
(46)
(47)
(48)
(49)
(50)
(51)
(52)
(53)
(54)
(55)
(56)
(57)
(58)
(59)
(60)
(61)
(62)
(63)
(64)
(65)
(66)
(67)
(68)
(69)
(70)
(71)
(72)
(73)
(74)
(75)
(76)
(77)
(78)
(79)
(80)
(81)
(82)
(83)
(84)
(85)
(86)
(87)
(88)
(89)
(90)
(91)
(92)
(93)
(94)
(95)
(96)
(97)
(98)
(99)
```

Anhang 4: Auszug aus dem Programm zur Optimierung der Hauptabmessungen des Mehrzweckfrachters. Gezeigt wird der in CHWARISMI-Fortran geschriebene Teil, der Unbekannte, Gleichungen, Ungleichungen und die Zielfunktion festlegt.

C-----VARIABLE = 5 + 44 + 3 = 52

C

```
UNKNOWNNS CB(CB1,0.05*0.015,0.015,CB1-0.05,CB1+0.15)
UNKNOWNNS LZB(L1/B1,0.05*0.25,0.25,L1/B1-1.5,L1/B1+1.0)
UNKNOWNNS BZT(B1/T1,0.05*0.2,0.2,B1/T1-0.70,B1/T1+1.30)
UNKNOWNNS DP(DP1,0.05*0.1,0.1,0.5*DP1,1.7*DP1)
UNKNOWNNS LZD(L1/DEP1,0.05*0.5,0.5,L1/DEP1-3.3,L1/DEP1+1.7)
```

C

```
UNKNOWNNS L(L1,0.1)
UNKNOWNNS B(B1,0.05)
UNKNOWNNS T(T1,0.05)
UNKNOWNNS DEP(DEP1,0.05)
UNKNOWNNS FB(FB1,0.01)
UNKNOWNNS GM(GM1,0.005)
UNKNOWNNS DISV(DISV1,100.)
UNKNOWNNS XLCB(XLCB1,0.1)
UNKNOWNNS VOLLAD(VOLLAD1,100.)
UNKNOWNNS CBD(CB+0.151,0.005)
UNKNOWNNS PD(PD1,100.)
UNKNOWNNS PN(PD/20.01,50.)
UNKNOWNNS AEA0(AEA01,0.1)
UNKNOWNNS PP(DP*PZD1,0.01)
UNKNOWNNS MST(MST1,200.)
UNKNOWNNS MM(MM1,20.)
UNKNOWNNS MEA(MEA1,20.)
UNKNOWNNS ML(ML1,1000.)
UNKNOWNNS RNRR(RNRR1,0.1)
UNKNOWNNS TRR(3.1*STH/VMK1,10.)
UNKNOWNNS MSOELV(MSOELV1,100.)
UNKNOWNNS MDOELV(MDOELV1,10.)
UNKNOWNNS MLOELV(MLOELV1,1.)
UNKNOWNNS MSOELH(MSOELH1,100.)
UNKNOWNNS MDOELH(MDOELH1,10.)
UNKNOWNNS MLOELH(MLOELH1,1.)
UNKNOWNNS CWP(CWP1,0.001)
UNKNOWNNS CM(CM1,0.001)
UNKNOWNNS RLWL(1.03*L1,0.1)
UNKNOWNNS STOT(STOT1,100.0)
UNKNOWNNS SURF(STOT1,100.0)
UNKNOWNNS VOLUD(VOLUD1,100.)
UNKNOWNNS RLMAS(RLMAS1,0.01)
UNKNOWNNS RLPKA(RLPKA1,0.01)
UNKNOWNNS RLPKV(RLPKV1,0.01)
UNKNOWNNS VOLMAS(VOLMAS1,0.01)
UNKNOWNNS VOLPKA(VOLPKA1,0.01)
UNKNOWNNS VOLPKV(VOLPKV1,0.01)
UNKNOWNNS TTH(TTH1,0.1)
UNKNOWNNS VOLDB(VOLDB1,0.01)
UNKNOWNNS KBAU(KBAU1,1.E4)
```

```

        UNKNOWNNS KBET (KBET1, 1. E4)
        UNKNOWNNS ANUIT (ANUIT1, 1. E4)
        UNKNOWNNS RFR (RFR1, 1.)
C
C-----STARTEN
C
        DISV=L*B*T*HYDROS (LU1, LU2, L, B, T, DEP, CB, XLCB, T, RES, 55)
C-----LAENGENKOORDINATE DES VERDRAENGUNGSSCHWERPUNKTS NACH LAP/KELLER
        XLCB=13.33*CB-9.0
        RLWL=1.01*L
        CM=HYDROS (LU1, LU2, L, B, T, DEP, CB, XLCB, T, RES, 57)
        CWP=HYDROS (LU1, LU2, L, B, T, DEP, CB, XLCB, T, RES, 56)
        SURF=HYDROS (LU1, LU2, L, B, T, DEP, CB, XLCB, T, RES, 59)
        STOT=SURF+SAPP
C-----LEISTUNG, STEIGUNG, FLAECHEVERHAELTNIS DES PROPELLERS
        USE HOLTED (RLWL, B, T, CB, CM, XLCB, VM, TEMP, SALIN, ZUSCHL,
1   PD, N, NP, NPB, DP, AEA0, PP, FKAV, KMAT, STOT, TRIM, CWP,
2   AB1, HB, SAPP, EIPK2, RLR)
        PD.LE.36000.
        DP.LE.0.7*T
C-----SEITENHOEHE NACH DER FREIBORDKONVENTION VON 1966
        FB=FBEBD (L*1.04, 0.22*L, 2.8, 0., 0., 0., 0., 0.2*L, 2.8, DEP, T, CB,
1   0., 0., 0., 0., 0., 0., 2, 1)
        DEP.LE. T+FB
        T.LE. TMAX
C-----MASSE VON AUSRUESTUNG UND EINRICHTUNG
C        NACH BOEGEMANN, DIPLOMARBEIT, 1982 MIT ESS-SCHIFFSLISTE
C
        MEA=L*B*1.E-3*(271.751+0.508*(L*B*DEP)**2*1.E-7)
C-----MASSE DER MASCHINENANLAGE NACH BOEGEMANN
        MM=9.98*(PD/(N*60.))**0.68+20.162*PD**0.393
C-----STAHLRUMPFGEWICHT EINSCHL. AUFBAUTEN NACH BOEGEMANN
        MST=L*B*DEP*1.E-3*(170.99-0.9735*L+0.00279*L*L)
1   * (1.973-0.0005217*B/DEP)
2   * (0.6768+0.007817*LZD)**2
3   * (0.9301-0.03663*CB)**2
4   * (1.032-0.001363*T/DEP)
        TDW=DISV*1.03-MST-MM-MEA-MA
C-----GENERATORLEISTUNG WIRD NACH SCHREIBER BERECHNET.
        PN=EEEBEN (PD, TDW, 1, IPR)
C-----MASSE VERBRAUCHTES SCHMERDEL PRO RUNDREISE.
        MSOELV=(TR+TW+2.*STH/VM*0.514445)*PD*BF*1.E-6
C-----RUNDREISE ZEIT
        TRR=TR+TW+2.*STH/VM*0.514445+ML/MLSPT+ML/MLSPH
        MDOELV=TRR*PN*BPD*1.E-6
C-----MASSE, SCHMIERDELVERBRAUCH PRO RUNDREISE.
        MLOELV=TRR*PD*BPL*1.E-6
        MSOELH=MSOELV*0.5*1.15
        MDOELH=MDOELV*0.5*1.15
        MLOELH=0.03*MSOELH
C-----LADUNGSMASSE
        ML=TDW-MBF-MFW-MVSP*TRR/24.-MSOELH-MDOELH-MLOELH
C-----MASCHINENRAUM UND PIEK LAENGE
C        NACH EMPIR
        RLMAS=EMPIR (INT (1.0+EPSI+LMC), PD*1.36) /L
        RLPKA=(EMPIR (8, CB)+EMPIR (18, L))
        RLPKV=EMPIR (9, L)

```

```

CBD=HYDROS (LU1, LU2, L, B, T, DEP, CB, XLCB, DEP, RES, 55)
VOLUD=L*B*DEP*CBD
TTH=EMPIR (7, B) +EMPIR (11, LZB)
VOLMAS=ROOMS (LU1, DEP, RERG, 22, 200, L*(RLPKA+XLMC1),
1  L*(RLPKA+RLMAS+XLMC1), TTH, DEP) /VOLUD
VOLPKA=ROOMS (LU1, DEP, RERG, 22, 100, 0.0, L*RLPKA, 0.0, DEP) /VOLUD
VOLPKV=ROOMS (LU1, DEP, RERG, 22, 700, L-L*RLPKV, L, 0.0, DEP) /VOLUD
VOLDB=XLRMS (LU1, DEP, RERG, 22, 210, L*RLPKA,
1  L-L*RLPKV, 0.0, TTH) / VOLUD
VOLLAD=VOLUD*(1.-VOLPKA-VOLPKV-VOLMAS-VOLDB)
VOLLAD, GE, STKO*ML
C-----ANZAHL DER RUNDREISEN
RNRR=TFJ*24.0/TRR
C-----METAZENTRISCHE HOEHE, GM=KM-KG,
C      KG EINFACH ABGESCHAETZT
C
      GM = HYDROS (LU1, LU2, L, B, T, DEP, CB, XLCB, T, RES, 36)
1  - KG * DEP / 100.0
      GM .GE. 0.025*B
C-----MAX. GM WIRD DURCH MIN. ROLLPERIODE TROL=15 S BEGRENZT.
      GM .LE. 4.0*3.14159**2*(0.4*B)**2/(9.81*TROL**2)
C-----DIMENSIONSLOSE GROESSE
      LZB=L/B
      BZT=B/T
      LZD=L/DEP
C-----BAUKOSTEN
      KBAU=KKBAN (MA, MEA, MST, RNSCH, PD, KS, KM,
1  KLSP, KMEASP, KMSTSP, TEASP, TSTSP,
2  PRSTG, YEAR)
C-----BETRIEBS-, LOESCH- UND HAFENKOSTEN
      KBET=KBETF (KBAU, KLDSP, KLSSP, ML, MDOELV, MLOELV, MSOELV, RNSCH, RNRR,
*  TDW, KBETS, KLAD, KLOE, KHH, KHT, KOEL, KSOSP, KDOSP, KLOSP,
2  BESTZ, PRSTG, YEAR)
      ANUIT=KKKANN (KBAU, ZINS, TA)
C-----MINIMIERE ERFORDERLICHE FRACHTRATE
      RFR=(ANUIT+KBET) /ML/RNSCH/RNRR
      MINIMIZI RFR
      WRITE (6, 0) MERIT
      SOLVE

```

Anhang 5: Gleichungsmenge HOLTEQ zur Schiffspropulsion nach van Lammeren et al. /17/ und zur Bestimmung von Widerstand, Nachstrom- und Sogziffer nach Holtrop und Mennen /12/.

```
EQUATIONS HOLTEQ
1 ( RL, B, DRAFT, CB, CM, XLCB, V, TEMP, SALIN,
2  ZUSCHL, POW, REV, ANZP, ANZB, DIAM, AEAO, PITCH, FKAV,
3  RMAT, STOT, TRIM, CWP, ABT, HB, SAPP, EIPK2, RLR)
C
C-----SFB98, PODDAR, 01.12.82
C  RL = L.W.L., OTHER PARAMETERS AS IN PROPUL, BUT WITH HOLTROP F.
C
LOCAL VAZV(0.7,0.05), RTZT(0.8,0.1), T(0.,10.)
RTZT=1.-HOLTID(RL, B, DRAFT, CB, CM, DIAM, IFIX(ANZP+0.5))
T=HOLTRS(RL, B, DRAFT, TRIM, CB, CWP, CM, ABT, HB, SAPP, EIPK2, RLR,
1  XLCB, V, SALIN, TEMP, STOT, CVA)*(1.+ZUSCHL/100.)/RTZT
VAZV=1.-HOLTWF(RL, B, DRAFT, CB, CM, DIAM, STOT, TRIM, CVA,
1  IFIX(ANZP+0.5))
AEAO=((1.3+0.3*ANZB)*T/ANZP/((9.81*(0.95*DRAFT-0.5*DIAM)+100.
1  -DAMPED(TEMP))*DIAM*DIAM)+0.05*(3.+RMAT-ANZP))/FKAV
A  T=DICHTE(SALIN)*REV*REV*DIAM**4*THRC(AEAO, PITCH/DIAM, V*VAZV/
1  (REV*DIAM), IFIX(ANZB+0.5))*ANZP
POW=6.283*DICHTE(SALIN)*REV**3*DIAM**5*TORCC(AEAO, PITCH/DIAM,
1  V*VAZV/(REV*DIAM), IFIX(ANZB+0.5))*ANZP/
2  HOLTRE(AEAO, CB, CM, XLCB, PITCH/DIAM, IFIX(ANZP+0.5))
C
END
```