

189 | März 1968

SCHRIFTENREIHE SCHIFFBAU

B. Wagner

**Windkanalversuche mit
Überwasserschiffen – Fährschiffe,
Fahrgastschiff, Tragflächenboot,
Schlepper und Hecktrawler**

TUHH

Technische Universität Hamburg-Harburg

INSTITUT FÜR SCHIFFBAU DER UNIVERSITÄT HAMBURG

Bericht Nr. 189

Windkanalversuche mit Überwasserschiffen - Fährschiffe,
Fahrgastschiff, Tragflächenboot, Schlepper und Hecktrawler.

von

B. Wagner

Hamburg, März 1968

Windkanalversuche mit Überwasserschiffen - Fährschiffe, Fahrgastschiff, Tragflächenboot, Schlepper und Hecktrawler.

1. Einführung

Der vorliegende Bericht ist der letzte von drei Berichten, die das umfangreiche aus Windkanalversuchen mit Überwasserschiffsmodellen am Institut für Schiffbau gewonnene Material enthalten (s.a. [3], [4]). Die Untersuchungen fanden im Rahmen des Forschungsvorhabens 'Luftkräfte an Schiffen' statt. Auf der Hauptversammlung 1967 der STG wurde bereits ein Überblick über die Untersuchungen zum Thema 'Windkräfte an Überwasserschiffen' gegeben, es konnten jedoch nur wenige Beispiele der Versuchsergebnisse gebracht werden [1]. In der genannten Arbeit wird auf die Abhängigkeit der Windkräfte und -momente von den Abmessungsverhältnissen und der Form der Überwasserschiffe sowie auf die Anwendungen der Ergebnisse ausführlich eingegangen. In vieler Hinsicht kann deshalb auf diese Arbeit verwiesen werden. Die speziellen Modellversuchsergebnisse für das Forschungsschiff 'Meteor' sind in einem besonderen Bericht zusammengestellt [2].

Die IfS-Berichte Nr. 187 und 188 enthalten Windkanalversuchsergebnisse mit Frachtschiffsmodellen bei verschiedenen Aufbauartenvariationen, wobei unterschiedliche Ladungs- und Trimmzustände berücksichtigt sind. Demgegenüber enthält dieser Bericht die Ergebnisse der Versuche mit Fährschiffs- und Fahrgastschiffsmodellen sowie mit den Modellen einiger wichtiger Spezialschiffe.

2. Beschreibung der untersuchten Modelle

Alle Modelle haben eine im Verhältnis zur Länge große 'Lateralfäche'. Sie sind also besonders seitenwindempfindlich. Es ist bekannt, daß Fahrgast- und Fährschiffe bei starkem Seitenwind oftmals Manövrier-schwierigkeiten besitzen und u.U. stabilitätsgefährdet sind. Wegen der meist hohen Fahrtgeschwindigkeit spielt aber auch der Windwiderstand eine Rolle.

Fährschiff 7000 BRT (Abb.1) :

Das Modell wurde nach Zeichnungsunterlagen der 1961 gebauten 'Kronprins Harald' der Jahre-Linie hergestellt und hat ein Kreuzerheck.

Fahrgastschiff (Abb.2) :

Rumpf und untere Aufbaudecks wurden vom 7000 BRT-Fährschiff übernommen. Die Aufbauten entsprechen einem häufig ausgeführten Fahrgastschiffstyp (z.B. der 'Theodor Herzl' von 1956).

Fährschiff 'Black Watch/Jupiter' (Abb.3) :

Das Modell war von den Lübecker Flenderwerken für Schornstein-Rauchversuche gebaut worden und wurde dem IfS zur Messung der Windkräfte und -momente zur Verfügung gestellt. Es besitzt ein Spiegelheck mit Heckpforte.

Tragflächenboot Typ Supramar PT50 (Abb.4) :

Für die Versuche wurde dem IfS ein im Maßstab passendes Modell von der Supramar AG zur Verfügung gestellt. Das Modell wurde sowohl auf CWL als auch im ausgetauchten Zustand auf Tragflächen untersucht.

Seeschlepper (Abb.5) :

Das Modell entspricht dem 2750PS-Schlepper 'Atlas' der F.Schichau GmbH Bremerhaven. Wegen der Unterbringung der Boote an der Steuerbordseite ist das Modell nicht zur Mittschiffslinie symmetrisch.

Hafenschlepper :

Das Modell wurde aus dem Seeschlepper durch Umbau der Aufbauten erhalten (angelehnt an die Hafenschlepper vom Typ 'Ise' und 'Karl' mit Abgaspfosten).

Hecktrawler 940 BRT (Abb.6) :

Es handelt sich um einen 1962 von der Rickmers-Werft Bremerhaven gebauten Typ mit Mittschiffsaufbau und versenkter Back. Das Modell wurde so gebaut, daß der Aufbau auch ganz vorn hinter der Back befestigt werden konnte (Variante 2).

Vom Tragflächenboot abgesehen wurden alle Modelle nur auf dem Konstruktionstiefgang untersucht. Bei den großen Lateralflächen haben mögliche Tiefgangsänderungen bei diesen Schiffstypen nur einen geringen Einfluß auf die Beiwerte der Windkräfte und -momente.

Konstruktion der Modelle :

Speziell für diese Versuche wurden die Modelle des Fährschiffes und Fahrgastschiffes, des Hecktrawlers und des Schleppers gebaut, die jeweils in zwei Varianten untersucht wurden (s.o.). Diese Modelle waren wie die übrigen Windkanalmodelle im Baukastensystem aus Teakholz und Messing hergestellt und besaßen ein vollständiges Unterwasserschiff, um die Möglichkeit der Untersuchung verschiedener Tiefgänge, Trimmlagen und Krängungen zu haben. Die beschriebene Untersuchung erstreckte sich aber nur auf den Konstruktionstiefgang ohne Trimm und Krängung. Wie spezielle Versuche zeigten, haben verschiedene Vereinfachungen der Modelle (z.B. Weglassen kleiner Bauteile) nur einen sehr geringen Einfluß auf die Versuchsergebnisse [1],[4]. Das Modell der 'Black Watch/Jupiter' entsprach in der Ausführung den anderen Windkanalmodellen (jedoch ohne Unterwasserschiff), während das Modell des Tragflächenbootes PT50 ein naturgetreues Schaukastenmodell war.

Gegenüberstellung der Modellabmessungen

Modell	Länge ü. alles L_{0A} [m]	Länge zw. d. Loten L_{pp} [m]	Breite B [m]	Tiefgang T [m]	Lateralfl. A_L [m ²]
Fährschiff 7000 BRT (1:105)	1.321	1.168	0.172	0.050	0.177
Fahrgastschiff	1.321	1.168	0.172	0.050	0.165
Fährschiff 'Black Watch/Jupiter' (1:100)	1.417	1.290	0.200	0.053	0.214
Tragflächenboot PT50 (1:20) CWL (auf Tragfl.)	1.395	-	0.290	0.056	0.226 (0.292)
Seeschlepper 'Atlas' (1:40)	0.848	0.750	0.208	0.088	0.089
Hafenschlepper	0.848	0.750	0.208	0.088	0.087
Hecktrawler 940 BRT (1:59)	1.274	1.125	0.187	0.076	0.128

3. Beschreibung der Versuche

Die Versuche fanden im Windkanal des IfS statt. Eine eingehende Beschreibung der Versuchseinrichtung ist in [1], [3] enthalten. Die wichtigsten Versuchsdaten sollen nachfolgend zusammengestellt werden:

Strahlquerschnitt (rechteckig)	$A_S = 1.750 \times 1.00 \text{ m}^2$
Strahlgeschwindigkeit V	ca. 12.8 bis 31.3 m/s
Staudrücke $q = \frac{\rho}{2} V^2$	= 10.10 bis 60.6 kp/m ²
Reynoldszahlen $R_n = \frac{V \cdot L_{OA}}{\nu}$	= 1.16 bis $2.69 \cdot 10^6$
Strahlversperrung A_L/A_S	= 0.050 bis 0.167

Über die Einzelheiten der Versuche, die Korrektur der Meßwerte und die Meßgenauigkeit sind in [1] und [3] ausführliche Angaben gemacht. Der Einfluß der Anlaufgrenzschicht der Bodenplatte (26mm dick auf Modellmitte) ist für die Modelle mit hohem Lateralplan vergleichsweise gering. Er kann näherungsweise durch Multiplikation der Beiwerte mit dem Verhältnis des Staudrucks q außerhalb der Grenzschicht zum mittleren Staudruck q_m zwischen Wasseroberfläche und mittlerer Lateralplanhöhe A_L/L_{OA} erfolgen (s. auch [1]).

Der Einfluß der bei einigen Modellen großen Strahlversperrung auf den Staudruck und die wirksame Schräganströmung am Modell wurde nicht korrigiert. Für Versperrungsverhältnisse $A_L/A_S = 0.08$ müßten die Querkraftbeiwerte um maximal 2 bis 5% erhöht werden. Das gilt auch für die Widerstandsbeiwerte im Bereich anliegender Strömung.

In der Übersicht über die Versuche sind zum Vergleich einige wichtige geometrische Verhältnisswerte der Modelle mit aufgeführt; es bedeuten:

A_L/A_X	=	Lateralfläche über Wasser / Lufthauptspantfläche
$H_{Lm} = A_L/L_{OA}$	=	mittlere Lateralplanhöhe
$\frac{2H_{Lm}}{L_{OA}} = \frac{2A_L}{L_{OA}^2}$	=	'Höhen-Längen-Verhältnis', das dem Seitenverhältnis des Überwasserschiffes entspricht.

Beim Fahrgastschiff, beim Schlepper und beim Hecktrawler wurden auch die Kräfte und Momente auf dem Rumpf ohne Aufbauten gemessen.

Übersicht über die Versuche

Modell	A_L/A_X	$2A_L/L\alpha^2$	I_{LM}	$10^6 \cdot R_n$	$\Delta \varepsilon^\circ$	Komponenten	Ergebnisse	
							Tab.	Abb.
<u>Fährschiff 7000 BRT</u>	5.76	0.203	0.134	1.78	10	4	1.1	-
"	"	"	"	2.50	5	4	1.2	7
<u>Fährschiff Rumpf</u>	6.98	0.121	0.079	1.79	10	3	2.1	-
"	"	"	"	2.50	10	3	2.2	-
<u>Fahrgastschiff</u>	5.69	0.189	0.125	1.77	10	4	3.1	-
"	"	"	"	2.50	5	4	3.2	8
<u>Fährschiff 'Black Watch/Jupiter'</u>	5.46	0.213	0.151	1.91	10	3	4.1	-
"	"	"	"	2.69	5	3	4.2	9
<u>Tragflächenboot Supramar PT 50</u>								
Schwimmzustand (CWL)	3.72	0.232	0.162	1.21	10	3	5.1	-
" "	"	"	"	1.70	5	3	5.2	10
" "	"	"	"	2.40	10	3	5.3	10
auf Tragflächen	4.02	-	-	1.33	10	3	6.1	-
"	"	-	-	1.91	5	3	6.2	11
<u>Seeschlepper 2750 PS</u>								
Anströmung v. Steuerbord	2.65	0.246	0.105	1.17	10	3	7.1	-
" "	"	"	"	1.64	5	3	7.2	12
" "	"	"	"	1.79	10	3	7.3	-
Anströmung v. Backbord	"	"	"	1.16	10	3	8.1	-
" "	"	"	"	1.63	5	3	8.2	13
" "	"	"	"	1.76	10	3	8.3	-
Rumpf ohne Aufbauten	2.24	0.136	0.058	1.60	5	3	9	-
<u>Hafenschlepper</u>	2.47	0.242	0.103	1.17	10	3	10.1	-
"	"	"	"	1.64	5	3	10.2	14
"	"	"	"	1.79	10	3	10.3	-
<u>Hecktrawler 940 BRT</u>								
Aufbau mittschiffs	4.11	0.158	0.101	1.70	10	4	11.1	-
" "	"	"	"	2.40	5	4	11.2	15
Aufbau vorn	4.01	0.160	0.102	1.72	10	3	12.1	-
" "	"	"	"	2.42	5	3	12.2	16
Rumpf ohne Aufbauten	4.13	0.122	0.078	2.42	10	3	13	-

4. Definition der Kraft- und Momentenbeiwerte (vergl. Skizze Abb.4 in [3]).

Die 3-Komponentenwaage lieferte unmittelbar den Widerstand D (die Kraftkomponente in Richtung der Relativanströmung), die Querkraft C (Kraftkomponente senkrecht zur Anströmrichtung) und das Giermoment N (das Moment um die Hochachse in $L_{OA}/2$) als Funktion des Anströmwinkels ε . Mit Hilfe der in die Modelldrehscheibe eingebauten Rollmomentenwaage wurde bei einigen Modellen als vierte Komponente das Rollmoment K gemessen (Moment um die Längsachse in der WL-Ebene).

Die Längskraft X und die Seitenkraft Y (Kraftkomponenten in Schiffs-längsrichtung und senkrecht dazu) erhält man aus C und D durch einfache Umrechnung.

Die Ergebnisse der Versuche sind in den Tabellen und Bildern in der Form dimensionsloser Beiwerte enthalten. Diese werden wie folgt definiert:

$$c_D = D/q \cdot A_L \quad \text{Widerstandsbeiwert (entsprechend } c_C, c_X, c_Y)$$

$$c_{D(AX)} = D/q \cdot A_X$$

$$c_N = N/q \cdot A_L \cdot L_{OA} \quad \text{Giermomentenbeiwert}$$

$$c_K = K/q \cdot A_L \cdot H_{Lm} = K \cdot L_{OA}/q \cdot A_L^2 \quad \text{Rollmomentenbeiwert}$$

$$q = (\rho/2) \cdot v^2 \quad \text{Staudruck der Anströmgeschwindigkeit}$$

$$A_L, A_X \quad \text{Lateralfäche bzw. Lufthauptspantfläche}$$

Die Koordinaten des scheinbaren Druckpunktes sind:

$$x_F = N/Y \quad ('Druckpunktvorlage')$$

$$z_F = -K/Y \quad ('Druckpunkthochlage').$$

5. Erläuterungen der Versuchsergebnisse

Im Rahmen der Gesamtdarstellung der Versuchsergebnisse wurde auf die Abhängigkeit der Kraft- und Momentenbeiwerte von den wichtigsten geometrischen Verhältniswerten des Überwasserschiffes eingegangen [1].

An dieser Stelle soll deshalb nur auf die Besonderheiten der Modellversuchsergebnisse derjenigen Schiffstypen eingegangen werden, denen dieser Bericht gewidmet ist.

Die Versuchsergebnisse sind in den Abb. 7 bis 16 über ε aufgetragen worden. Wie in Bericht Nr. 187 [3] sollen wiederum in einer Übersicht einige wichtige Beiwerte der untersuchten Modelle zusammengestellt und verglichen werden: Widerstandsbeiwerte c_D für $\varepsilon = 0^\circ$, 90° und 180° , die Maxima der Querkraftbeiwerte c_{Cmax} und der Giermomentenbeiwerte c_{Nmax} und die Rollmomentenbeiwerte c_K für $\varepsilon = 90^\circ$. Einige geometrische Verhältniszahlen der Modelle sind wiederum mit angegeben worden (A_{LR}/A_L bzw. A_{XR}/A_X sind die Anteile des Rumpfes an Lateralfläche bzw. Lufthauptspant). Der Einfluß der Anlaufgrenzschicht auf die Beiwerte wurde näherungsweise durch Multiplikation mit dem Staudruckverhältnis q/q_m korrigiert (vergl. 3., Ausnahme: c_K).

Vergleich einiger bezeichnender Kraft- und Momentenbeiwerte der Modelle

Bezeichnung	$\frac{L_{OA}}{B}$	$\frac{2 A_L}{L_{OA}^2}$	$\frac{A_L}{A_X}$	$\frac{A_{LR}}{A_L}$	$\frac{A_{XR}}{A_X}$	$C_{D(Ax)}$		C_D		C_{Cmax}		C_{Nmax}		C_K *)
						$\epsilon = 0^\circ$	$\epsilon = 180^\circ$	$\epsilon = 90^\circ$	$\epsilon = 90^\circ$	vorn	hinten	vorn	hinten	$\epsilon = 90^\circ$
Fährschiff 7000 BRT	7.70	0.203	5.76	0.665	0.555	0.27	0.38	0.85	0.60	0.60	0.164	-0.090	0.72	
Fahrtgastschiff	7.70	0.189	5.69	0.714	0.589	0.33	0.38	0.86	0.57	-0.58	0.147	-0.085	0.76	
Fährschiff „Black Watch/Jupiter“	7.09	0.213	5.46	0.643	0.550	0.41	0.32	0.87	0.59	-0.58	0.136	-0.105	-	
Tragflächenboot CWL	4.81	0.232	3.72	0.693	0.627	0.39	0.43	0.78	0.57	-0.48	0.129	-0.115	-	
auf Tragfl.	4.81	—	4.02	0.856	0.631	0.42	0.45	0.93	0.59	-0.49	0.078	-0.103	-	
Seeschlepper Backbord	4.08	0.246	2.65	0.552	0.652	0.66	0.80	0.92	0.40	-0.42	0.178	-	-	
Steuerbord	4.08	0.246	2.65	0.552	0.652			0.89	-0.42	0.34	-0.189	-	-	
Hafenschlepper	4.08	0.242	2.47	0.562	0.621	0.61	0.76	0.89	0.50	-0.31	0.204	-	-	
Hektrawler 940 BRT A.miltsch.	6.81	0.158	4.11	0.727	0.623	0.75	0.79	0.88	0.43	-0.45	0.071	-0.124	0.77	
A. vorn	6.81	0.160	4.01	0.720	0.602	0.65	0.73	0.89	0.43	-0.46	0.121	-0.074	-	
zum Vergleich:														
Frachtschiff 4500 t dw, Ballast Aufbau miltschiffs	7.65	0.167	4.30	0.752	0.628	0.72	0.62	0.90	0.44	-0.47	0.110	-0.099	-	

*) Anlaufgrenzschicht nicht korrigiert

Allgemeines:

Die Schiffstypen, deren Windkanalversuchsergebnisse in diesem Bericht zusammengestellt sind, haben eine große Lateralfläche gemeinsam, also einen im Verhältnis zur Länge hohen Lateralplan. Das bedeutet, daß die Höhen-Längen-Verhältnisse ('Seitenverhältnisse') $2A_L/L_{OA}^2$ groß sind ($2A_L/L_{OA}^2 > 0.150$) z.B. im Vergleich zu Frachtschiffen ($2A_L/L_{OA}^2 < 0.150$ im beladenen Zustand). Da diese Schiffstypen bei starkem Seitenwind z.T. größere Manövrierschwierigkeiten haben, sind schon mehrfach einzelne Windkanalversuche mit Modellen von Fahrgastschiffen und Fährschiffen durchgeführt worden. Dagegen sind die hier gebrachten Versuchsergebnisse von Schleppern, Hecktrawlern sowie einem Tragflächenboot neu. Nachfolgend werden die Versuchsergebnisse für die einzelnen Schiffstypen getrennt besprochen.

Fährschiff 7000 BRT (Typ 'Kronprins Harald', vergl. Abb.7) :

Das Schiff hat eine wenig gegliederte Silhouette. Ausdruck dafür ist das große Verhältnis Lateralfläche zu Lufthauptspantfläche ($A_L/A_X = 5.76$). In Verbindung mit dem großen Höhen-Längen-Verhältnis $2A_L/L_{OA}^2$ ergeben sich große Maxima der Querkraftbeiwerte, die wegen der symmetrischen Silhouette im vorderen und hinteren Anströmbereich nahezu gleichgroß sind.

Der Widerstand bei Anströmung von vorn ist gering. Der niedrige Widerstandsbeiwert c_D ist nach [1] auf eine im Verhältnis zur Schiffsbreite große mittlere Lateralplanhöhe $H_{Lm} = A_L/L_{OA}$ zurückzuführen. Widerstandsvermindernd wirkt sich auch der stufenförmige Aufbau des Frontschottes aus. Der große stromlinienförmige Schornstein mit niedrigem Widerstandsbeiwert und großem Flächenanteil am Lufthauptspant A_X trägt außerdem zu dem geringen Widerstandsbeiwert $c_{D(AX)}$ bei Anströmung von vorn bei.

Interessant ist ebenfalls die Betrachtung der Längskraft- und der Seitenkraftbeiwerte. Die großen Querkraftbeiwerte c_C bewirken in Verbindung mit verhältnismäßig niedrigen Widerstandsbeiwerten, daß die c_X -Werte für $\epsilon > 50^\circ$ positiv werden, d.h. nach vorn gerichtet sind ('Schub'), obwohl der Wind noch von vorn kommt. In ähnlicher Weise ist c_X im achterlichen Anströmbereich für $\epsilon < 130^\circ$ negativ (nach hinten gerichtet, 'Widerstand'), obwohl der Wind von hinten kommt.

Diese Besonderheit der c_X -Beiwerte findet sich ebenfalls beim Fahrgastschiff, beim Fährschiff 'Black Watch/Jupiter' sowie beim Tragflächenboot. Die c_Y -Beiwerte zeigen bei $\varepsilon = 50^\circ$ bis 60° und 120° ein ausgeprägtes Maximum, was ebenfalls auf die hohen Querkraftbeiwerte zurückzuführen ist.

Fahrgastschiff (vergl. Abb.8) :

Das Modell unterscheidet sich vom Fährschiff nur durch die Aufbauform, die Lateralfläche und damit das 'Seitenverhältnis' $2A_L/L_{OA}^2$ sind kleiner, ebenfalls die mittlere Lateralplanhöhe. Außerdem liegt das Frontschott weiter zurück, ist aber nicht stufenförmig, wodurch der Widerstand bei Anströmung von vorn größer als beim Fährschiff wird. Die Querkraftmaxima c_{Cmax} sind etwas niedriger als beim Fährschiff (kleinerer Wert $2A_L/L_{OA}$) und wiederum im vorderen und hinteren Anströmbereich etwa gleichgroß.

Fährschiff 'Black Watch/Jupiter' (vergl. Abb.9) :

Das Modell der Lübecker Flenderwerke wurde zusätzlich in das Versuchsprogramm aufgenommen. Seine Abmessungen sind größer als die der anderen Modelle; die Strahlversperrung ist verhältnismäßig groß, so daß die in Abschnitt 3 bzw. in 1 gemachten Angaben über den Einfluß der Strahlversperrung auf die Versuchsergebnisse besonders zu beachten sind.

Das Fährschiff hat Spiegelheck und Heckklappe. Der Lateralplan ist hoch, symmetrisch und wenig gegliedert, was große, im vorderen und hinteren Anströmbereich etwa gleichgroße c_C -Maxima ergibt. Das Schiff ist im Vergleich zur 'Kronprinz Harald' breiter, hat also ein kleineres L_{OA}/B -Verhältnis. Dies bewirkt, zusammen mit dem weit vorn liegenden, nicht stufenförmig ausgeführtem Frontschott einen größeren Widerstand bei Anströmung von vorn. Der Widerstand bei achterlicher Anströmung ist deutlich niedriger, was auf den nach hinten stufenförmig auslaufenden Aufbau zurückzuführen ist.

Im Vergleich zu dem oben besprochenen Fährschiff und Fahrgastschiff ist das vordere Giermomentenmaximum niedriger und das hintere entsprechend höher. Der Grund hierfür ist die für alle Schiffe mit Spiegelheck kennzeichnende Lage des Druckpunktes weiter hinten.

Tragflächenboot PT50 (vergl. Abb.10 und 11) :

Tragflächenboote sind wegen ihrer hohen Geschwindigkeit besonders im ausgetauchten Fahrtzustand ('auf Tragflächen') großen Windkräften und -momenten ausgesetzt. Das wird bei der Konstruktion des Rumpfes und der Aufbauten berücksichtigt. Der gewählte Typ ist z.Zt. in Europa der verbreitetste.

Fährt das Boot als Verdränger, also auf der CWL, so ähnelt es in der Silhouette durchaus anderen Fahrgastschiffen, der Rumpf ist jedoch dicker ($L_{OA}/B = 4.81$). Das Spiegelheck und die Aufbautenanordnung rufen eine stärkere Asymmetrie zur Hauptspantebene hervor. Das äußert sich in ungleichen Querkraftmaxima im vorderen und hinteren Anströmbereich. Der Druckpunkt liegt wegen des Spiegelhecks wiederum weiter hinten als bei Schiffen mit Kreuzerheck, wodurch ein kleineres vorderes und ein größeres hinteres Giermomentenmaximum entsteht.

Der Widerstandsbeiwert c_D für seitliche Anströmung ist niedriger als bei den untersuchten Fahrgast- und Fährschiffen, was auf die strömungsgünstige Abrundung des Rumpfes und der Aufbauten zurückzuführen ist. Im Fahrtzustand 'auf Tragflächen' mit völlig ausgetauchtem Rumpf sind die Giermomentenbeiwerte c_N kleiner. Außerdem sind die Widerstandsbeiwerte c_D und die Seitenkraftbeiwerte c_Y - besonders für den seitlichen Anströmbereich - größer. Die Längskraftbeiwerte unterscheiden sich für beide Fahrtzustände nur wenig.

Seeschlepper 2750 PS (Typ 'Atlas', vergl. Abb.12 und 13) :

Es handelt sich um einen mittelgroßen typischen Bergungsschlepper. Wegen der Asymmetrie des Modells zur Mittschiffsebene wurde das Modell bei Steuerbord- und Backbordanströmung untersucht. Der Aufbau ist sehr groß und liegt extrem weit vorn. Das vordere Giermomentenmaximum ist deshalb sehr stark ausgeprägt, während im hinteren Anströmbereich praktisch kein Maximum der Giermomentenbeiwerte existiert. Auch der Verlauf der Querkraftbeiwerte c_C ist nicht zu 90° symmetrisch, bei 90° tritt noch eine verhältnismäßig große Querkraft auf. Die Längskraftbeiwerte und die Widerstandsbeiwerte im Bereich kleiner Anströmwinkel (bezogen auf die Lateralfläche) sind groß (kleines Verhältnis der Lateralfläche zur Lufthauptspantfläche).

Hafenschlepper (vergl. Abb.14) :

Das Modell wurde aus dem Seeschlepper durch Umbau erhalten. Er wirkt durch die Zusammenfassung der Masten und des Schornsteins in einem hohen Abgaspfosten kompakter. Die Kraft- und Momentenbeiwerte unterscheiden sich nur wenig von den Werten für den Seeschlepper. Das vordere Giermomentenmaximum ist beim Hafenschlepper allerdings noch ausgeprägter und der Querkraftverlauf noch asymmetrischer.

Hecktrawler 940 BRT (vergl. Abb.15 und 16) :

Der Hecktrawler wurde in zwei Varianten untersucht, und zwar sowohl mit Mittschiffsaufbau (Ausgangsform, vergl. Abb.4) als auch mit vorn an die Back anschließendem Aufbau. Im 'Seitenverhältnis' $2A_L/L_{GA}^2$ sowie in der Silhouette ähnelt der Hecktrawler einem kleineren Frachtschiff in Ballast. Auch die Kraft- und Momentenbeizahlen ähneln sehr den Werten des in der Übersicht mit aufgeführten Frachtschiffes von 4500tdw. Das Spiegelheck bewirkt allerdings wiederum eine stärkere Druckpunktrücklage, so daß das vordere Giermomentenmaximum - zugunsten des hinteren - kleiner als das des Frachtschiffes ist.

Schließt der Aufbau an die Back an ('Variante 2'), so vermindert sich der Widerstand bei Anströmung von vorn (größere Abschirmwirkung der Back). Mit dem Lateralschwerpunkt wandert auch der scheinbare Druckpunkt nach vorn, was im vorderen Anströmbereich ein größeres und im hinteren Anströmbereich ein kleineres Giermomentenmaximum zur Folge hat.

6. Schrifttum

- [1] B. Wagner: Windkräfte an Überwasserschiffen
Jahrbuch der STG 61 (1967), Kurzfassung Schiff und
Hafen 19 (1967), Heft 12

- [2] B. Wagner: Windkanalversuche mit dem Modell des Forschungs-
schiffes 'Meteor'
IfS-Bericht Nr.153, Februar 1966

- [3] B. Wagner: Windkanalversuche für ein 10 000tdw-Frachtschiff
mit verschiedenen Aufbautenanordnungen und Beladungs-
zuständen
IfS-Bericht Nr.187, Dezember 1967

- [4] B. Wagner: Windkanalversuche mit Überwasserschiffen - Kü o
600tdw, Frachtschiff 4500tdw, Kühlschiff, Tanker
50 000tdw
IfS-Bericht Nr.188, März 1968

Weitere Schrifttumshinweise finden sich in [1].

Tab. 1.2: Fährschiff 7000 BRT

$$A_L = 0.177 \text{ m}^2, \quad A_L/A_X = 5.76, \quad 2A_L/L_{OA}^2 = 0.203,$$

$$q/q_m = 1.044, \quad R_n = 2.50 \cdot 10^6$$

ϵ	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{FT}	c_N	c_K
0	0.000	0.045	-0.045	0.000	0.045	0.	—
5	0.056	0.057	-0.051	0.061	0.080	0.0218	—
10	0.114	0.077	-0.056	0.126	0.138	0.0385	0.1270
15	0.198	0.105	-0.050	0.218	0.224	0.0572	—
20	0.278	0.154	-0.050	0.314	0.318	0.0738	0.2675
25	0.352	0.224	-0.055	0.414	0.417	0.0905	—
30	0.423	0.299	-0.047	0.516	0.518	0.1073	0.4340
35	0.489	0.398	-0.046	0.629	0.631	0.1290	—
40	0.544	0.492	-0.028	0.733	0.734	0.1418	0.5650
45	0.575	0.592	-0.012	0.825	0.825	0.1552	0.6230
50	0.575	0.666	0.012	0.880	0.880	0.1570	0.6650
55	0.541	0.722	0.029	0.902	0.903	0.1507	—
60	0.457	0.752	0.020	0.879	0.879	0.1362	0.6830
65	0.369	0.748	0.019	0.834	0.834	0.1145	—
70	0.298	0.766	0.018	0.821	0.821	0.0945	0.7110
75	0.224	0.790	0.012	0.821	0.821	0.0765	—
80	0.144	0.818	0.000	0.830	0.830	0.0620	0.7080
85	0.065	0.823	-0.007	0.826	0.826	0.0429	—
90	-0.006	0.810	-0.006	0.810	0.810	0.0272	0.7150
95	-0.078	0.808	-0.008	0.811	0.811	0.0141	—
100	-0.161	0.801	-0.019	0.817	0.817	-0.0057	0.7140
105	-0.225	0.776	-0.017	0.807	0.808	-0.0170	—
110	-0.290	0.752	-0.015	0.805	0.806	-0.0341	0.7220
115	-0.365	0.735	-0.020	0.820	0.820	-0.0508	—
120	-0.454	0.744	-0.021	0.871	0.872	-0.0702	0.7280
125	-0.515	0.699	-0.021	0.868	0.869	-0.0807	—
130	-0.552	0.644	-0.009	0.848	0.848	-0.0862	0.7230
135	-0.576	0.572	-0.003	0.812	0.812	-0.0861	0.7100
140	-0.562	0.489	0.013	0.744	0.745	-0.0818	0.6900
145	-0.503	0.389	0.030	0.635	0.635	-0.0736	—
150	-0.433	0.301	0.044	0.526	0.527	-0.0649	0.5700
155	-0.354	0.230	0.059	0.418	0.422	-0.0562	—
160	-0.266	0.172	0.071	0.309	0.317	-0.0441	0.4360
165	-0.186	0.125	0.072	0.212	0.224	-0.0333	—
170	-0.110	0.092	0.072	0.125	0.144	-0.0220	0.2580
175	-0.053	0.073	0.068	0.059	0.090	-0.0107	—
180	0.000	0.063	0.063	0.000	0.063	0.	—

Tab. 2Tab. 2.1: Fährschiff Rumpf

$$A_L = 0.104 \text{ m}^2, \quad A_L/A_X = 6.98, \quad 2A_L/L_{OA}^2 = 0.121,$$

$$q/q_m = 1.081, \quad R_n = 1.79 \cdot 10^6$$

ϵ	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{FT}	c_N
0	0.000	0.011	-0.011	0.000	0.011	0.
10	0.099	0.023	-0.005	0.101	0.102	0.0285
20	0.194	0.076	-0.005	0.209	0.209	0.0617
30	0.291	0.177	-0.008	0.341	0.341	0.0831
40	0.373	0.318	-0.004	0.490	0.490	0.0994
45	0.385	0.398	-0.009	0.553	0.553	0.1021
50	0.387	0.470	-0.006	0.609	0.609	0.1026
6	0.339	0.596	-0.004	0.686	0.686	0.0969
70	0.249	0.727	-0.014	0.769	0.769	0.0836
80	0.124	0.798	-0.017	0.807	0.807	0.0612
90	-0.046	0.838	-0.046	0.838	0.839	0.0188
100	-0.200	0.826	-0.053	0.849	0.850	-0.0162
110	-0.310	0.729	-0.042	0.791	0.793	-0.0463
120	-0.383	0.600	-0.032	0.711	0.711	-0.0669
130	-0.402	0.465	-0.009	0.614	0.614	-0.0689
135	-0.392	0.385	-0.005	0.549	0.549	-0.0629
140	-0.360	0.299	-0.002	0.468	0.468	-0.0602
150	-0.268	0.160	0.004	0.312	0.312	-0.0579
160	-0.158	0.067	0.009	0.171	0.172	-0.0421
170	-0.078	0.025	0.011	0.081	0.082	-0.0162
180	0.000	0.011	0.011	0.000	0.011	0.

Tab. 2

Tab. 2.2: Fährschiff Rumpf

$$A_L = 0.104 \text{ m}^2, \quad A_L/A_X = 6.98, \quad 2A_L/L_{OA}^2 = 0.121,$$

$$q/q_m = 1.081, \quad R_n = 2.50 \cdot 10^6$$

ϵ	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{FT}	c_N
0	0.000	0.003	-0.003	0.000	0.003	0.
5	0.053	0.005	-0.000	0.054	0.054	0.0137
10	0.101	0.014	0.003	0.102	0.102	0.0290
15	0.144	0.036	0.002	0.148	0.148	0.0450
20	0.194	0.069	0.001	0.206	0.206	0.0611
30	0.297	0.171	0.000	0.343	0.343	0.0842
40	0.377	0.319	-0.002	0.494	0.494	0.0999
45	0.389	0.397	-0.005	0.556	0.556	0.1026
50	0.387	0.470	-0.005	0.609	0.609	0.1026
60	0.343	0.616	-0.011	0.705	0.705	0.1063
70	0.251	0.722	-0.011	0.764	0.764	0.0868
80	0.127	0.812	-0.016	0.822	0.822	0.0520
90	-0.053	0.846	-0.053	0.846	0.847	0.0187
100	-0.205	0.818	-0.060	0.841	0.843	-0.0179
110	-0.318	0.719	-0.053	0.784	0.786	-0.0513
120	-0.395	0.605	-0.039	0.722	0.723	-0.0690
130	-0.422	0.465	-0.024	0.627	0.627	-0.0700
135	-0.406	0.382	-0.017	0.557	0.557	-0.0645
140	-0.369	0.298	-0.009	0.475	0.475	-0.0651
150	-0.272	0.155	-0.002	0.313	0.313	-0.0595
160	-0.170	0.064	0.002	0.182	0.182	-0.0449
170	-0.078	0.021	0.007	0.081	0.081	-0.0173
180	0.000	0.004	0.004	0.000	0.004	0.

Tab. 3Tab. 3.1: Fahrgastschiff

$$A_L = 0.165 \text{ m}^2, \quad A_L/A_X = 5.69, \quad 2A_L/L_{OA}^2 = 0.189,$$

$$q/q_m = 1.046, \quad R_n = 1.77 \cdot 10^6$$

ϵ	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{FT}	c_N
0	0.000	0.061	-0.061	0.000	0.061	0.
10	0.131	0.084	-0.060	0.144	0.156	0.0390
20	0.284	0.164	-0.057	0.323	0.328	0.0724
30	0.411	0.314	-0.066	0.513	0.518	0.1057
40	0.522	0.491	-0.040	0.715	0.717	0.1323
45	0.539	0.580	-0.029	0.791	0.792	0.1397
50	0.528	0.652	-0.015	0.839	0.839	0.1402
60	0.428	0.723	0.009	0.840	0.840	0.1208
70	0.290	0.760	0.012	0.814	0.814	0.0888
80	0.144	0.811	0.001	0.823	0.823	0.0576
90	0.002	0.830	0.002	0.830	0.830	0.0207
100	-0.146	0.808	-0.003	0.821	0.821	-0.0096
110	-0.268	0.742	0.002	0.789	0.789	-0.0395
120	-0.427	0.713	-0.013	0.831	0.831	-0.0603
130	-0.526	0.622	-0.003	0.814	0.814	-0.0801
135	-0.551	0.570	0.014	0.793	0.793	-0.0784
140	-0.562	0.496	0.019	0.749	0.749	-0.0748
150	-0.438	0.301	0.041	0.530	0.531	-0.0624
160	-0.274	0.159	0.055	0.312	0.317	-0.0428
170	-0.119	0.088	0.066	0.132	0.148	-0.0248
180	0.000	0.067	0.067	0.000	0.067	0.

Tab. 3 (vergl. Abb. 8)

Tab. 3.2: Fahrgastschiff

$$A_L = 0.165 \text{ m}^2, \quad A_L/A_X = 5.69, \quad 2A_L/L_{OA}^2 = 0.189,$$

$$q/q_m = 1.046, \quad R_n = 2.50 \cdot 10^6$$

ϵ	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{FT}	c_N	c_K
0	0.000	0.055	-0.055	0.000	0.055	0.	—
5	0.060	0.061	-0.055	0.065	0.085	0.0206	—
10	0.131	0.078	-0.054	0.143	0.153	0.0389	0.1340
15	0.207	0.107	-0.050	0.228	0.233	0.0563	—
20	0.286	0.158	-0.050	0.323	0.327	0.0717	0.2900
25	0.369	0.223	-0.046	0.428	0.431	0.0896	—
30	0.411	0.310	-0.063	0.511	0.515	0.1077	0.4510
35	0.473	0.396	-0.053	0.614	0.617	0.1227	—
40	0.529	0.491	-0.036	0.721	0.722	0.1343	0.5610
45	0.546	0.568	-0.016	0.787	0.787	0.1396	0.6370
5	0.539	0.640	0.002	0.837	0.837	0.1401	0.6710
55	0.491	0.701	0.001	0.856	0.856	0.1333	—
60	0.431	0.724	0.011	0.842	0.842	0.1184	0.7140
65	0.362	0.730	0.020	0.814	0.814	0.1034	—
70	0.286	0.753	0.011	0.806	0.806	0.0874	0.7310
75	0.208	0.792	-0.004	0.819	0.819	0.0729	—
80	0.132	0.817	-0.012	0.828	0.828	0.0573	0.7500
85	0.067	0.835	-0.006	0.838	0.838	0.0437	—
90	-0.001	0.819	-0.001	0.819	0.819	0.0255	0.7560
95	-0.076	0.819	-0.004	0.822	0.822	0.0114	—
100	-0.147	0.797	-0.007	0.810	0.810	-0.0059	0.7600
105	-0.207	0.760	-0.003	0.788	0.788	-0.0181	—
110	-0.266	0.714	-0.006	0.762	0.762	-0.0359	0.7640
115	-0.346	0.713	-0.013	0.792	0.792	-0.0497	—
120	-0.422	0.706	-0.012	0.822	0.822	-0.0610	0.7590
125	-0.478	0.671	-0.006	0.824	0.824	-0.0715	—
130	-0.519	0.613	-0.003	0.804	0.804	-0.0788	0.7430
135	-0.547	0.563	0.011	0.785	0.785	-0.0812	0.7180
140	-0.558	0.485	0.013	0.740	0.740	-0.0738	0.7000
145	-0.522	0.401	0.029	0.658	0.658	-0.0696	—
150	-0.440	0.296	0.036	0.529	0.530	-0.0611	0.5950
155	-0.356	0.213	0.042	0.413	0.415	-0.0527	—
160	-0.280	0.153	0.048	0.315	0.319	-0.0439	0.4660
165	-0.196	0.111	0.057	0.218	0.225	-0.0339	—
170	-0.121	0.084	0.062	0.134	0.148	-0.0231	0.2580
175	-0.055	0.069	0.064	0.061	0.088	-0.0115	—
180	0.000	0.063	0.063	0.000	0.063	0.	—

Tab. 4

Tab. 4.1: Fährschiff "Black Watch/Jupiter"

$$A_L = 0.214 \text{ m}^2, \quad A_L/A_X = 5.46, \quad 2A_L/L_{OA}^2 = 0.213,$$

$$q/q_m = 1.040, \quad R_n = 1.91 \cdot 10^6$$

ϵ	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{FT}	c_N
0	0.000	0.077	-0.077	0.000	0.077	0.
10	0.122	0.095	-0.072	0.137	0.155	0.0381
20	0.287	0.182	-0.072	0.332	0.340	0.0701
30	0.438	0.316	-0.055	0.537	0.540	0.0961
40	0.528	0.507	-0.049	0.730	0.732	0.1161
45	0.549	0.607	-0.041	0.818	0.819	0.1256
50	0.561	0.688	-0.013	0.888	0.888	0.1315
60	0.473	0.783	0.018	0.914	0.914	0.1154
7	0.315	0.806	0.021	0.865	0.865	0.0815
80	0.135	0.814	-0.008	0.825	0.825	0.0485
90	-0.033	0.814	-0.033	0.814	0.814	0.0052
10	-0.206	0.817	-0.061	0.840	0.843	-0.0190
110	-0.319	0.778	-0.034	0.840	0.841	-0.0537
12	-0.489	0.750	-0.048	0.894	0.895	-0.0854
130	-0.546	0.631	-0.013	0.834	0.834	-0.0985
135	-0.543	0.546	0.002	0.770	0.771	-0.0966
140	-0.530	0.465	0.015	0.705	0.705	-0.0882
150	-0.425	0.300	0.047	0.518	0.520	-0.0745
160	-0.269	0.162	0.061	0.308	0.314	-0.0497
170	-0.123	0.090	0.067	0.137	0.153	-0.0265
180	0.000	0.063	0.063	0.000	0.063	0.

Tab. 4 (vergl. Abb. 9)

Tab. 4.2: Fährschiff "Black Watch/Jupiter"

$$A_L = 0.214 \text{ m}^2, \quad A_L/A_X = 5.46, \quad 2A_L/L_{OA}^2 = 0.213,$$

$$q/q_m = 1.040, \quad R_n = 2.69 \cdot 10^6$$

ϵ	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{FT}	c_N
0	0.000	0.072	-0.072	0.000	0.072	0.
5	0.057	0.074	-0.068	0.064	0.093	0.0209
10	0.127	0.090	-0.067	0.140	0.155	0.0385
15	0.204	0.128	-0.070	0.230	0.241	0.0528
20	0.285	0.181	-0.073	0.330	0.338	0.0704
25	0.376	0.242	-0.061	0.443	0.447	0.0833
30	0.447	0.323	-0.056	0.548	0.551	0.0952
35	0.509	0.412	-0.046	0.653	0.655	0.1068
40	0.538	0.511	-0.046	0.741	0.742	0.1173
45	0.567	0.602	-0.025	0.827	0.827	0.1253
50	0.567	0.681	-0.004	0.886	0.886	0.1307
55	0.538	0.741	0.016	0.916	0.916	0.1264
60	0.475	0.788	0.018	0.920	0.920	0.1186
65	0.396	0.778	0.030	0.873	0.873	0.1001
70	0.312	0.759	0.034	0.820	0.820	0.1019
75	0.223	0.817	0.004	0.847	0.847	0.0628
80	0.134	0.827	-0.011	0.838	0.838	0.0585
85	0.043	0.830	-0.029	0.831	0.831	0.0299
90	-0.042	0.834	-0.042	0.834	0.835	0.0124
95	-0.125	0.817	-0.053	0.825	0.826	0.0052
100	-0.202	0.817	-0.057	0.839	0.841	-0.0177
105	-0.263	0.792	-0.049	0.833	0.835	-0.0327
110	-0.321	0.760	-0.041	0.824	0.825	-0.0513
115	-0.414	0.761	-0.054	0.865	0.867	-0.0740
120	-0.500	0.755	-0.056	0.904	0.906	-0.0940
125	-0.543	0.702	-0.042	0.886	0.887	-0.1008
130	-0.562	0.624	-0.029	0.839	0.840	-0.0995
135	-0.545	0.539	-0.004	0.766	0.766	-0.0961
140	-0.537	0.471	0.015	0.714	0.715	-0.0892
145	-0.485	0.375	0.029	0.612	0.613	-0.0824
150	-0.417	0.289	0.042	0.506	0.507	-0.0721
155	-0.353	0.220	0.050	0.413	0.416	-0.0664
160	-0.276	0.157	0.053	0.313	0.318	-0.0530
165	-0.195	0.113	0.058	0.218	0.225	-0.0385
170	-0.213	0.081	0.042	0.224	0.228	-0.0241
175	-0.053	0.063	0.058	0.058	0.082	-0.0122
180	0.000	0.056	0.056	0.000	0.056	0.

Tab. 5

Tab. 5.1: Tragflächenboot Supramar PT50
Schwimmzustand (CWL)

$$A_L = 0.226 \text{ m}^2, \quad A_L/A_X = 3.72, \quad 2A_L/L_{OA}^2 = 0.232,$$

$$q/q_m = 1.035, \quad R_n = 1.21 \cdot 10^6$$

ϵ	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{FT}	c_N
	0.000	0.116	-0.116	0.000	0.116	0.
1	0.081	0.134	-0.118	0.103	0.157	0.0376
2	0.189	0.189	-0.113	0.242	0.267	0.0652
3	0.331	0.340	-0.129	0.457	0.475	0.0840
4	0.501	0.551	-0.100	0.738	0.744	0.0995
45	0.531	0.637	-0.075	0.826	0.829	0.1108
5	0.544	0.713	-0.042	0.897	0.897	0.1124
6	0.483	0.828	0.004	0.958	0.958	0.0990
7	0.259	0.828	-0.040	0.866	0.867	0.0705
8	0.125	0.841	-0.023	0.850	0.850	0.0398
9	0.000	0.865	-0.000	0.865	0.865	0.0032
10	-0.193	0.832	-0.046	0.853	0.854	-0.0361
11	-0.316	0.775	-0.032	0.836	0.837	-0.0625
12	-0.411	0.692	-0.010	0.804	0.804	-0.0773
13	-0.479	0.621	0.033	0.784	0.784	-0.1015
135	-0.461	0.560	0.070	0.722	0.725	-0.0995
14	-0.443	0.490	0.090	0.654	0.661	-0.0952
15	-0.360	0.369	0.139	0.496	0.515	-0.0829
16	-0.237	0.244	0.148	0.306	0.340	-0.0541
17	-0.11	0.167	0.146	0.137	0.200	-0.0274
18	0.000	0.130	0.130	0.000	0.130	0.

Tab. 5.2: Tragflächenboot Supramar PT50
Schwimmzustand (CWL)

$$A_L = 0.226 \text{ m}^2, \quad A_L/A_X = 3.72, \quad 2A_L/L_{OA}^2 = 0.232,$$

$$q/q_m = 1.035, \quad R_n = 1.70 \cdot 10^6$$

ϵ	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{FT}	c_N
0	0.000	0.102	-0.102	0.000	0.102	0.
5	0.037	0.109	-0.105	0.047	0.115	0.0179
1	0.087	0.115	-0.098	0.105	0.144	0.0381
15	0.133	0.138	-0.099	0.164	0.192	0.0518
2	0.200	0.181	-0.102	0.250	0.270	0.0681
25	0.259	0.235	-0.103	0.334	0.350	0.0750
3	0.331	0.312	-0.104	0.443	0.455	0.0802
35	0.396	0.405	-0.105	0.557	0.567	0.0897
4	0.476	0.494	-0.072	0.682	0.686	0.0956
45	0.538	0.619	-0.057	0.818	0.820	0.1130
50	0.555	0.703	-0.026	0.895	0.896	0.1147
55	0.527	0.780	-0.016	0.942	0.942	0.1075
6	0.462	0.811	-0.005	0.934	0.934	0.1018
65	0.386	0.819	0.004	0.905	0.905	0.0811
70	0.274	0.813	-0.020	0.858	0.858	0.0734
75	0.188	0.798	-0.025	0.819	0.820	0.0579
80	0.131	0.812	-0.012	0.823	0.823	0.0396
85	0.074	0.824	0.001	0.828	0.828	0.0332
90	-0.002	0.813	-0.002	0.813	0.813	0.0035
95	-0.123	0.811	-0.052	0.819	0.820	-0.0202
100	-0.187	0.775	-0.049	0.796	0.797	-0.0341
105	-0.250	0.739	-0.051	0.778	0.780	-0.0574
110	-0.306	0.724	-0.040	0.786	0.787	-0.0617
115	-0.338	0.687	-0.016	0.766	0.766	-0.0750
12	-0.394	0.659	-0.012	0.767	0.767	-0.0953
125	-0.442	0.644	0.007	0.782	0.782	-0.1019
130	-0.469	0.606	0.030	0.765	0.766	-0.1110
135	-0.468	0.546	0.055	0.716	0.719	-0.1025
140	-0.432	0.462	0.076	0.628	0.633	-0.0960
145	-0.397	0.415	0.112	0.563	0.575	-0.0909
150	-0.362	0.353	0.125	0.490	0.506	-0.0795
155	-0.305	0.286	0.131	0.398	0.419	-0.0651
160	-0.235	0.220	0.126	0.296	0.322	-0.0495
165	-0.170	0.183	0.133	0.212	0.250	-0.0409
170	-0.102	0.145	0.125	0.126	0.177	-0.0275
175	-0.065	0.121	0.115	0.075	0.137	-0.0134
180	0.000	0.117	0.117	0.000	0.117	0.

Tab. 5.3: Tragflächenboot Supramar PT50
Schwimmzustand (CWL)

$$A_L = 0.226 \text{ m}^2, \quad A_L/A_X = 3.72, \quad 2A_L/L_{OA}^2 = 0.232,$$

$$q/q_m = 1.035, \quad R_n = 2.40 \cdot 10^6$$

ϵ	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{FT}	c_N
0	0.000	0.100	-0.100	0.000	0.100	0.
10	0.086	0.115	-0.099	0.104	0.144	0.0345
20	0.204	0.178	-0.098	0.253	0.271	0.0660
30	0.329	0.314	-0.108	0.442	0.455	0.0835
40	0.458	0.501	-0.089	0.673	0.679	0.0977
45	0.514	0.593	-0.056	0.783	0.785	0.1120
50	0.546	0.731	-0.052	0.911	0.912	0.1244
60	0.473	0.808	0.005	0.937	0.937	0.0962
70	0.267	0.778	-0.015	0.822	0.822	0.0752
80	0.136	0.760	0.001	0.772	0.772	0.0378
90	-0.002	0.755	-0.002	0.755	0.755	0.0013
100	-0.188	0.722	-0.060	0.744	0.746	-0.0327
110	-0.304	0.704	-0.045	0.765	0.766	-0.0642
120	-0.394	0.657	-0.013	0.766	0.766	-0.0944
130	-0.461	0.583	0.021	0.743	0.743	-0.1082
135	-0.448	0.524	0.053	0.687	0.689	-0.1109
140	-0.429	0.470	0.084	0.631	0.637	-0.1004
150	-0.366	0.356	0.126	0.495	0.510	-0.0756
160	-0.24	0.235	0.139	0.306	0.336	-0.0524
170	-0.113	0.153	0.131	0.138	0.190	-0.0251
180	0.000	0.111	0.111	0.000	0.111	0.

Tab. 6

Tab. 6.1: Tragflächenboot Supramar PT50
auf Tragflächen

$$A_L = 0.292 \text{ m}^2, \quad A_L/A_X = 4.02,$$

$$q/q_m = 1.00, \quad R_n = 1.33 \cdot 10^6$$

ϵ	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{FT}	c_N
0	0.000	0.109	-0.109	0.000	0.109	0.
10	0.127	0.138	-0.114	0.149	0.188	0.0299
20	0.260	0.218	-0.116	0.319	0.339	0.0533
30	0.391	0.365	-0.120	0.521	0.535	0.0664
40	0.537	0.568	-0.090	0.776	0.782	0.0784
45	0.562	0.668	-0.075	0.870	0.873	0.0783
50	0.582	0.790	-0.062	0.979	0.981	0.0791
55	0.540	0.846	-0.043	1.003	1.004	0.0749
60	0.429	0.845	-0.050	0.946	0.948	0.0604
70	0.287	0.924	-0.047	0.966	0.967	0.0334
80	0.151	0.973	-0.020	0.985	0.985	0.0208
90	-0.034	0.949	-0.034	0.949	0.950	-0.0061
100	-0.170	0.862	-0.018	0.878	0.879	-0.0234
110	-0.314	0.784	-0.027	0.844	0.845	-0.0628
120	-0.390	0.698	0.011	0.799	0.799	-0.0824
125	-0.415	0.636	0.024	0.759	0.759	-0.0950
130	-0.454	0.610	0.045	0.759	0.760	-0.0967
135	-0.478	0.564	0.061	0.736	0.739	-0.1008
140	-0.470	0.519	0.089	0.700	0.706	-0.0966
145	-0.460	0.465	0.112	0.651	0.660	-0.0878
150	-0.435	0.380	0.112	0.567	0.578	-0.0761
160	-0.285	0.232	0.120	0.347	0.368	-0.0595
170	-0.13	0.148	0.123	0.154	0.197	-0.0364
180	0.000	0.109	0.109	0.000	0.109	0.

Tab. 6.2: Tragflächenboot Supramar PT50
auf Tragflächen

$$A_L = 0.292 \text{ m}^2, \quad A_L/A_X = 4.02,$$

$$q/q_m = 1.00, \quad R_n = 1.91 \cdot 10^6$$

ϵ	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{FT}	c_N
0	0.000	0.108	-0.108	0.000	0.108	0.
5	0.062	0.117	-0.111	0.072	0.132	0.0161
10	0.131	0.134	-0.110	0.152	0.188	0.0294
15	0.191	0.168	-0.113	0.228	0.255	0.0414
20	0.267	0.217	-0.113	0.325	0.344	0.0534
25	0.323	0.278	-0.115	0.411	0.427	0.0604
30	0.385	0.360	-0.119	0.514	0.527	0.0664
35	0.448	0.313	0.000	0.546	0.546	-0.0031
40	0.521	0.551	-0.087	0.753	0.758	0.0738
45	0.571	0.653	-0.058	0.866	0.867	0.0778
50	0.594	0.777	-0.045	0.978	0.978	0.0770
55	0.533	0.831	-0.040	0.987	0.988	0.0771
60	0.432	0.825	-0.039	0.931	0.932	0.0621
65	0.351	0.860	-0.045	0.928	0.929	0.0429
70	0.283	0.911	-0.046	0.953	0.954	0.0322
75	0.22	0.935	-0.030	0.960	0.961	0.0232
80	0.148	0.960	-0.021	0.971	0.971	0.0161
85	0.068	0.962	-0.016	0.965	0.965	0.0058
90	-0.041	0.942	-0.041	0.942	0.943	-0.0045
95	-0.101	0.890	-0.023	0.896	0.896	-0.0151
100	-0.167	0.853	-0.016	0.869	0.869	-0.0260
105	-0.230	0.817	-0.011	0.849	0.849	-0.0412
110	-0.316	0.770	-0.034	0.832	0.833	-0.0617
115	-0.349	0.736	-0.005	0.815	0.815	-0.0692
120	-0.393	0.688	0.004	0.792	0.792	-0.0816
125	-0.411	0.633	0.026	0.754	0.754	-0.0951
130	-0.454	0.596	0.036	0.748	0.749	-0.1019
135	-0.476	0.564	0.062	0.736	0.738	-0.1032
140	-0.488	0.515	0.081	0.705	0.710	-0.0955
145	-0.470	0.458	0.106	0.648	0.657	-0.0893
150	-0.430	0.377	0.107	0.569	0.579	-0.0759
155	-0.375	0.302	0.115	0.467	0.481	-0.0709
160	-0.293	0.233	0.118	0.355	0.374	-0.0604
165	-0.204	0.183	0.123	0.244	0.273	-0.0479
170	-0.136	0.144	0.118	0.159	0.198	-0.0331
175	-0.075	0.121	0.114	0.085	0.143	-0.0146
180	0.000	0.112	0.112	0.000	0.112	0.

Tab. 7

Tab. 7.1: Seeschlepper 2750 PS
Anströmung von Steuerbord

$$A_L = 0.089 \text{ m}^2, \quad A_L/A_X = 2.65, \quad 2A_L/L_{OA}^2 = 0.246,$$
$$q/q_m = 1.058, \quad R_n = 1.17 \cdot 10^6$$

ϵ	$-c_C$	c_D	c_X	$-c_Y$	c_{FT}	$-c_N$
0	0.049	0.248	-0.248	0.049	0.253	0.0086
10	0.141	0.286	-0.257	0.188	0.319	0.0546
20	0.212	0.376	-0.280	0.328	0.431	0.0993
30	0.335	0.485	-0.252	0.533	0.590	0.1421
40	0.384	0.633	-0.237	0.701	0.740	0.1754
45	0.389	0.691	-0.213	0.763	0.793	0.1681
50	0.373	0.733	-0.185	0.802	0.823	0.1626
60	0.338	0.782	-0.099	0.846	0.852	0.1512
70	0.273	0.843	-0.032	0.885	0.886	0.1340
80	0.192	0.890	0.035	0.909	0.910	0.1127
90	0.089	0.881	0.089	0.881	0.885	0.0927
100	-0.020	0.838	0.126	0.829	0.838	0.0744
110	-0.152	0.807	0.133	0.810	0.821	0.0661
120	-0.248	0.724	0.147	0.751	0.766	0.0394
130	-0.286	0.619	0.179	0.658	0.682	0.0165
140	-0.313	0.528	0.203	0.579	0.613	-0.0023
145	-0.322	0.474	0.204	0.535	0.573	0.0011
150	-0.322	0.438	0.218	0.498	0.544	0.0007
160	-0.208	0.349	0.257	0.315	0.406	-0.0161
170	-0.078	0.291	0.283	0.103	0.302	-0.0088
180	0.045	0.291	0.291	-0.045	0.294	0.0031

Tab. 7.2: Seeschlepper 2750 PS
Anströmung von Steuerbord

$$A_L = 0.089 \text{ m}^2, \quad A_L/A_X = 2.65, \quad 2A_L/L_{OA}^2 = 0.246,$$

$$q/q_m = 1.058, \quad R_n = 1.64 \cdot 10^6$$

ϵ	$-c_C$	c_D	c_X	$-c_Y$	c_{FT}	$-c_N$
0	0.045	0.246	-0.246	0.045	0.250	0.0086
5	0.088	0.256	-0.247	0.110	0.270	0.0315
10	0.146	0.285	-0.255	0.194	0.320	0.0596
15	0.183	0.319	-0.260	0.259	0.367	0.0798
20	0.222	0.355	-0.258	0.331	0.419	0.0931
25	0.277	0.418	-0.262	0.428	0.502	0.1215
30	0.336	0.473	-0.241	0.528	0.580	0.1390
35	0.357	0.535	-0.234	0.599	0.643	0.1476
40	0.370	0.617	-0.235	0.680	0.719	0.1753
45	0.396	0.669	-0.194	0.753	0.778	0.1788
50	0.377	0.719	-0.173	0.793	0.811	0.1714
55	0.368	0.742	-0.124	0.819	0.828	0.1726
60	0.323	0.763	-0.102	0.823	0.829	0.1639
65	0.289	0.791	-0.072	0.839	0.843	0.1573
70	0.260	0.844	-0.044	0.882	0.883	0.1489
75	0.234	0.863	0.002	0.894	0.894	0.1243
80	0.194	0.867	0.041	0.888	0.889	0.1283
85	0.142	0.848	0.067	0.857	0.860	0.1152
90	0.083	0.836	0.083	0.836	0.840	0.1002
95	0.037	0.825	0.109	0.818	0.826	0.0822
100	-0.031	0.827	0.113	0.820	0.828	0.0723
105	-0.099	0.796	0.110	0.794	0.802	0.0759
110	-0.153	0.790	0.126	0.795	0.805	0.0570
115	-0.181	0.733	0.146	0.741	0.755	0.0514
120	-0.243	0.700	0.140	0.727	0.740	0.0451
125	-0.274	0.655	0.151	0.694	0.710	0.0248
130	-0.283	0.611	0.176	0.650	0.674	0.0234
135	-0.314	0.569	0.180	0.624	0.650	0.0150
140	-0.316	0.509	0.186	0.569	0.599	0.0044
145	-0.323	0.467	0.197	0.533	0.568	0.0030
150	-0.319	0.416	0.201	0.484	0.524	0.0104
155	-0.283	0.360	0.207	0.408	0.458	0.0058
160	-0.209	0.334	0.243	0.311	0.394	-0.0034
165	-0.144	0.278	0.231	0.211	0.313	0.0079
170	-0.069	0.282	0.266	0.117	0.291	-0.0050
175	-0.014	0.288	0.288	0.011	0.288	0.0170
180	0.051	0.286	0.286	-0.051	0.290	0.0030

Tab. 7

Tab. 7.3: Seeschlepper 2750 PS

Anströmung von Steuerbord

$$A_L = 0.089 \text{ m}^2, \quad A_L/A_X = 2.65, \quad 2A_L/L_{OA}^2 = 0.246,$$

$$q/q_m = 1.058, \quad R_n = 1.79 \cdot 10^6$$

ϵ	$-c_C$	c_D	c_X	$-c_Y$	c_{FT}	$-c_N$
0	0.026	0.233	-0.233	0.026	0.236	0.0107
10	0.125	0.280	-0.254	0.172	0.307	0.0551
20	0.204	0.393	-0.300	0.326	0.443	0.1200
30	0.326	0.482	-0.255	0.524	0.582	0.1474
40	0.372	0.599	-0.220	0.670	0.705	0.1610
45	0.384	0.669	-0.202	0.744	0.771	0.1659
50	0.374	0.704	-0.166	0.780	0.797	0.1696
60	0.330	0.775	-0.102	0.836	0.842	0.1505
70	0.269	0.834	-0.033	0.876	0.877	0.1412
80	0.194	0.853	0.043	0.874	0.875	0.1215
90	0.088	0.836	0.088	0.836	0.841	0.0998
100	-0.034	0.802	0.106	0.796	0.803	0.0672
110	-0.170	0.755	0.099	0.768	0.774	0.0651
120	-0.249	0.677	0.123	0.711	0.721	0.0394
130	-0.296	0.604	0.161	0.653	0.672	0.0263
140	-0.327	0.527	0.194	0.589	0.620	0.0106
145	-0.337	0.469	0.191	0.545	0.578	0.0033
150	-0.333	0.415	0.193	0.496	0.533	0.0077
160	-0.236	0.331	0.230	0.335	0.406	-0.0039
170	-0.083	0.271	0.253	0.130	0.284	-0.0046
180	0.045	0.266	0.266	-0.045	0.270	0.0045

- -

Tab. 8

Tab. 8.1: Seeschlepper 2750 PS

Anströmung von Backbord

$$A_L = 0.089 \text{ m}^2, \quad A_L/A_X = 2.65, \quad 2A_L/L_{OA}^2 = 0.246,$$

$$q/q_m = 1.058, \quad R_n = 1.16 \cdot 10^6$$

ϵ	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{FT}	$-c_N$
0	-0.049	0.239	-0.239	-0.049	0.244	0.0193
10	0.058	0.268	-0.254	0.104	0.274	-0.0306
20	0.179	0.349	-0.267	0.287	0.392	-0.0831
30	0.288	0.456	-0.251	0.478	0.540	-0.1239
40	0.358	0.606	-0.234	0.663	0.703	-0.1513
45	0.371	0.668	-0.210	0.735	0.764	-0.1560
50	0.380	0.720	-0.172	0.796	0.814	-0.1585
60	0.324	0.785	-0.112	0.842	0.849	-0.1413
70	0.253	0.861	-0.057	0.895	0.897	-0.1183
80	0.201	0.908	0.041	0.929	0.930	-0.1208
90	0.103	0.910	0.103	0.910	0.916	-0.0990
100	-0.022	0.843	0.124	0.834	0.843	-0.0784
110	-0.156	0.816	0.132	0.820	0.831	-0.0583
120	-0.270	0.780	0.156	0.811	0.826	-0.0420
140	-0.362	0.568	0.202	0.642	0.673	-0.0060
145	-0.384	0.510	0.197	0.607	0.638	-0.0014
150	-0.384	0.460	0.207	0.563	0.600	0.0031
160	-0.302	0.373	0.248	0.411	0.480	0.0099
170	-0.156	0.313	0.281	0.208	0.350	0.0046
180	-0.045	0.291	0.291	0.045	0.294	-0.0031

Tab. 8.2: Seeschlepper 2750 PS
Anströmung von Backbord

$$A_L = 0.089 \text{ m}^2, \quad A_L/A_X = 2.65, \quad 2A_L/L_{OA}^2 = 0.246,$$

$$q/q_m = 1.058, \quad R_n = 1.63 \cdot 10^6$$

ϵ	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{FT}	$-c_N$
0	-0.045	0.246	-0.246	-0.045	0.250	0.0113
5	-0.022	0.241	-0.242	-0.001	0.242	-0.0026
10	0.060	0.254	-0.239	0.103	0.261	-0.0315
15	0.122	0.302	-0.260	0.196	0.325	-0.0528
20	0.186	0.332	-0.248	0.288	0.380	-0.0760
25	0.227	0.379	-0.247	0.366	0.442	-0.0884
30	0.278	0.441	-0.243	0.462	0.522	-0.1148
35	0.310	0.500	-0.232	0.540	0.588	-0.1274
40	0.354	0.592	-0.226	0.652	0.690	-0.1492
45	0.365	0.656	-0.205	0.722	0.751	-0.1588
50	0.372	0.709	-0.170	0.782	0.800	-0.1604
55	0.380	0.768	-0.129	0.847	0.857	-0.1679
60	0.327	0.791	-0.112	0.849	0.856	-0.1454
65	0.298	0.835	-0.082	0.883	0.887	-0.1369
70	0.270	0.870	-0.043	0.910	0.911	-0.1263
75	0.231	0.885	-0.006	0.915	0.915	-0.1245
80	0.192	0.905	0.032	0.925	0.925	-0.1148
85	0.151	0.893	0.072	0.903	0.906	-0.1157
90	0.101	0.878	0.101	0.878	0.884	-0.0986
95	0.056	0.845	0.129	0.837	0.847	-0.0804
100	-0.022	0.815	0.119	0.806	0.815	-0.0612
105	-0.089	0.785	0.117	0.781	0.790	-0.0659
110	-0.146	0.779	0.129	0.782	0.793	-0.0470
115	-0.192	0.773	0.153	0.782	0.797	-0.0479
120	-0.231	0.758	0.178	0.772	0.792	-0.0378
125	-0.298	0.711	0.163	0.753	0.771	-0.0353
130	-0.321	0.658	0.177	0.710	0.732	-0.0199
135	-0.332	0.596	0.186	0.656	0.682	-0.0073
140	-0.372	0.535	0.171	0.629	0.652	-0.0047
145	-0.398	0.494	0.176	0.609	0.634	0.0047
150	-0.398	0.445	0.186	0.567	0.597	0.0052
155	-0.370	0.393	0.200	0.502	0.540	0.0077
160	-0.305	0.358	0.232	0.409	0.470	0.0081
165	-0.234	0.327	0.256	0.310	0.402	0.0154
170	-0.170	0.304	0.270	0.220	0.348	0.0087
175	-0.112	0.287	0.276	0.136	0.308	0.0059
180	-0.051	0.282	0.282	0.051	0.286	0.0010

Tab. 8

Tab. 8.3: Seeschlepper 2750 PS
Anströmung von Backbord

$$A_L = 0.089 \text{ m}^2, \quad A_L/A_X = 2.65, \quad 2A_L/L_{OA}^2 = 0.246,$$
$$q/q_m = 1.058, \quad R_n = 1.76 \cdot 10^6$$

ϵ	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{FT}	$-c_N$
0	-0.026	0.233	-0.233	-0.026	0.234	0.0058
10	0.078	0.251	-0.233	0.121	0.262	-0.0349
20	0.193	0.331	-0.245	0.294	0.383	-0.0887
30	0.295	0.429	-0.224	0.470	0.521	-0.1294
40	0.373	0.587	-0.210	0.663	0.695	-0.1534
45	0.378	0.654	-0.195	0.730	0.755	-0.1591
50	0.391	0.706	-0.154	0.792	0.807	-0.1663
60	0.335	0.794	-0.106	0.855	0.861	-0.1540
70	0.271	0.858	-0.039	0.899	0.900	-0.1323
80	0.198	0.889	0.041	0.910	0.911	-0.1277
90	0.102	0.871	0.101	0.871	0.877	-0.1027
100	-0.004	0.819	0.138	0.807	0.819	-0.0691
110	-0.122	0.788	0.155	0.782	0.797	-0.0481
120	-0.226	0.740	0.174	0.754	0.774	-0.0219
130	-0.317	0.641	0.169	0.694	0.715	-0.0068
135	-0.335	0.587	0.178	0.652	0.676	-0.0013
140	-0.363	0.551	0.189	0.633	0.660	0.0008
150	-0.380	0.441	0.192	0.550	0.582	0.0085
160	-0.300	0.360	0.235	0.405	0.468	0.0078
170	-0.162	0.305	0.272	0.212	0.345	0.0108
180	-0.045	0.266	0.266	0.045	0.270	-0.0012

Tab. 9: Seeschlepper 2750 PS

Rumpf ohne Aufbauten

$$A_L = 0.049 \text{ m}^2, \quad A_L/A_X = 2.24, \quad 2A_L/L_{OA}^2 = 0.136,$$

$$q/q_m = 1.116, \quad R_n = 1.60 \cdot 10^6$$

ϵ	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{FT}	c_N
0	0.000	0.385	-0.385	0.000	0.385	0.
5	0.103	0.395	-0.384	0.137	0.408	0.0527
10	0.174	0.409	-0.373	0.243	0.445	0.0727
15	0.241	0.472	-0.393	0.355	0.530	0.1327
20	0.277	0.456	-0.333	0.417	0.533	0.1253
25	0.255	0.460	-0.309	0.426	0.526	0.1290
30	0.253	0.464	-0.275	0.451	0.528	0.1290
35	0.255	0.464	-0.234	0.475	0.529	0.1326
40	0.257	0.502	-0.219	0.520	0.564	0.1348
45	0.241	0.547	-0.216	0.557	0.598	0.1353
50	0.221	0.561	-0.191	0.572	0.603	0.1408
55	0.198	0.601	-0.182	0.607	0.633	0.1305
60	0.158	0.622	-0.174	0.617	0.641	0.1199
65	0.115	0.670	-0.179	0.656	0.680	0.1204
70	0.083	0.695	-0.160	0.681	0.700	0.0991
75	0.008	0.721	-0.179	0.698	0.721	0.0832
80	-0.036	0.737	-0.164	0.720	0.738	0.0654
85	-0.099	0.745	-0.164	0.734	0.752	0.0547
90	-0.162	0.717	-0.162	0.717	0.735	0.0400
95	-0.205	0.723	-0.141	0.738	0.751	0.0311
100	-0.245	0.697	-0.120	0.729	0.738	0.0146
105	-0.265	0.652	-0.088	0.699	0.704	0.0177
110	-0.290	0.624	-0.059	0.685	0.688	-0.0006
115	-0.294	0.565	-0.027	0.636	0.637	-0.0174
120	-0.288	0.527	0.014	0.600	0.600	-0.0088
125	-0.263	0.502	0.072	0.562	0.567	-0.0234
130	-0.249	0.474	0.114	0.523	0.535	-0.0273
135	-0.233	0.460	0.160	0.490	0.515	-0.0185
140	-0.247	0.458	0.192	0.483	0.520	-0.0203
145	-0.263	0.433	0.204	0.464	0.507	-0.0062
150	-0.235	0.417	0.244	0.412	0.479	0.0080
155	-0.231	0.423	0.286	0.388	0.482	0.0063
160	-0.205	0.421	0.326	0.336	0.468	0.0332
165	-0.180	0.417	0.355	0.282	0.453	0.0224
170	-0.134	0.425	0.395	0.206	0.445	0.0225
175	-0.047	0.405	0.399	0.082	0.407	0.0151
180	0.000	0.429	0.429	0.000	0.429	0.

Tab. 10.1: Hafenschlepper

$$A_L = 0.087 \text{ m}^2, \quad A_L/A_X = 2.47, \quad 2A_L/L_{OA}^2 = 0.242,$$

$$q/q_m = 1.058, \quad R_n = 1.17 \cdot 10^6$$

ϵ	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{FT}	c_N
0	0.000	0.237	-0.237	0.000	0.237	0.
10	0.130	0.287	-0.260	0.178	0.317	0.0516
20	0.296	0.378	-0.254	0.408	0.480	0.1133
30	0.433	0.508	-0.224	0.629	0.667	0.1652
40	0.467	0.663	-0.208	0.784	0.811	0.1790
45	0.465	0.720	-0.180	0.838	0.857	0.1857
50	0.449	0.756	-0.142	0.868	0.879	0.1739
60	0.374	0.779	-0.066	0.862	0.864	0.1620
70	0.310	0.854	-0.001	0.909	0.909	0.1406
80	0.232	0.861	0.079	0.888	0.892	0.1143
90	0.146	0.857	0.146	0.857	0.869	0.0981
100	0.002	0.868	0.153	0.854	0.868	0.0719
110	-0.123	0.822	0.166	0.815	0.832	0.0674
120	-0.239	0.738	0.162	0.759	0.776	0.0402
130	-0.278	0.617	0.184	0.652	0.677	0.0207
135	-0.289	0.570	0.198	0.607	0.639	0.0141
140	-0.294	0.517	0.207	0.558	0.595	0.0116
150	-0.289	0.428	0.226	0.465	0.517	0.0086
155	-0.241	0.385	0.247	0.382	0.454	0.0021
160	-0.187	0.335	0.251	0.290	0.383	-0.0066
170	-0.084	0.297	0.278	0.134	0.308	-0.0091
180	0.000	0.287	0.287	0.000	0.287	0.

Tab. 10.2: Hafenschlepper

$$A_L = 0.087 \text{ m}^2, \quad A_L/A_X = 2.47, \quad 2A_L/L_{OA}^2 = 0.242,$$

$$q/q_m = 1.058, \quad R_n = 1.64 \cdot 10^6$$

ϵ	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{FT}	c_N
0	0.000	0.232	-0.232	0.000	0.232	0.
5	0.060	0.248	-0.242	0.091	0.258	0.0249
10	0.145	0.281	-0.252	0.191	0.316	0.0525
15	0.210	0.322	-0.257	0.286	0.385	0.0833
20	0.301	0.376	-0.250	0.411	0.481	0.1112
25	0.378	0.436	-0.236	0.527	0.577	0.1392
30	0.433	0.500	-0.217	0.625	0.661	0.1499
35	0.451	0.588	-0.223	0.707	0.741	0.1640
40	0.462	0.654	-0.204	0.775	0.801	0.1890
45	0.467	0.699	-0.164	0.825	0.841	0.1915
50	0.456	0.743	-0.128	0.862	0.871	0.1839
55	0.410	0.755	-0.097	0.854	0.859	0.1749
60	0.385	0.787	-0.060	0.874	0.876	0.1631
65	0.341	0.820	-0.038	0.887	0.888	0.1523
70	0.304	0.826	0.003	0.880	0.880	0.1413
75	0.269	0.852	0.039	0.893	0.893	0.1304
80	0.243	0.850	0.091	0.879	0.884	0.1203
85	0.203	0.853	0.128	0.868	0.877	0.1072
90	0.154	0.850	0.154	0.850	0.864	0.1001
95	0.083	0.861	0.158	0.851	0.865	0.0820
100	0.002	0.863	0.152	0.850	0.863	0.0719
105	-0.049	0.832	0.168	0.816	0.833	0.0756
110	-0.126	0.793	0.152	0.788	0.803	0.0671
115	-0.173	0.754	0.162	0.757	0.774	0.0586
120	-0.223	0.722	0.168	0.737	0.756	0.0542
125	-0.248	0.663	0.177	0.685	0.708	0.0495
130	-0.261	0.591	0.180	0.621	0.646	0.0235
135	-0.280	0.546	0.188	0.584	0.613	0.0210
140	-0.288	0.498	0.196	0.541	0.575	0.0144
145	-0.295	0.456	0.204	0.503	0.543	0.0109
150	-0.279	0.404	0.211	0.444	0.491	0.0053
155	-0.244	0.367	0.229	0.376	0.440	0.0019
160	-0.178	0.327	0.246	0.279	0.372	-0.0036
165	-0.118	0.306	0.265	0.193	0.328	-0.0079
170	-0.080	0.289	0.271	0.129	0.300	-0.0070
175	-0.013	0.279	0.279	0.013	0.279	-0.0061
180	0.000	0.292	0.292	0.000	0.292	0.

Tab. 10

Tab. 10.3: Hafenschlepper

$$A_L = 0.087 \text{ m}^2, \quad A_L/A_X = 2.47, \quad 2A_L/L_{OA}^2 = 0.242,$$

$$q/q_m = 1.058, \quad R_n = 1.79 \cdot 10^6$$

ϵ	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{FT}	c_N
0	0.000	0.233	-0.233	0.000	0.233	0.
10	0.140	0.285	-0.257	0.188	0.318	0.0469
20	0.298	0.393	-0.267	0.414	0.493	0.0952
30	0.427	0.505	-0.224	0.622	0.661	0.1621
40	0.472	0.653	-0.197	0.781	0.806	0.1755
45	0.477	0.686	-0.148	0.822	0.836	0.1868
50	0.448	0.739	-0.131	0.854	0.864	0.1815
60	0.395	0.776	-0.046	0.870	0.871	0.1650
70	0.312	0.822	0.012	0.879	0.879	0.1352
80	0.245	0.845	0.086	0.875	0.878	0.1287
90	0.149	0.833	0.149	0.833	0.847	0.1016
100	0.004	0.847	0.151	0.833	0.847	0.0798
110	-0.125	0.770	0.146	0.766	0.780	0.0663
120	-0.196	0.708	0.184	0.712	0.735	0.0564
130	-0.265	0.602	0.184	0.631	0.658	0.0317
135	-0.283	0.554	0.192	0.592	0.622	0.0194
140	-0.283	0.494	0.196	0.534	0.569	0.0170
150	-0.285	0.420	0.221	0.456	0.507	0.0112
160	-0.173	0.327	0.248	0.274	0.369	-0.0100
170	-0.075	0.288	0.271	0.124	0.298	0.0005
180	0.000	0.294	0.294	0.000	0.294	0.

Tab. 11.1: Hecktrawler 940 BRT
Aufbau mittschiffs

$$A_L = 0.128 \text{ m}^2, \quad A_L/A_X = 4.11, \quad 2A_L/L_{OA}^2 = 0.158,$$

$$q/q_m = 1.060, \quad R_n = 1.70 \cdot 10^6$$

ϵ	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{FT}	c_N	c_K
0	0.000	0.174	-0.174	0.000	0.174	0.	
10	0.099	0.168	-0.148	0.126	0.195	0.0367	0.1217
20	0.233	0.259	-0.164	0.307	0.348	0.0602	0.2690
30	0.321	0.390	-0.177	0.473	0.505	0.0638	0.4250
40	0.381	0.532	-0.163	0.634	0.654	0.0593	0.6000
45	0.395	0.603	-0.147	0.705	0.721	0.0598	0.6470
50	0.385	0.658	-0.128	0.752	0.763	0.0621	0.6750
60	0.321	0.737	-0.091	0.799	0.804	0.0508	0.7640
70	0.241	0.769	-0.037	0.805	0.806	0.0392	0.8100
80	0.131	0.796	-0.009	0.806	0.806	0.0238	0.8040
90	-0.003	0.833	-0.003	0.833	0.833	-0.0087	0.7810
100	-0.171	0.850	-0.021	0.866	0.867	-0.0314	0.7770
110	-0.285	0.831	0.016	0.878	0.879	-0.0789	0.8060
120	-0.416	0.768	0.023	0.873	0.873	-0.1058	0.8010
130	-0.427	0.657	0.095	0.778	0.783	-0.1138	0.7910
135	-0.409	0.595	0.132	0.710	0.722	-0.1088	0.7850
140	-0.384	0.547	0.172	0.646	0.669	-0.1009	0.7400
150	-0.355	0.429	0.194	0.521	0.556	-0.0826	0.6750
160	-0.227	0.291	0.196	0.313	0.369	-0.0554	0.5270
170	-0.079	0.207	0.190	0.114	0.221	-0.0277	0.3430
180	0.000	0.180	0.000	0.180	0.0000		

Tab. 11.2: Hecktrawler 940 BRT
Aufbau mitttschiffs

$$A_L = 0.128 \text{ m}^2, \quad A_L/A_X = 4.11, \quad 2A_L/L_{OA}^2 = 0.158,$$

$$q/q_m = 1.060, \quad R_n = 2.40 \cdot 10^6$$

ϵ	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{FT}	c_N	c_K
0	0.000	0.171	-0.171	0.000	0.171	0.	—
5	0.049	0.167	-0.162	0.064	0.174	0.0212	—
10	0.102	0.163	-0.143	0.129	0.193	0.0376	0.1360
15	0.176	0.200	-0.148	0.222	0.267	0.0497	—
20	0.241	0.261	-0.163	0.315	0.355	0.0606	0.2480
25	0.284	0.325	-0.175	0.395	0.432	0.0643	—
30	0.322	0.382	-0.170	0.470	0.500	0.0701	0.3990
35	0.368	0.469	-0.173	0.570	0.596	0.0625	—
40	0.395	0.548	-0.166	0.655	0.676	0.0672	0.5040
45	0.410	0.608	-0.140	0.720	0.734	0.0640	0.5820
50	0.398	0.661	-0.120	0.762	0.772	0.0639	0.6310
55	0.369	0.700	-0.100	0.786	0.791	0.0563	—
60	0.322	0.726	-0.084	0.790	0.794	0.0480	0.7240
65	0.284	0.742	-0.056	0.793	0.795	0.0422	—
70	0.242	0.757	-0.031	0.794	0.795	0.0391	0.7830
75	0.190	0.778	-0.018	0.800	0.801	0.0287	—
80	0.133	0.789	-0.006	0.800	0.800	0.0233	0.7810
85	0.069	0.799	-0.001	0.802	0.802	0.0093	—
90	-0.008	0.826	-0.008	0.826	0.826	-0.0069	0.7740
95	-0.099	0.827	-0.027	0.833	0.833	-0.0183	—
100	-0.170	0.830	-0.023	0.846	0.847	-0.0342	0.7770
105	-0.234	0.831	-0.011	0.863	0.863	-0.0570	—
110	-0.287	0.823	0.012	0.872	0.872	-0.0762	0.7390
115	-0.358	0.790	0.010	0.867	0.867	-0.0960	—
120	-0.406	0.760	0.029	0.861	0.862	-0.1067	0.7380
125	-0.429	0.706	0.053	0.825	0.826	-0.1144	—
130	-0.428	0.659	0.096	0.780	0.786	-0.1170	0.7310
135	-0.402	0.595	0.136	0.705	0.718	-0.1097	0.7090
140	-0.387	0.547	0.170	0.648	0.670	-0.1014	0.6720
145	-0.371	0.493	0.191	0.586	0.617	-0.0927	—
150	-0.358	0.432	0.195	0.526	0.561	-0.0808	0.6190
155	-0.308	0.356	0.192	0.430	0.471	-0.0713	—
160	-0.231	0.302	0.205	0.320	0.380	-0.0644	0.4780
165	-0.160	0.241	0.192	0.217	0.290	-0.0461	—
170	-0.087	0.204	0.186	0.121	0.222	-0.0300	0.2520
175	-0.036	0.184	0.180	0.052	0.187	-0.0128	—
180	0.000	0.180	0.180	0.000	0.180	0.	—

Tab. 12.1: Hecktrawler 940 BRT

Aufbau vorn

$$A_L = 0.128 \text{ m}^2, \quad A_L/A_X = 4.01, \quad 2A_L/L_{OA}^2 = 0.160,$$

$$q/q_m = 1.060, \quad R_n = 1.72 \cdot 10^6$$

ϵ	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{FT}	c_N
0	0.000	0.157	-0.157	0.000	0.157	0.
10	0.114	0.160	-0.138	0.140	0.197	0.0436
20	0.244	0.243	-0.145	0.313	0.344	0.0748
30	0.345	0.370	-0.148	0.484	0.506	0.0911
40	0.405	0.512	-0.132	0.639	0.652	0.1074
45	0.400	0.591	-0.135	0.701	0.714	0.1098
50	0.385	0.651	-0.123	0.746	0.756	0.1129
60	0.336	0.742	-0.080	0.811	0.815	0.1009
70	0.235	0.811	-0.056	0.842	0.844	0.0861
80	0.121	0.834	-0.026	0.842	0.843	0.0546
90	-0.027	0.840	-0.028	0.840	0.840	0.0258
100	-0.163	0.826	-0.017	0.842	0.842	-0.0077
110	-0.304	0.838	0.001	0.892	0.892	-0.0509
120	-0.418	0.779	0.027	0.884	0.884	-0.0649
130	-0.435	0.669	0.097	0.792	0.798	-0.0657
135	-0.402	0.603	0.143	0.711	0.725	-0.0562
140	-0.399	0.544	0.160	0.655	0.674	-0.0485
150	-0.330	0.394	0.176	0.483	0.514	-0.0423
160	-0.202	0.263	0.178	0.279	0.331	-0.0343
170	-0.090	0.203	0.184	0.124	0.222	-0.0157
180	0.000	0.179	0.179	0.000	0.179	0.

Tab. 12.2: Hecktrawler 940 BRT
Aufbau vorn

$$A_L = 0.128 \text{ m}^2, \quad A_L/A_X = 4.01, \quad 2A_L/L_{OA}^2 = 0.160,$$

$$q/q_m = 1.060, \quad R_n = 2.42 \cdot 10^6$$

ϵ	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{FT}	c_N
0	0.000	0.153	-0.153	0.000	0.153	0.
5	0.050	0.159	-0.154	0.064	0.167	0.0246
10	0.119	0.156	-0.133	0.144	0.196	0.0462
15	0.174	0.186	-0.135	0.216	0.255	0.0618
20	0.250	0.240	-0.140	0.317	0.347	0.0748
25	0.308	0.302	-0.143	0.406	0.431	0.0847
30	0.351	0.368	-0.143	0.488	0.509	0.0956
35	0.380	0.438	-0.141	0.562	0.580	0.1060
40	0.410	0.509	-0.127	0.642	0.654	0.1115
45	0.409	0.587	-0.126	0.705	0.716	0.1138
50	0.394	0.644	-0.112	0.747	0.755	0.1129
55	0.370	0.696	-0.096	0.782	0.788	0.1110
60	0.341	0.730	-0.070	0.802	0.806	0.1008
65	0.300	0.766	-0.052	0.821	0.823	0.0961
70	0.240	0.806	-0.050	0.840	0.841	0.0869
75	0.179	0.838	-0.044	0.855	0.857	0.0741
80	0.122	0.853	-0.028	0.861	0.862	0.0624
85	0.046	0.845	-0.028	0.845	0.846	0.0412
90	-0.032	0.845	-0.032	0.845	0.845	0.0267
95	-0.108	0.836	-0.034	0.842	0.843	0.0136
100	-0.166	0.816	-0.022	0.832	0.832	-0.0069
105	-0.234	0.822	-0.013	0.854	0.854	-0.0375
110	-0.299	0.819	-0.001	0.872	0.872	-0.0502
115	-0.360	0.792	0.008	0.870	0.870	-0.0589
120	-0.409	0.765	0.028	0.867	0.868	-0.0677
125	-0.434	0.718	0.056	0.837	0.839	-0.0699
130	-0.428	0.654	0.092	0.777	0.782	-0.0662
135	-0.403	0.591	0.133	0.703	0.715	-0.0590
140	-0.408	0.544	0.155	0.662	0.680	-0.0499
145	-0.383	0.471	0.166	0.584	0.607	-0.0477
150	-0.334	0.396	0.175	0.487	0.518	-0.0450
155	-0.283	0.316	0.167	0.390	0.424	-0.0420
160	-0.210	0.261	0.174	0.287	0.335	-0.0361
165	-0.149	0.224	0.177	0.202	0.269	-0.0260
170	-0.089	0.196	0.178	0.122	0.215	-0.0153
175	-0.041	0.176	0.172	0.056	0.181	-0.0046
180	0.000	0.172	0.172	0.000	0.172	0.

Tab. 1

Tab. 1.1: Fährschiff 7000 BRT

$$A_L = 0.177 \text{ m}^2, \quad A_L/A_X = 5.76, \quad 2A_L/L_{OA}^2 = 0.203,$$

$$q/q_m = 1.044, \quad R_n = 1.78 \cdot 10^6$$

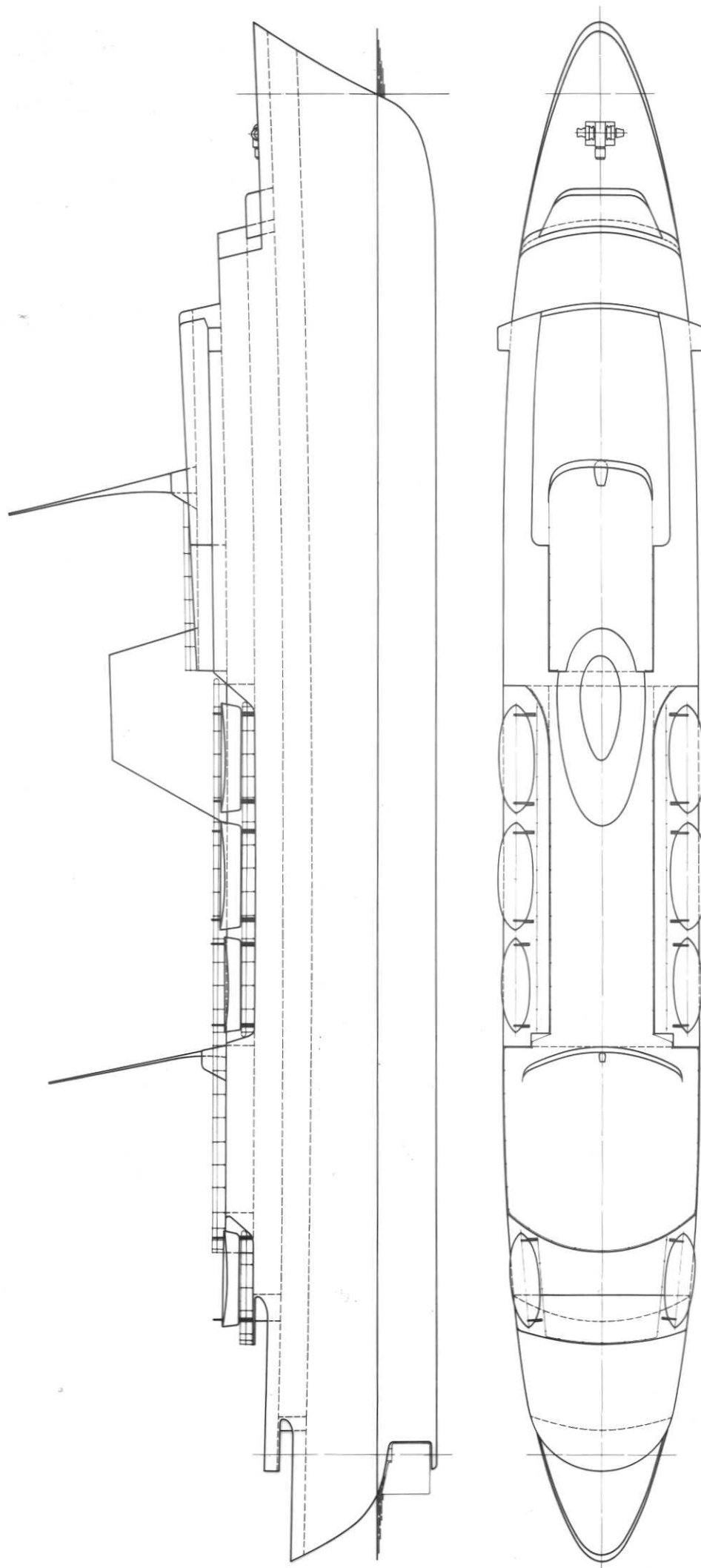
ϵ	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{FT}	c_N	c_K
0	0.000	0.049	-0.049	0.000	0.049	0.	0.1034
10	0.113	0.083	-0.062	0.126	0.140	0.0388	0.2790
20	0.273	0.160	-0.057	0.311	0.317	0.0745	0.4470
30	0.421	0.303	-0.052	0.516	0.519	0.1073	0.6190
40	0.539	0.490	-0.029	0.728	0.729	0.1399	0.7020
45	0.580	0.586	-0.005	0.825	0.825	0.1507	0.7230
50	0.576	0.665	0.014	0.880	0.880	0.1564	0.7190
60	0.457	0.755	0.018	0.883	0.883	0.1347	0.6930
70	0.303	0.772	0.021	0.829	0.830	0.0971	0.6740
80	0.158	0.813	0.014	0.828	0.828	0.0591	0.6410
90	0.004	0.815	0.004	0.815	0.815	0.0234	0.6370
100	-0.160	0.806	-0.018	0.821	0.822	-0.0085	0.6310
110	-0.292	0.771	-0.011	0.825	0.825	-0.0337	0.7280
120	-0.460	0.740	-0.028	0.871	0.871	-0.0709	0.6920
130	-0.545	0.641	-0.005	0.842	0.842	-0.0869	0.6460
135	-0.571	0.573	0.002	0.809	0.809	-0.0867	0.6460
140	-0.558	0.485	0.012	0.739	0.739	-0.0790	0.5710
150	-0.428	0.294	0.041	0.517	0.519	-0.0624	0.4460
160	-0.257	0.171	0.073	0.300	0.309	-0.0429	0.2350
170	-0.116	0.095	0.073	0.131	0.150	-0.0230	
180	0.000	0.067	0.067	0.000	0.067	0.	

Tab. 13: Hecktrawler 940 BRT
Rumpf ohne Aufbauten

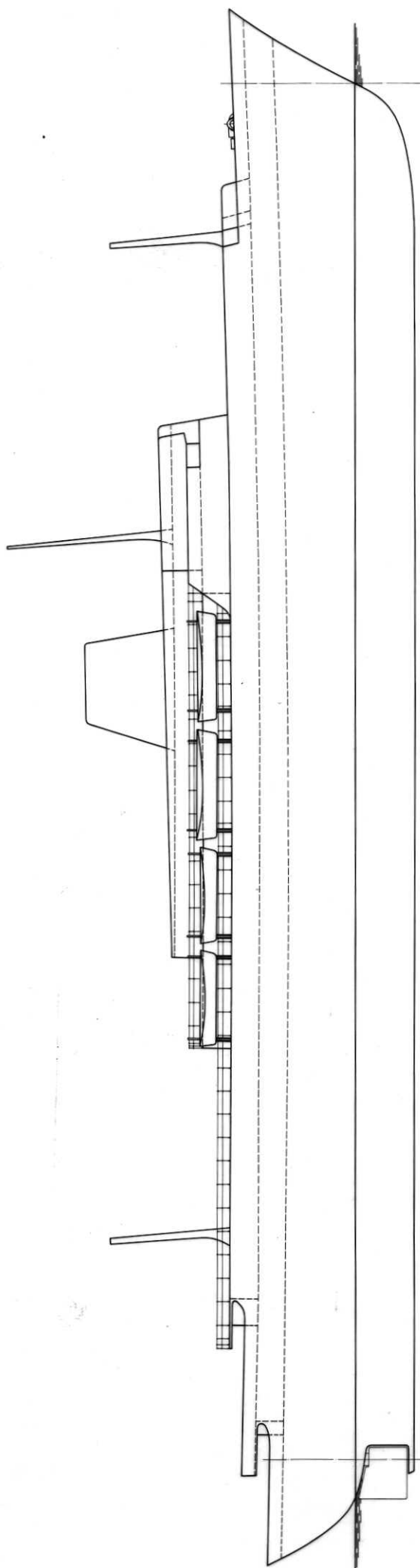
$$A_L = 0.099 \text{ m}^2, \quad A_L/A_X = 4.13, \quad 2A_L/L_{OA}^2 = 0.122,$$

$$q/q_m = 1.080, \quad R_n = 2.42 \cdot 10^6$$

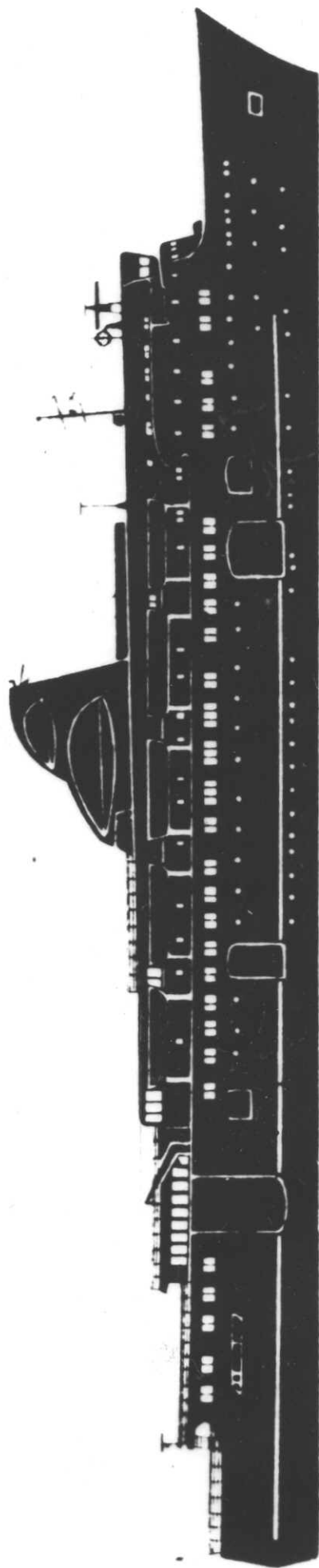
ϵ	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{FT}	c_N
0	0.000	0.158	-0.158	0.000	0.158	0.
5	0.054	0.155	-0.150	0.067	0.165	0.0183
10	0.110	0.162	-0.141	0.137	0.196	0.0343
15	0.168	0.183	-0.134	0.210	0.249	0.0469
20	0.218	0.221	-0.133	0.281	0.311	0.0578
30	0.307	0.331	-0.133	0.431	0.451	0.0675
40	0.337	0.463	-0.138	0.555	0.572	0.0625
45	0.341	0.531	-0.135	0.616	0.631	0.0570
50	0.325	0.584	-0.127	0.656	0.668	0.0533
60	0.236	0.649	-0.120	0.680	0.691	0.0496
70	0.160	0.696	-0.088	0.709	0.715	0.0387
80	0.042	0.737	-0.087	0.734	0.739	0.0265
90	-0.122	0.753	-0.122	0.753	0.763	0.0006
100	-0.252	0.776	-0.114	0.809	0.817	-0.0413
110	-0.355	0.759	-0.074	0.835	0.838	-0.0835
120	-0.394	0.663	-0.009	0.771	0.771	-0.1078
130	-0.396	0.577	0.068	0.696	0.700	-0.1096
135	-0.369	0.509	0.099	0.621	0.628	-0.0935
140	-0.336	0.457	0.134	0.551	0.567	-0.0773
150	-0.264	0.347	0.168	0.402	0.435	-0.0627
160	-0.154	0.236	0.169	0.226	0.282	-0.0445
170	-0.057	0.162	0.150	0.084	0.172	-0.0202
180	0.000	0.149	0.149	0.000	0.149	0.



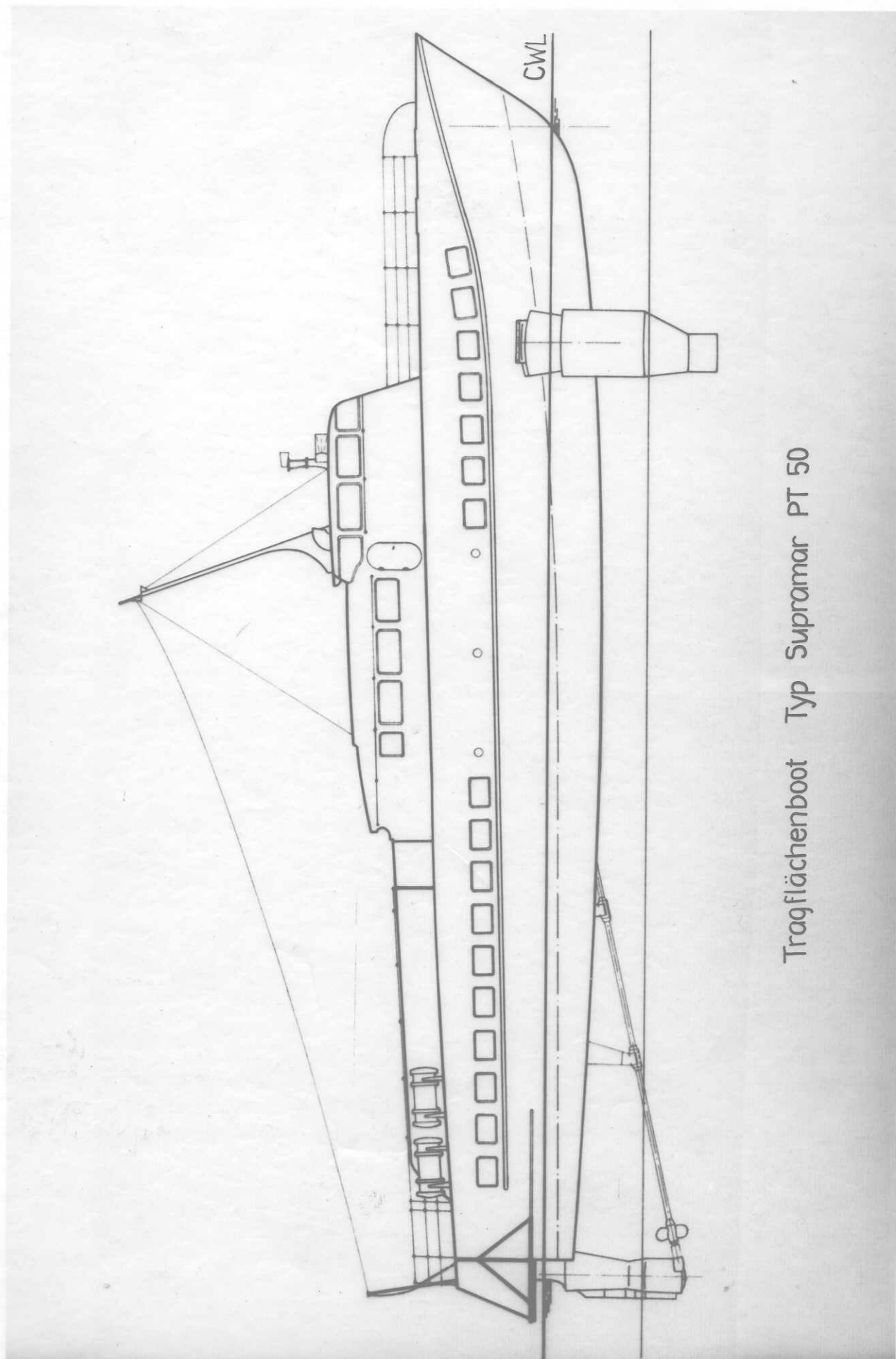
Fährschiff 7000 BRT (Modellzeichnung)



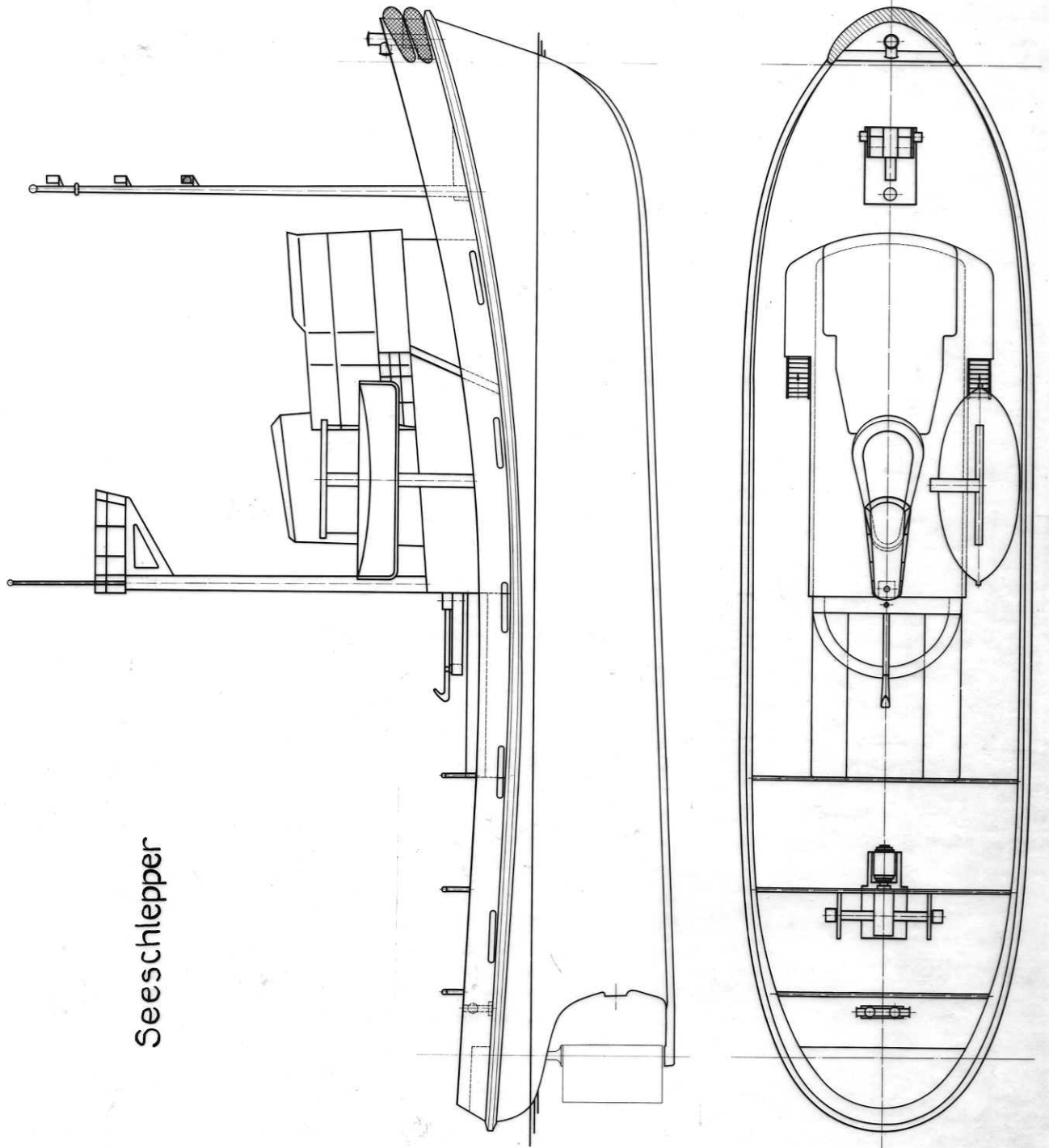
Fahrgastschiff



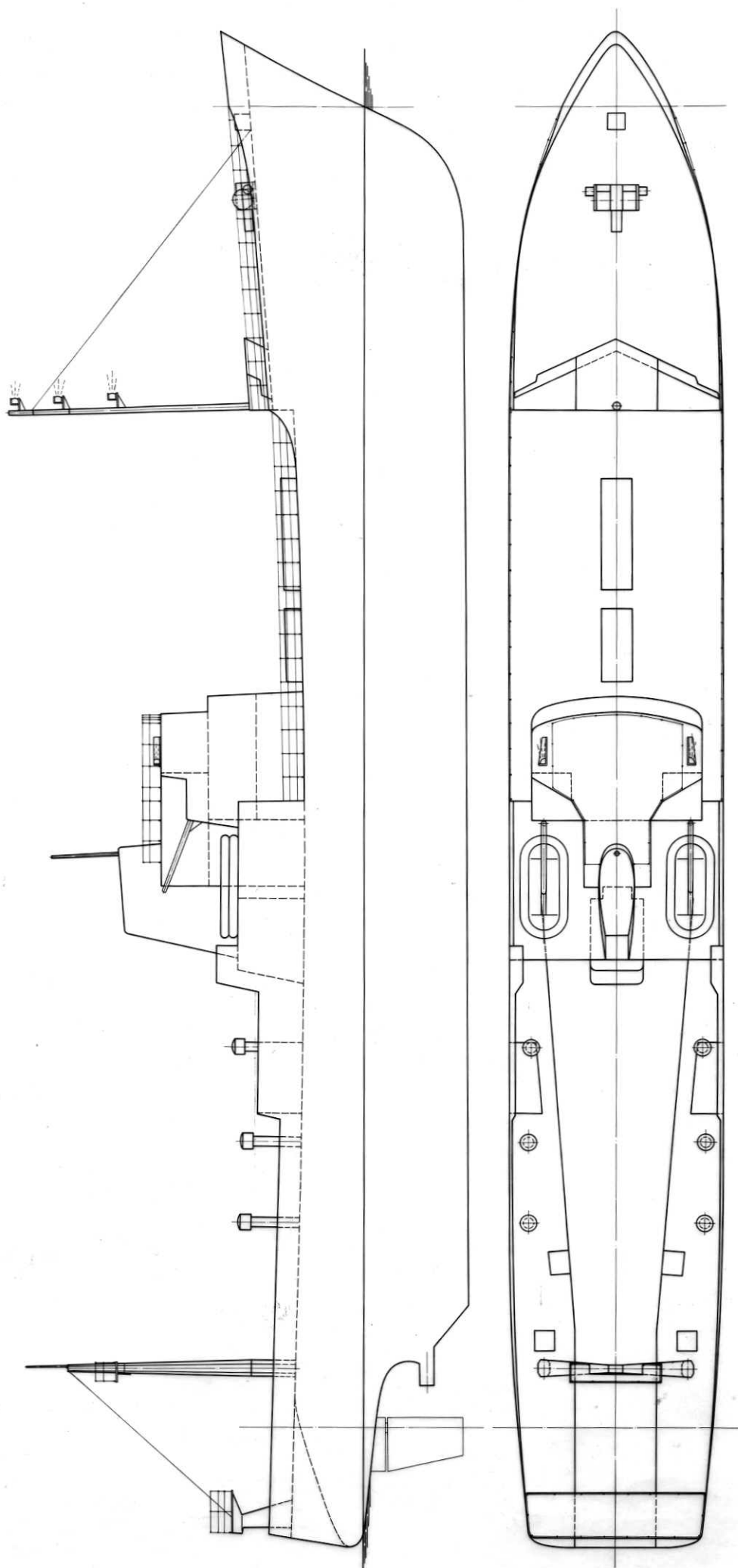
Fährschiff „Black Watch/Jupiter“



Tragflächenboot Typ Supramar PT 50



Seeschlepper



Hecktrawler 940 BRT

Fährschiff „Kronprins Harald“

$$\frac{2A_L}{L_{OA}^2} = 0.203$$

$$\frac{L_{OA}}{B} = 7.70$$

$$\frac{A_L}{A_X} = 5.76$$

$$R_n = 2.50 \cdot 10^6$$

c_C, c_D
 $-c_X, c_Y$
 $-c_K$

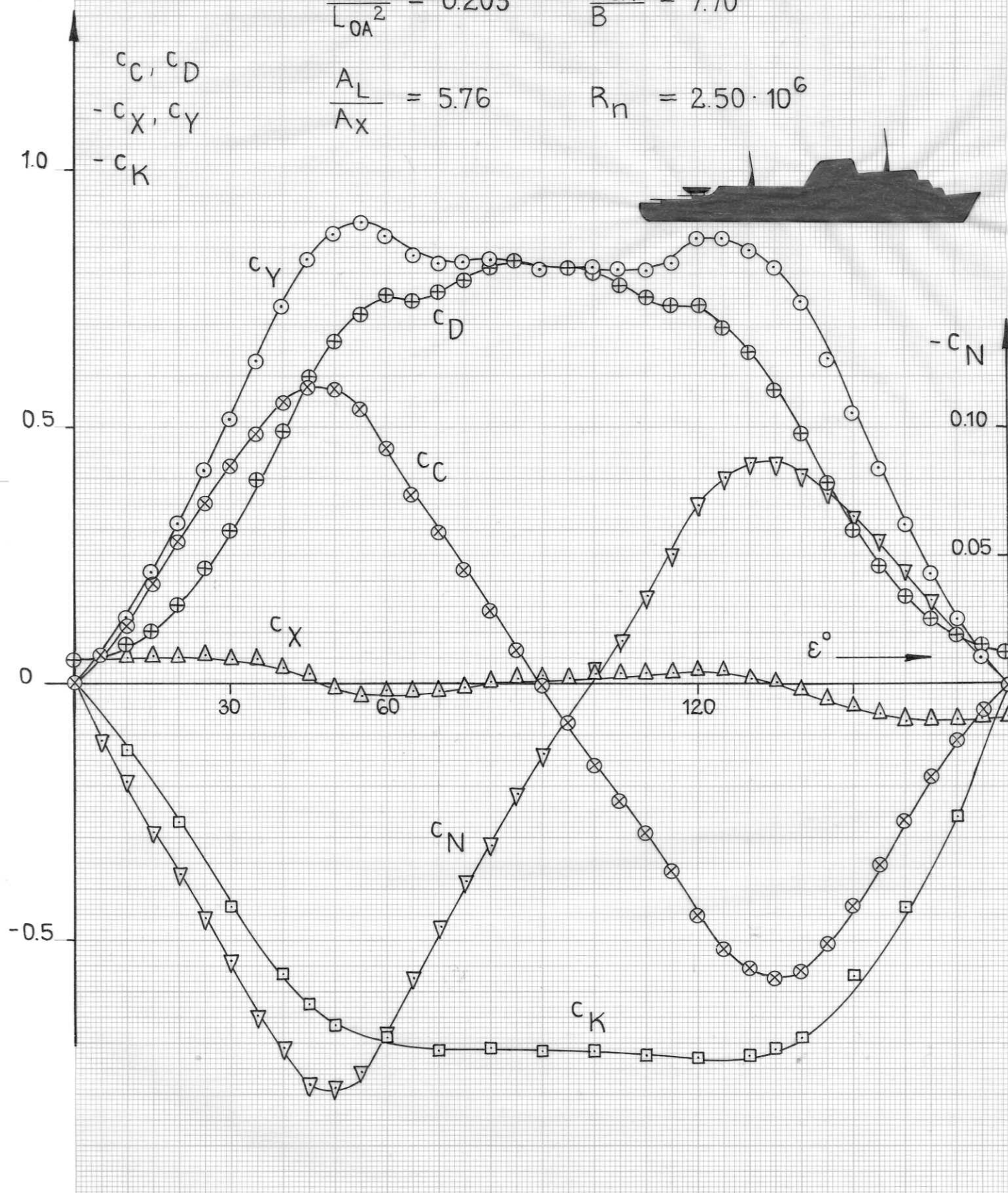
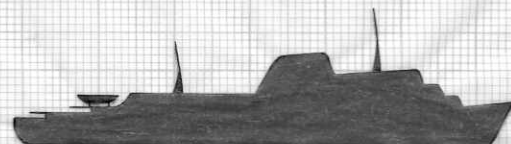


Abb. 8
(vergl. Tab. 3.2)

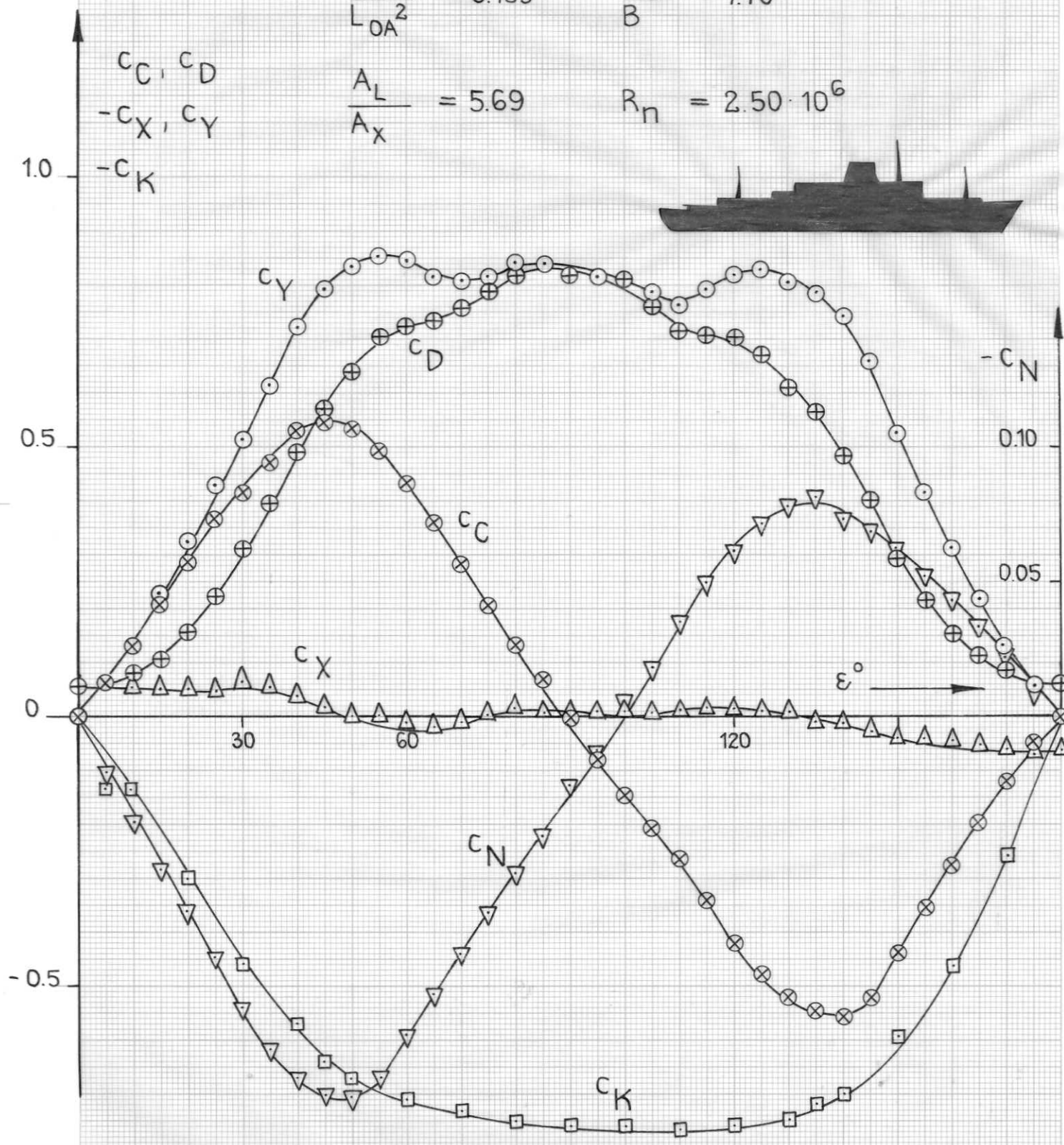
Fahrgastschiff

$$\frac{2 A_L}{L_{OA}^2} = 0.189$$

$$\frac{L_{OA}}{B} = 7.70$$

$$\frac{A_L}{A_X} = 5.69$$

$$R_n = 2.50 \cdot 10^6$$



Fährschiff „Black Watch“

$$\frac{2A_L}{L_{OA}^2} = 0.213$$

$$\frac{L_{OA}}{B} = 7.09$$

$$\frac{A_L}{A_X} = 5.46$$

$$R_n = 2.69 \cdot 10^6$$

c_C, c_D
 $-c_X, c_Y$

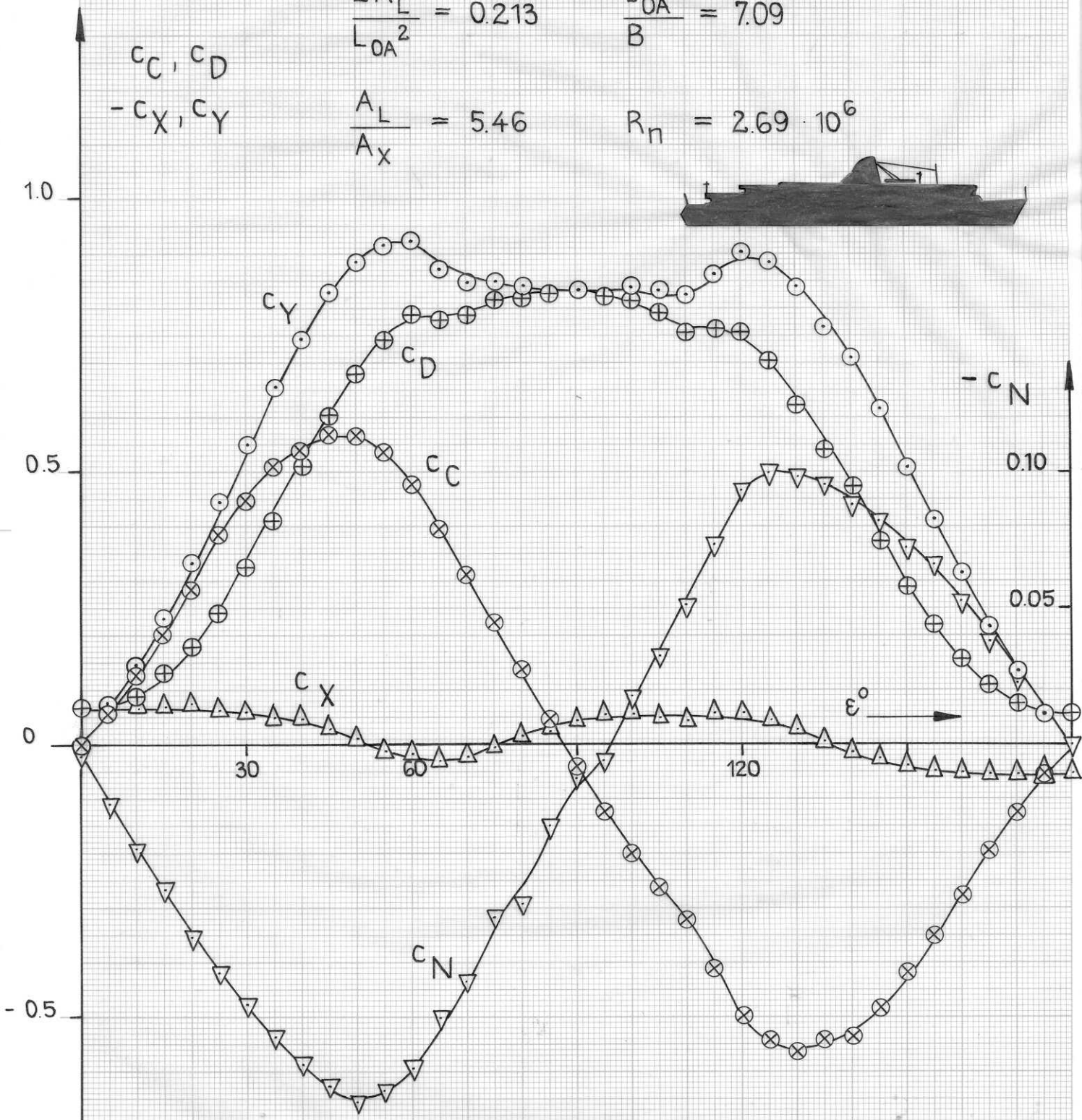


Abb.10
(vergl. Tab. 5.2 u. 5.3)

Tragflächenboot Supramar PT50, auf CWL

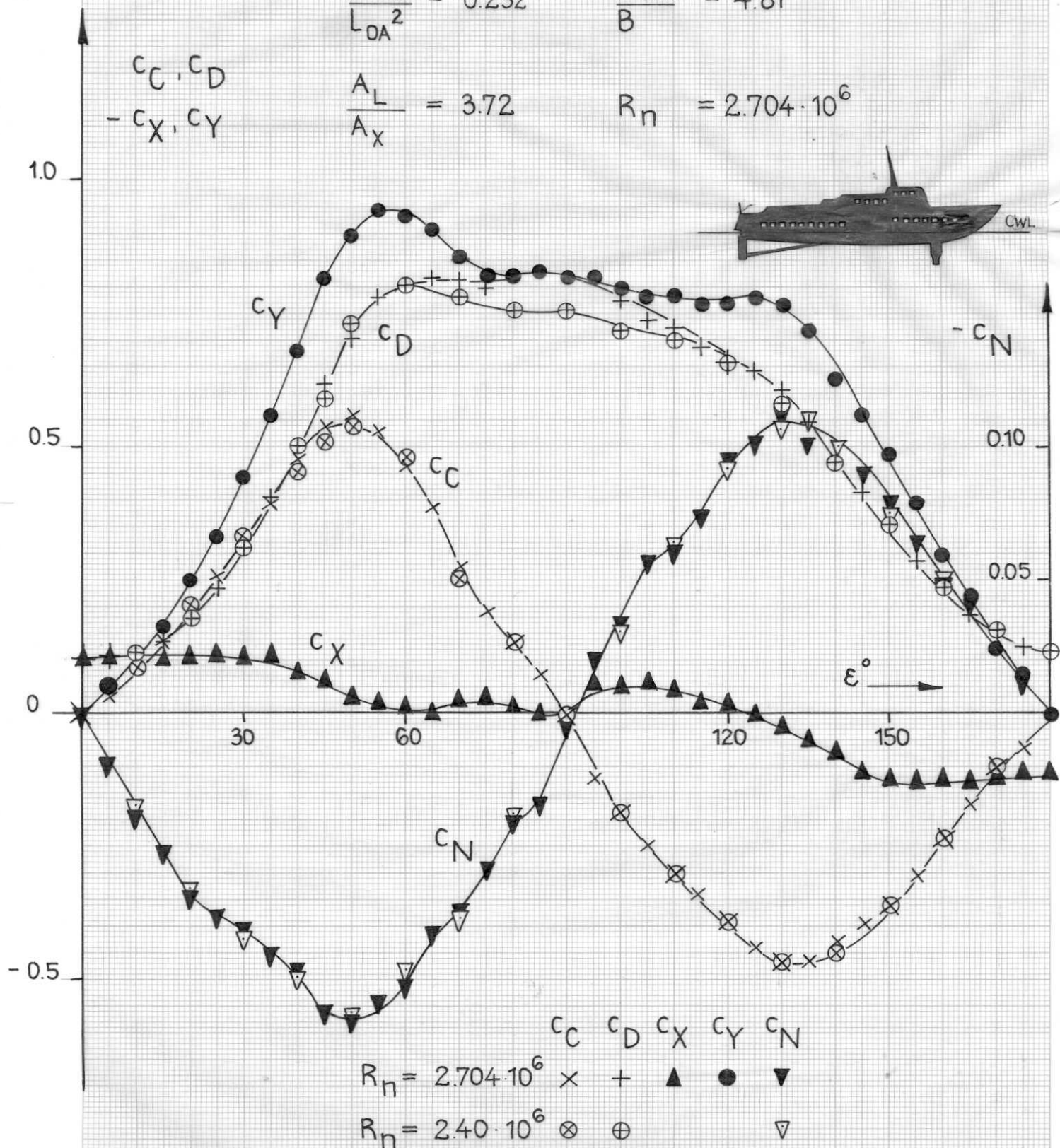
$$\frac{2A_L}{L_{DA}^2} = 0.232$$

$$\frac{L_{DA}}{B} = 4.81$$

$$\frac{A_L}{A_X} = 3.72$$

$$R_n = 2.704 \cdot 10^6$$

c_C, c_D
 $-c_X, c_Y$



Tragflächenboot Supramar PT 50, auf Tragfl.

$$\frac{L_{0A}}{B} = 4.81$$

$$\frac{A_L}{A_X} = 4.02$$

$$R_n = 1.91 \cdot 10^6$$

c_c, c_d
 $-c_x, c_y$

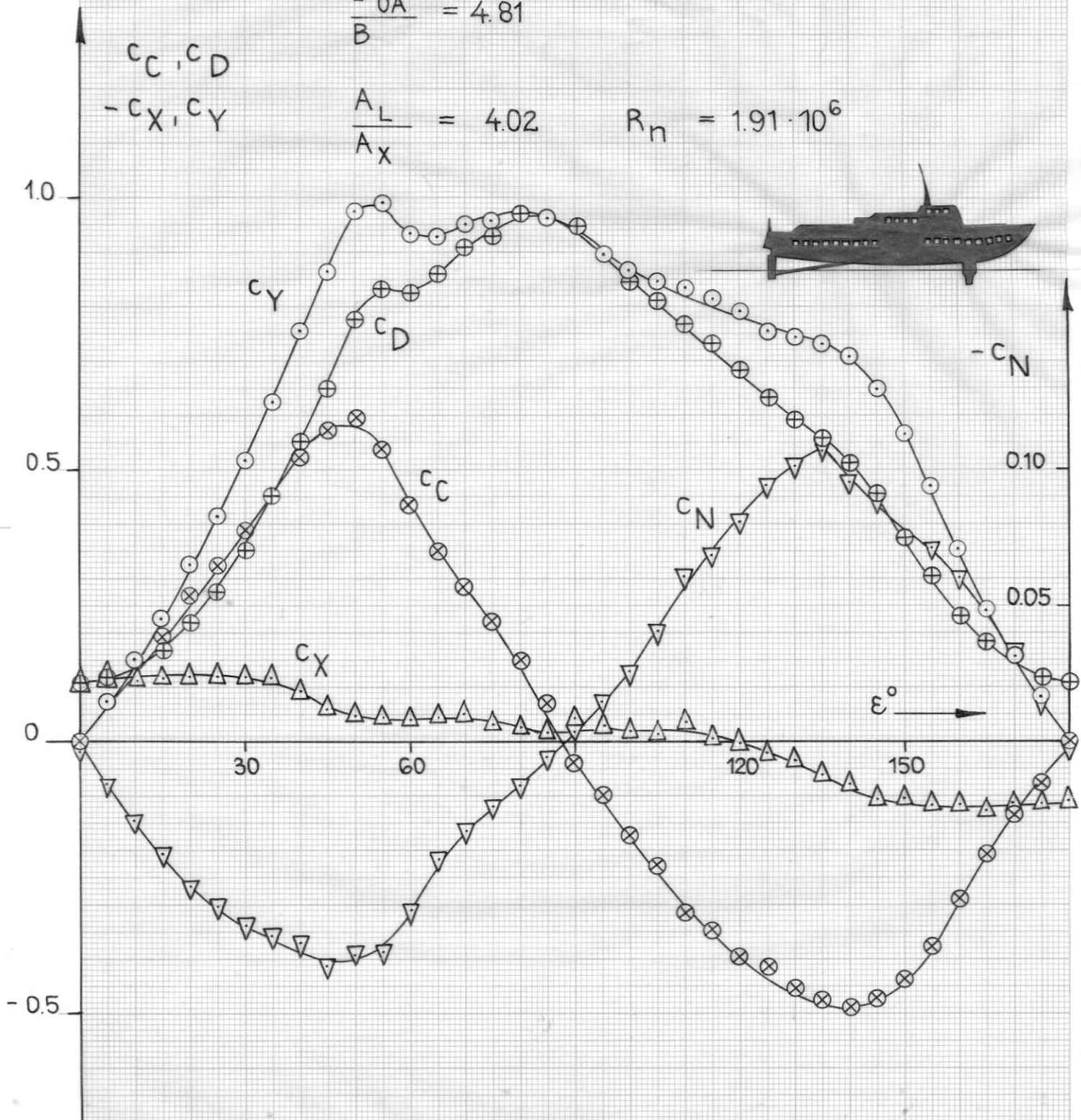


Abb.12
(vergl.Tab.7.2)

Seeschlepper, Stb. - Anströmung

$$\frac{2A_L}{L_{OA}^2} = 0.246$$

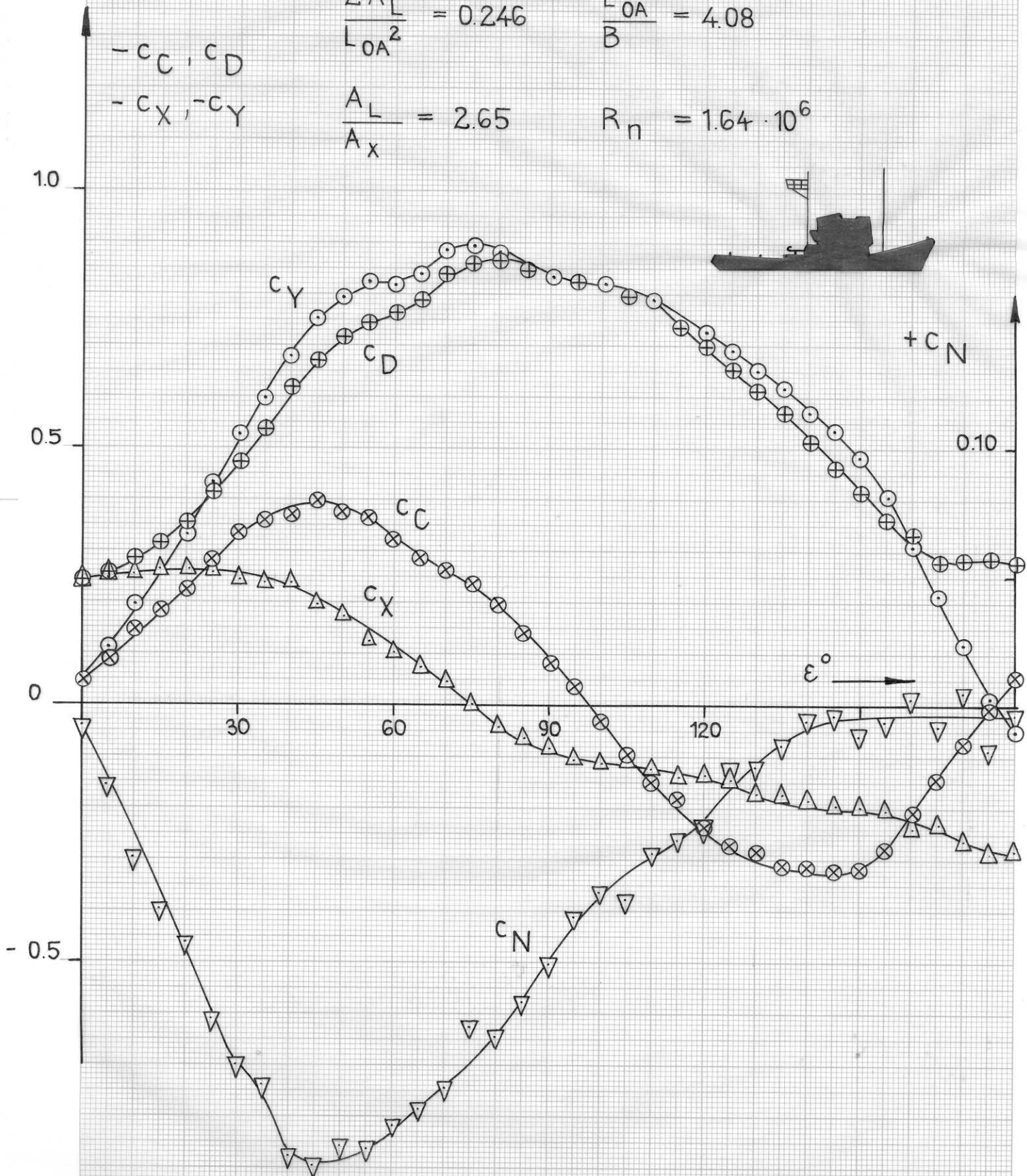
$$\frac{L_{OA}}{B} = 4.08$$

$$\frac{A_L}{A_x} = 2.65$$

$$R_n = 1.64 \cdot 10^6$$

$-c_C, c_D$

$-c_X, -c_Y$



Seeschlepper, Bb - Anströmung

$$\frac{2 A_L}{L_{OA}^2} = 0.246$$

$$\frac{L_{OA}}{B} = 4.08$$

$$\frac{A_L}{A_x} = 2.65$$

$$R_n = 1.63 \cdot 10^6$$

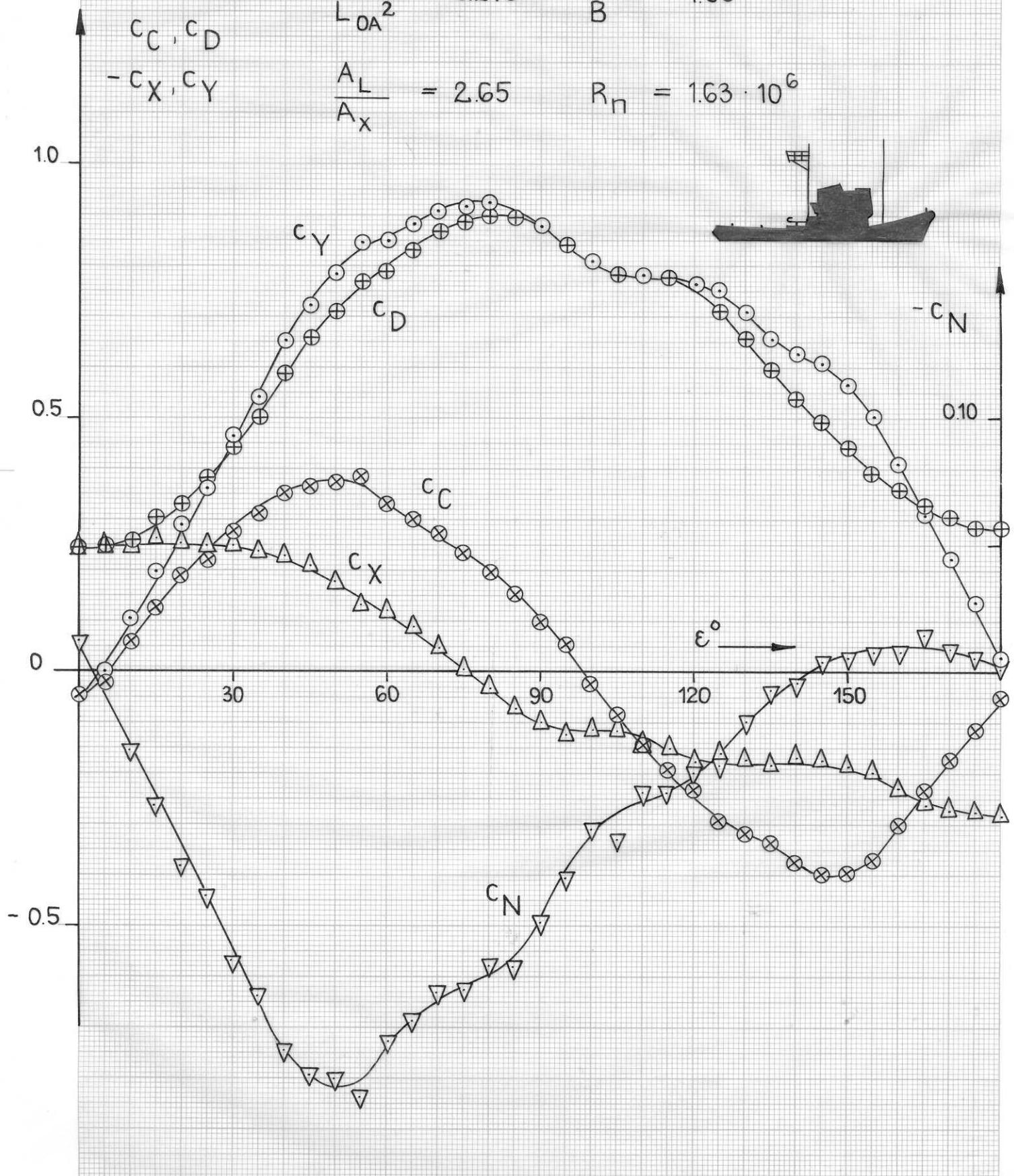


Abb.14
(vergl.Tab.10.2)

Hafenschlepper

$$\frac{2 A_L}{L_{OA}^2} = 0.242$$

$$\frac{L_{OA}}{B} = 4.08$$

$$\frac{A_L}{A_X} = 2.47$$

$$R_n = 1.64 \cdot 10^6$$

c_C, c_D
 $-c_X, c_Y$

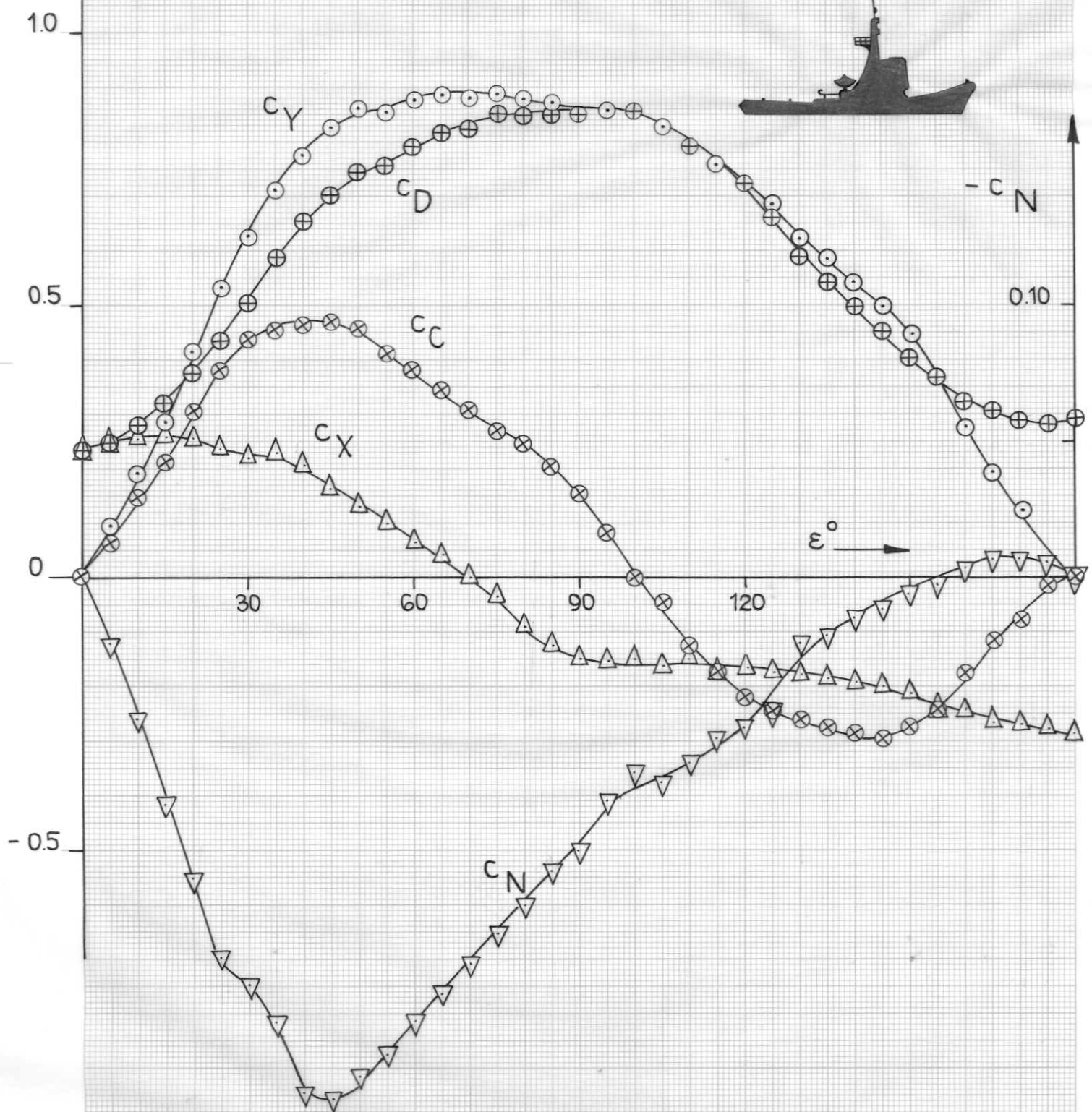


Abb.15
(vergl. Tab.11.2)

Hecktrawler, Aufbau mittschiffs

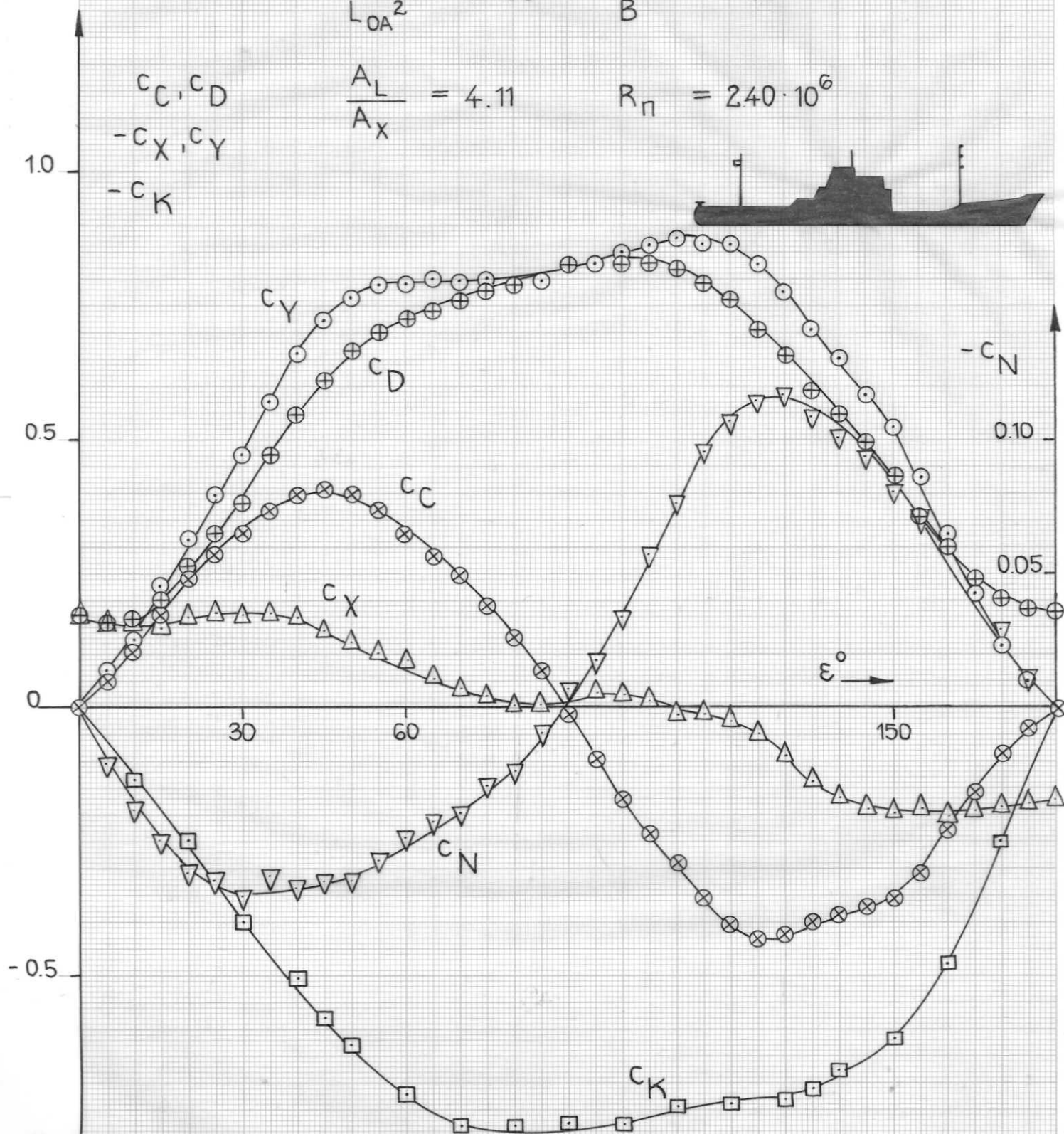
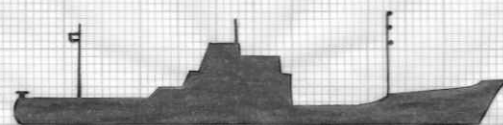
$$\frac{2 A_L}{L_{OA}^2} = 0.158$$

$$\frac{L_{OA}}{B} = 6.81$$

$$\frac{A_L}{A_X} = 4.11$$

$$R_n = 240 \cdot 10^6$$

c_C, c_D
 $-c_X, c_Y$
 $-c_K$



Hecktrawler, Aufbau vorn

$$\frac{2 A_L}{L_{OA}^2} = 0.160$$

$$\frac{L_{OA}}{B} = 6.81$$

$$\frac{A_L}{A_X} = 4.01$$

$$R_n = 2.42 \cdot 10^6$$

c_C, c_D
 $-c_X, c_Y$

