

IX. INTERNATIONALER SCHIFFFAHRTS-CONGRESS
DÜSSELDORF — 1902.

II. Abtheilung.

5. Mittheilung.

Neuere Versuche
über

Schiffswiderstand in freiem Wasser.

Bericht

von

Joh. Schütte,

Schiffbau-Ingenieur des Nordd. Lloyd, Bremerhaven.

BERLIN.

P. Stankiewicz' Buchdruckerei.

1902.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000316140

301-3-107/2018



III-307111

Neuere Versuche über Schiffswiderstand in freiem Wasser.

Bericht

von

Joh. Schütte,

Schiffbau-Ingenieur des Nordd. Lloyd, Bremerhaven.

„Freies Wasser“: Dies sind die vielumstrittenen Worte fast bei jeder Probefahrt eines Dampfers, bei der dem Auftraggeber der Beweis geliefert werden soll, dass die Werft nicht allein bezüglich der Tragfähigkeit, sondern auch hinsichtlich der Schiffsform und der Grösse der Maschinenanlage ihre Schuldigkeit gethan hat, d. h. dass das Schiff die kontraktlich vorgeschriebene Geschwindigkeit erreicht.

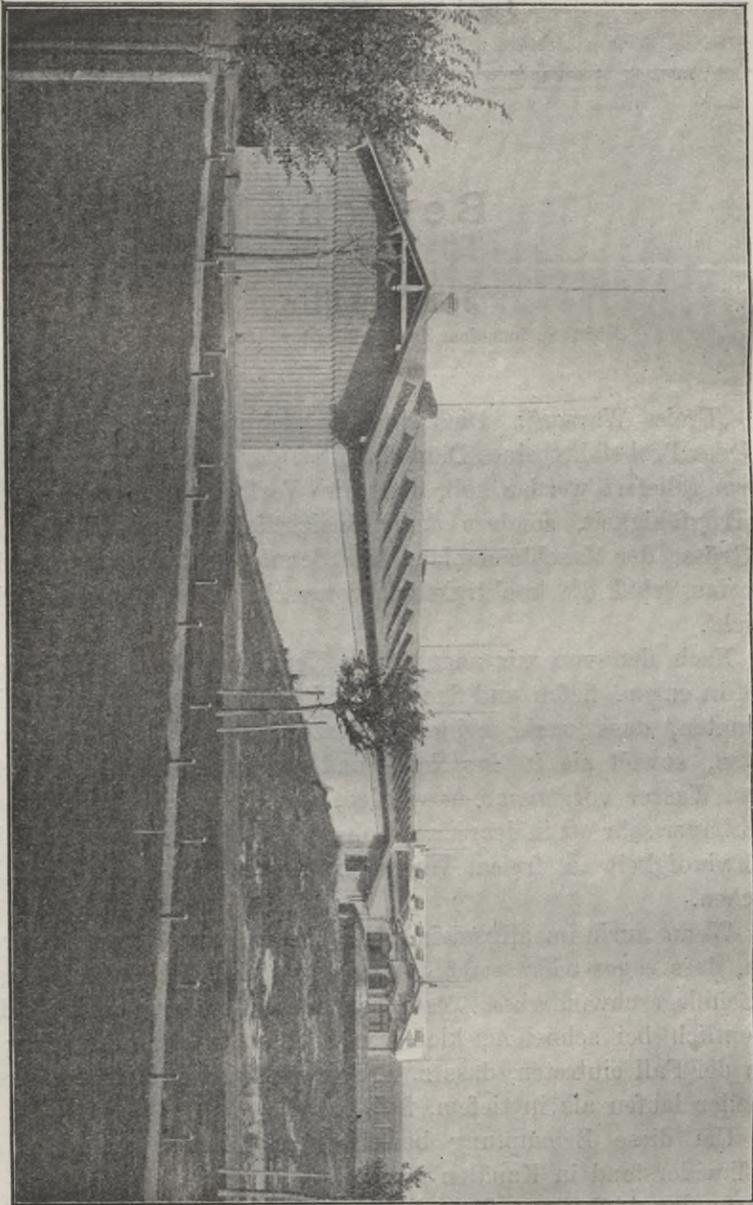
Nach den von mir angestellten Versuchen über Schiffswiderstand in engen, tiefen und flachen, breiten Kanälen, muss ich leider behaupten, dass nach meiner Ueberzeugung die meisten Probefahrten, soweit sie in der Nord- und Ostsee stattfinden, nicht in freiem Wasser vorgenommen werden, und dass sich sowohl Rheder als Erbauer sehr oft in dem Maasse der wirklich erreichbaren Schiffsgeschwindigkeit in freiem Wasser zu ihrem Vor- oder Nachtheil täuschen.

Wenn auch im allgemeinen mit Recht angenommen werden kann, dass enges oder seichtes, oder enges und seichtes Fahrwasser die Schiffsgeschwindigkeit wesentlich beeinträchtigen, so trifft dies, namentlich bei schnellen, kleineren Schiffen, nicht immer zu; es kann der Fall eintreten, dass z. B. Törpedoboote in seichtem Wasser schneller laufen als in tiefem, freiem.

Um diese Behauptung beweisen zu können, muss ich den Schiffswiderstand in Kanälen streifen.

In der Abtheilung für schiffbautechnische Versuche des Norddeutschen Lloyd zu Bremerhaven, deren Abbildungen sich in dieser Mittheilung befinden, habe ich durch Modellschleppversuche klarzustellen versucht, erstens, welche Kanalbreite bei tiefem Wasser und zweitens, welche Kanaltiefe bei genügender Kanalbreite den Schiffswiderstand nicht beeinflussen.

Bei diesen Versuchen bin ich zu überraschenden Ergebnissen gelangt, die vielleicht von allgemeinem Interesse sein dürften. Das



Versuchstation des Nord. Lloyd. Aussenansicht.

nachfolgende Bild zeigt, wie das Schleppbassin durch eingebaute Seitenwände verengert wurde.

Da der Kanalquerschnitt bei allen Versuchen stets so gross war, dass beim Eintritt des Modells in die Versuchstrecke am Ende

derselben keine Niveauschwankung eintrat, so darf angenommen werden, dass die Versuche in ruhigem Wasser stattgefunden haben. Da ferner erwiesenermaassen die Wellen- und Wirbelbildungen der Modelle mit denen ihrer Schiffe übereinstimmen, solange sich Modell und Schiff mit korrespondierenden Geschwindigkeiten bewegen, diese Bildungen aber den grössten Theil des Gesamtwiderstandes der Schiffe in Kanälen ausmachen, so glaube ich nicht zu viel zu behaupten, wenn ich sage, dass von diesen Modellversuchen auf die Wirklichkeit geschlossen werden kann.

Auf den Tafeln 1 und 2 sind die Ergebnisse der Untersuchungen graphisch dargestellt.

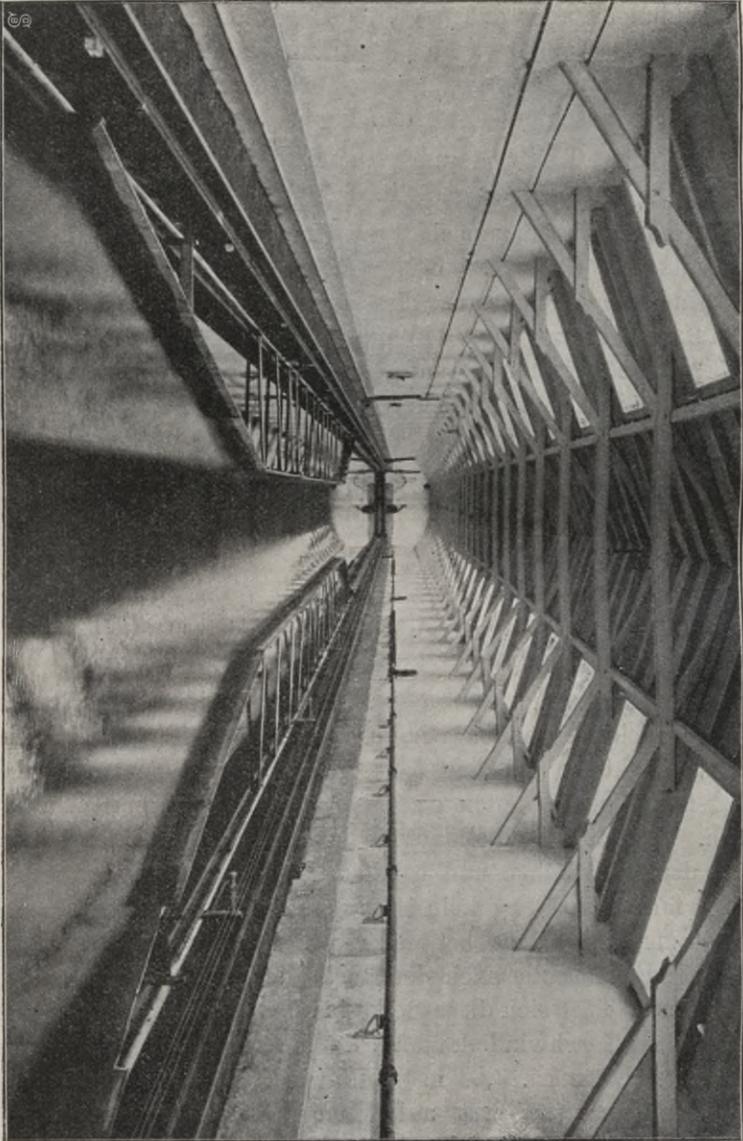
Betrachten wir zunächst die Kurve für das Modell des Torpedoboots auf Tafel 1. Bei 30 fachem Schiffstiefgang als Kanaltiefe sind der Reihe nach die durch Schleppversuche ermittelten Widerstands-Kurven für 1340 mm, 2295 mm, 3130 mm, 4025 mm und 6000 mm Kanalbreite aufgetragen. Bei ca. 2,8 m Geschwindigkeit fallen die vier ersten Kurven unter die fünfte, die, wie spätere Versuche gezeigt haben, den Widerstand in freiem Wasser darstellt.

Demzufolge wäre bei Schiffen, deren Längen das 9 bis 9,5fache ihrer Breite nicht überschreiten in tiefem Wasser für grössere Geschwindigkeiten eine Wasserbreite von mindestens 10—12facher Schiffsbreite erforderlich.

In noch höherem Grade wie die Kanalbreite beeinflusst die Kanaltiefe den Schiffswiderstand.

Die Widerstandskurven der Tafel 2 steigen schneller als die Tafel 1; auch hier finden wir, dass für gewisse Wassertiefen und Geschwindigkeiten bei dem Torpedobootsmodell die entsprechenden Widerstandskurven unter die des Widerstandes im freien Wasser sinken. Bei dem Schnelldampfermodell war bei einer Bassintiefe gleich dem 10,5fachen und bei dem Torpedobootsmodell erst gleich dem 16fachen Tiefgang kein Einfluss des Bassins mehr bemerkbar. Erwägt man nun, dass bei unseren neuen grossen Torpedobooten der Tiefgang einschliesslich der Hacke des Hinterstevens ca. 2,70 m beträgt, und dass sich diese Boote bei den höheren, hier in Betracht kommenden Geschwindigkeiten ca. 0,50 m einsaugen, sodass der Tiefgang achtern ca. 3,20 m gross wird, so dürften einwandfreie Probefahrtergebnisse erst auf einer Wassertiefe von 48—50 m erreichbar sein. Auch lehren die Kurven der Tafel 2, dass die neuesten Schnelldampfer des Nordd. Lloyd „Kaiser Wilhelm der Grosse“ und „Kronprinz Wilhelm“ Schiffe von 23—24 Knoten Geschwindigkeit ihre Probefahrten auf ca. 84 m Wassertiefe hätten machen müssen, wenn die auf ihren Fahrten über den Ozean erzielten Geschwindigkeiten hätte erreicht werden sollen.

Schlepp-Bassin mit eingehantem Kanal.



Torpedobootmodell 1 : 17,5.

Länge = 35,857 dem. — Breite 3,943 dem. — Tiefgang ohne Hacke = 1,057 dem.
Gewicht = 65,302 kg. — Benetzte Oberfl. 130,884 dem².

Widerstand bei einer Kanaltiefe = 5 × Tiefgang				Widerstand in tiefem Wasser.				
Geschwindigkeit in m pro Sek.	Gesamtwiderstand in gr.	Reibungswiderstand in gr.	a Wellenbildungs- Widerstand in gr.	Gesamtwiderstand in gr.	Reibungswiderstand in gr.	b Wellenbildungs- Widerstand in gr.	Differenz zwischen a und b in gr.	In Prozenten des Gesamtwiderstandes in freiem Wasser
1,2	445	333	112	440	333	107	5	1,1
1,4	620	441	179	600	441	159	20	3,3
1,6	885	563	322	792	563	229	93	11,7
1,8	1355	698	657	1040	698	342	315	30,2
2,0	2715	846	1869	1380	846	534	1335	96,8
2,2	3745	1007	2738	1858	1007	851	1887	101,5
2,4	3487	1180	2307	2458	1180	1278	1029	41,8
2,6	3180	1365	1815	3115	1365	1750	65	2,18
2,8	3338	1563	1775	3710	1563	2147	— 372	— 10,0
3,0	3670	1773	1897	4220	1773	2447	— 550	— 13,0
3,2	4095	1995	2100	4708	1995	2713	— 613	— 13,0
3,4	4550	2228	2322	5215	2228	2987	— 665	— 12,7
3,6	5030	2473	2557	5735	2473	3262	— 705	— 12,3
3,8	5555	2729	2826	6255	2729	3526	— 700	— 11,2

Die vorstehende Tabelle, welche die Widerstände des Torpedobootmodells bei 5-fachem Tiefgang als Bassintiefe mit denen des freien Wassers vergleicht, beweist meine anfangs ausgesprochene Behauptung in Zahlen. Obgleich der wellen- und wirbelbildende Widerstand bei 2,2 m Modellgeschwindigkeit gleich 18 Knoten Schiffsgeschwindigkeit im flachen Wasser um 101,5 % grösser ist, wird derselbe bei 3,0 bis 3,2 m gleich 24 bis 26 Knoten um 13 % kleiner als in tiefem Wasser; d. h. bei gleicher indizierter Leistung der Maschine kann der Fall eintreten, dass das Boot in flachem Wasser schneller läuft als in freiem, tiefen.

Der Grund hierfür ist in der Wellenbildung zu suchen. In flachem Wasser wirft das Schiff eine mächtige Heckwelle auf, die bis zu einer gewissen Geschwindigkeit höher und höher wird; gleichzeitig saugt sich das Schiff achtern tiefer und tiefer ein; der Widerstand wächst unverhältnissmässig schnell. Plötzlich aber tritt ein Wendepunkt ein, das Schiff taucht wieder aus und die Heckwelle verschwindet fast, nachdem sie einen Anlauf genommen hat, noch höher zu werden als zuvor. Ich möchte sagen, die Heckwelle bleibt hinter dem Boot zurück, nachdem sie sich überschlagen, da ihre Höhe nicht mehr mit ihrer Geschwindigkeit harmoniert.

Nachdem ich versucht habe den Ausdruck: „freies Wasser“

durch Versuche zu klären und hierbei die Schleppversuche in Kanälen streifte, mag man mir gütigst gestatten, noch einer anderen Frage Erwähnung zu thun, die sehr nahe liegt, nämlich der Frage, wie müssen mehrere Schiffe, die in freiem Wasser hintereinander geschleppt werden, mit einander vertaut sein, um einen möglichst kleinen Widerstand zu erzeugen. Die nachfolgende Tabelle giebt hierüber Aufschluss.

Abmessungen der Modelle von Schnelldampfern im Maasstab 1:45.

	Länge	Breite	Tiefgang
Modell 1	4,592 m	0,487 m	0,179 m
„ 2	4,300 „	0,446 „	0,177 „
„ 3	4,267 „	0,433 „	0,177 „

Ergebnisse der Schleppversuche.

Widerstände in kg.

Modell 1 — 2 — 3			Modelle 2 — 1 — 3	
Geschwindigkeit	Abstand 0,750 m	Abstand 0,075 m	Abstand 0,750 m	Abstand 0,075 m
v. = 1,1 m	1,670 kg	1,618 kg	1,760 kg	1,718 kg
1,2 „	2,028 „	1,970 „	2,127 „	2,072 „
1,3 „	2,415 „	2,368 „	2,525 „	2,456 „
1,4 „	2,850 „	2,803 „	2,967 „	2,886 „
1,5 „	3,335 „	3,292 „	3,455 „	3,367 „
1,6 „	3,885 „	3,827 „	3,995 „	3,900 „
1,7 „	4,506 „	4,427 „	4,595 „	4,490 „
1,8 „	5,207 „	5,110 „	5,266 „	5,181 „

Es wurden die Modelle von drei dem Typ nach ähnlichen Schiffen hintereinander gebunden und im Bassin in Abständen von 0,075 m und 0,750 m von einander geschleppt; bei jeder Serie war zuerst das breiteste Modell vorn und dann an zweiter Stelle.

Diese Versuche lehren, dass bei ähnlichen Schiffen das grösste, breiteste voran, und das kleinste an letzter Stelle fahren soll, und zwar so dicht wie nur irgend möglich hintereinander.

Die Theorien, welche sich mit dem Schiffswiderstand und der Errechnung der Maschinenleistung von Dampfern befassen, sind sehr mannigfaltig und widersprechend, noch mannigfaltiger aber

sind bei ihrer Nutzanwendung die Resultate welche sie liefern. Da anerkanntermaassen die Froude'sche Widerstandstheorie insofern die beste ist, als sie an der Hand von Schleppversuchen selbst die geringsten Formenunterschiede in den berechneten effektiven Pferdestärken zum Ausdruck bringt, so habe ich mir erlaubt auf den Tafeln No. 3 und 4 für einen Normal-Schnelldampfertyp von 100—240 m und für einen Normal-Frachtdampfertyp von 60—190 m Länge die effektiven Pferdestärken für drei bezw. vier verschiedene Tiefgänge für freies Wasser in Kurven darzustellen. Diese Kurven sind aus den durch Schleppversuche ermittelten Widerständen bester Modelle nach der Formel.

$$EPS_{total} = 0,006859\alpha^3 \cdot V \cdot w - 0,00259 (O_m - O_s) \cdot L^{0,0875} \cdot F \cdot V^{2,825}$$

berechnet. Diese Formel ist abgeleitet aus der Froude'schen Schiffswiderstandstheorie in ihrer Anwendung auf Schiffsmodelle, welche von mir ausführlich im zweiten Bande des Jahrbuchs der Schiffbautechnischen Gesellschaft 1901 behandelt ist. — In ihr bedeuten:

α Verhältniss der linearen Grössen des Schiffes zu denen des Modells.

V Schiffsgeschwindigkeit in Knoten,

w Modellwiderstand für die korrespondirende Geschwindigkeit $v_m = \frac{V \cdot 0,5144}{\sqrt{\alpha}}$,

O_m und O_s Konstanten, abhängig von der benetzten Oberfläche des Modells bezw. Schiffes,

L Schiffslänge in Metern zwischen den Lothen und

F benetzte Oberfläche in qm.

Auf den Tafeln 3 und 4 bedeuten:

L/B Verhältniss der Schiffslänge zur Schiffsbreite,

T/B „ des Schiffstiefgangs zur Schiffsbreite,

$\delta =$ Völligkeitsgrad des Displacements,

$\beta =$ „ des Hauptspants,

$\alpha =$ „ der Schwimmebene und zwar

$\alpha_1 =$ „ des vorderen Theils,

$\alpha_2 =$ „ des hinteren Theils,

η ist der Coëfficient, durch den die effektiven Pferdestärken dividirt werden müssen um die indizierte Leistung der Maschinenanlage zu erhalten.

1. Beispiel: Gesucht wird die indizierte Maschinenleistung eines Schnelldampfers vom vorliegenden Typ von 200 m Länge bei einem mittleren Tiefgang für 23 Knoten Geschwindigkeit.

$$L = 200 \text{ m, } B = 20,77 \text{ m, Tiefgang} = 8,62 \text{ m, } \delta = 0,624 \\ \beta = 0,942, \alpha = 0,749$$

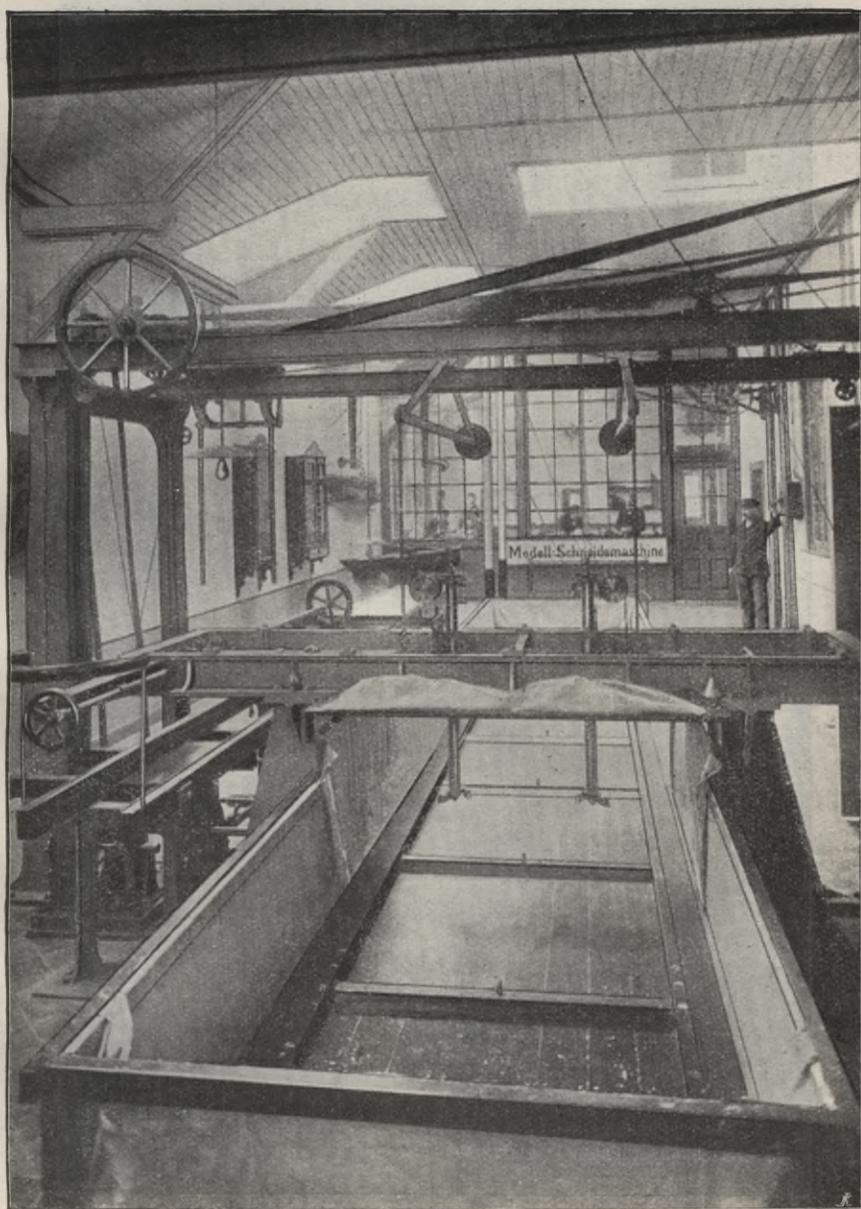
$$JPS = \frac{19900}{0,57} = 34912 = 35000.$$

2. Beispiel: Gesucht wird die indizierte Maschinenleistung eines beladenen Frachtdampfers vom vorliegenden Typ von 130 m Länge und 12 Knoten Geschwindigkeit.

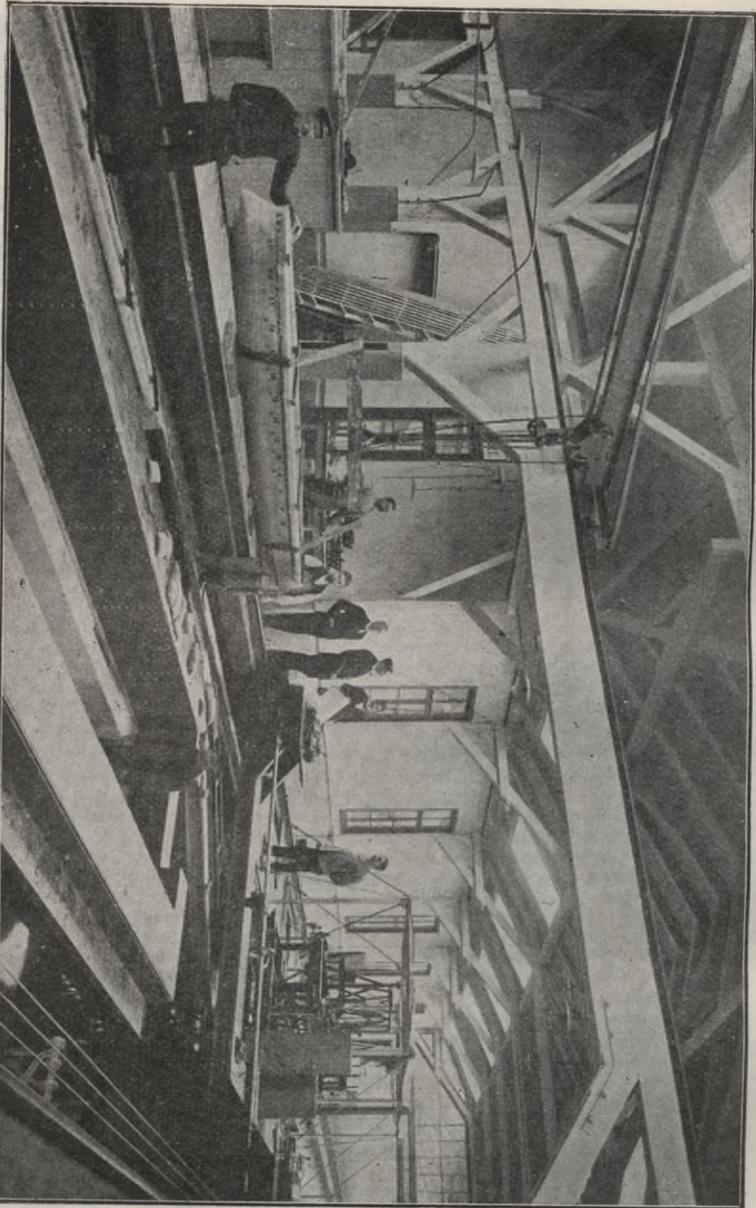
$$L = 130 \text{ m, } B = 16,40 \text{ m, Tiefgang} = 8,35 \text{ m, } \delta = 0,735, \\ \beta = 0,954; \alpha = 0,825.$$

$$JPS = \frac{1750}{0,535} = 3240.$$

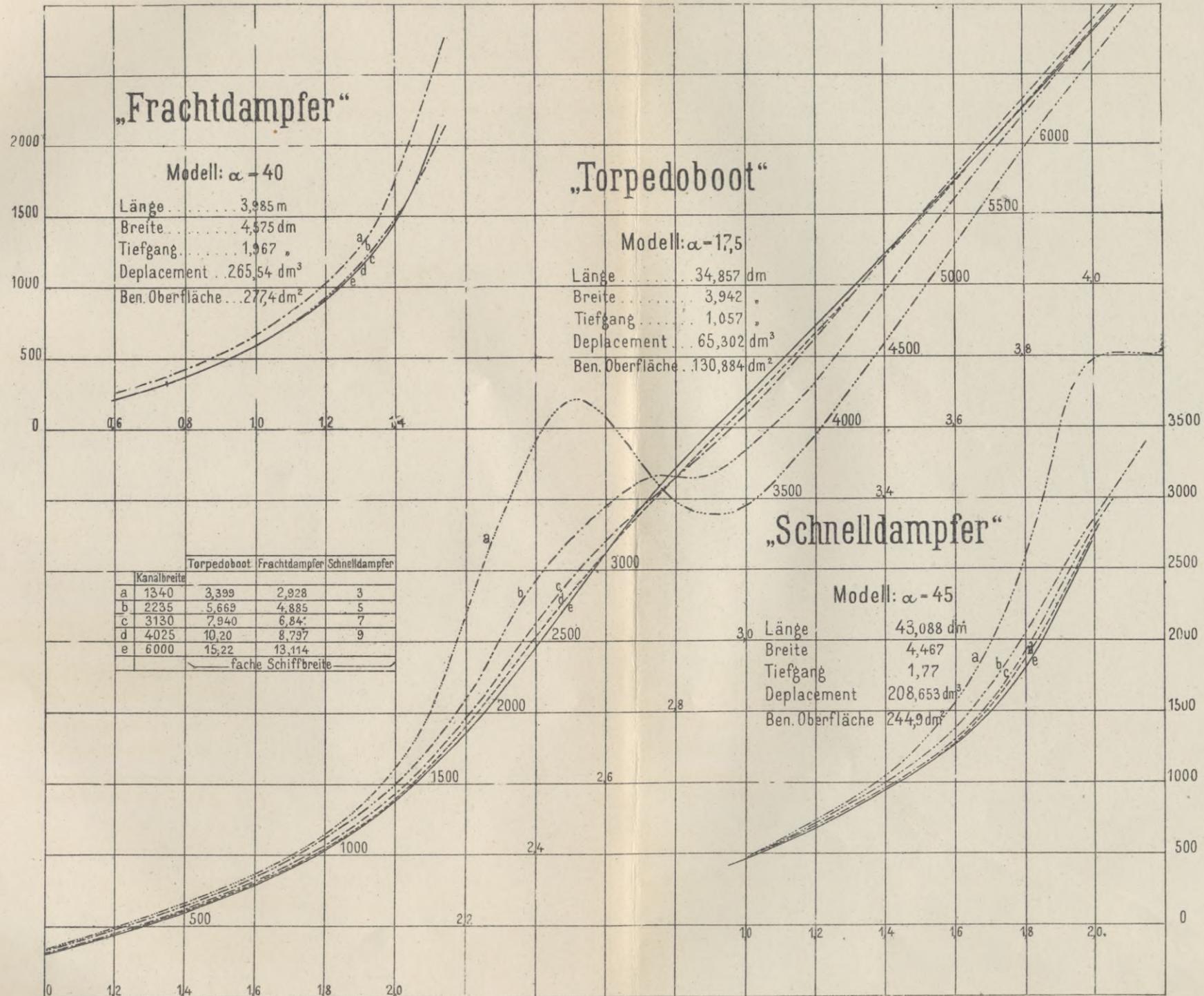
Auf graphischem Wege kann man leicht die effectiven bzw. indizierten Pferdestärken für beliebige Geschwindigkeiten und Tiefgänge aus den vorhandenen Kurven der Tafel II und III ermitteln.

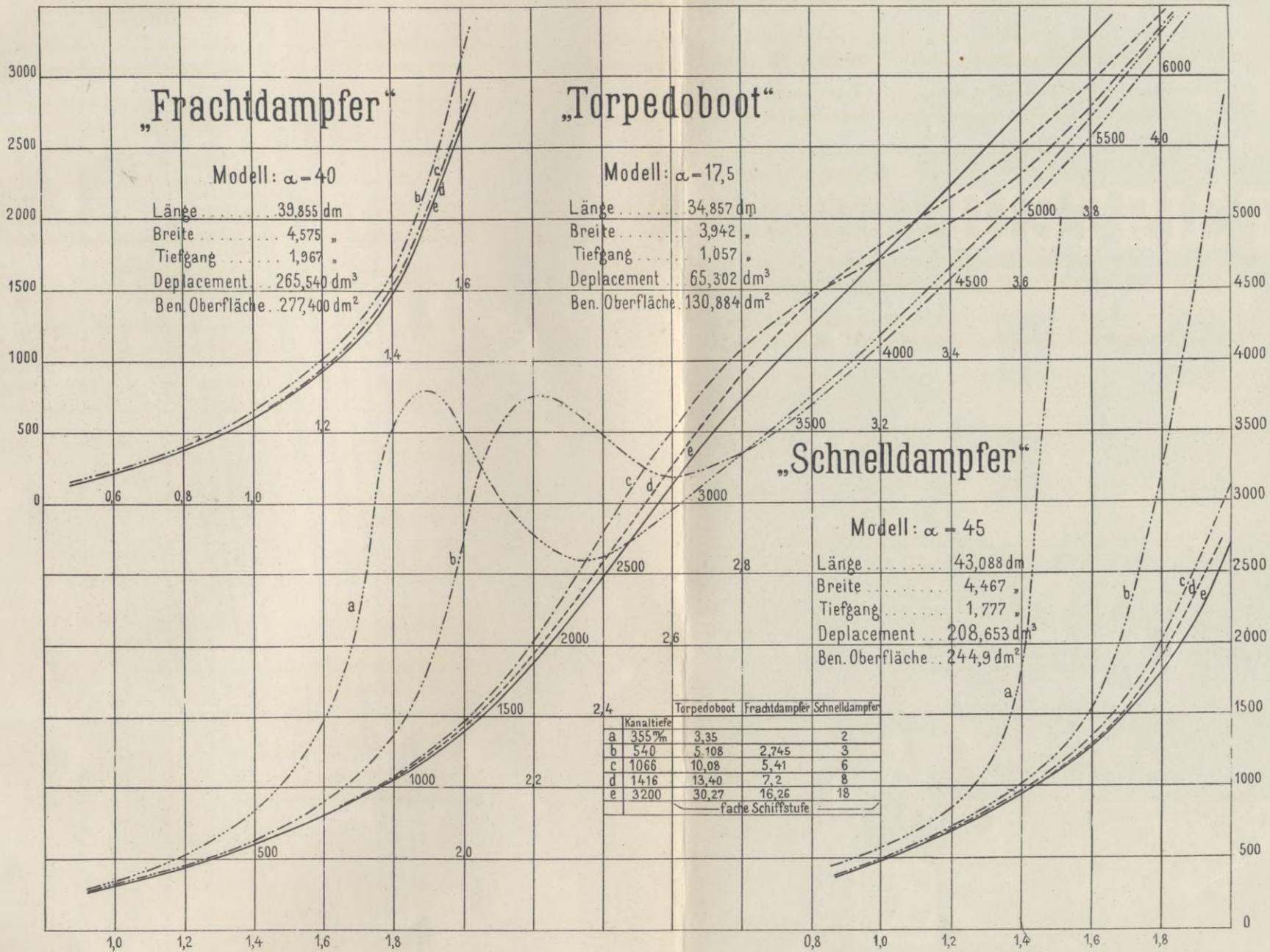


Modellschneidemaschine.



Modell fertig für den Versuch.

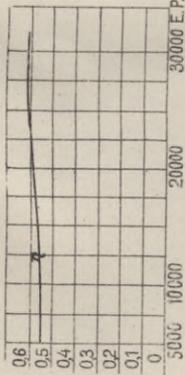




Normal - Schnelldampfer - Typ

mit zur Schwimmbene geeigneten Wellenaustritten (Wellenhosen).

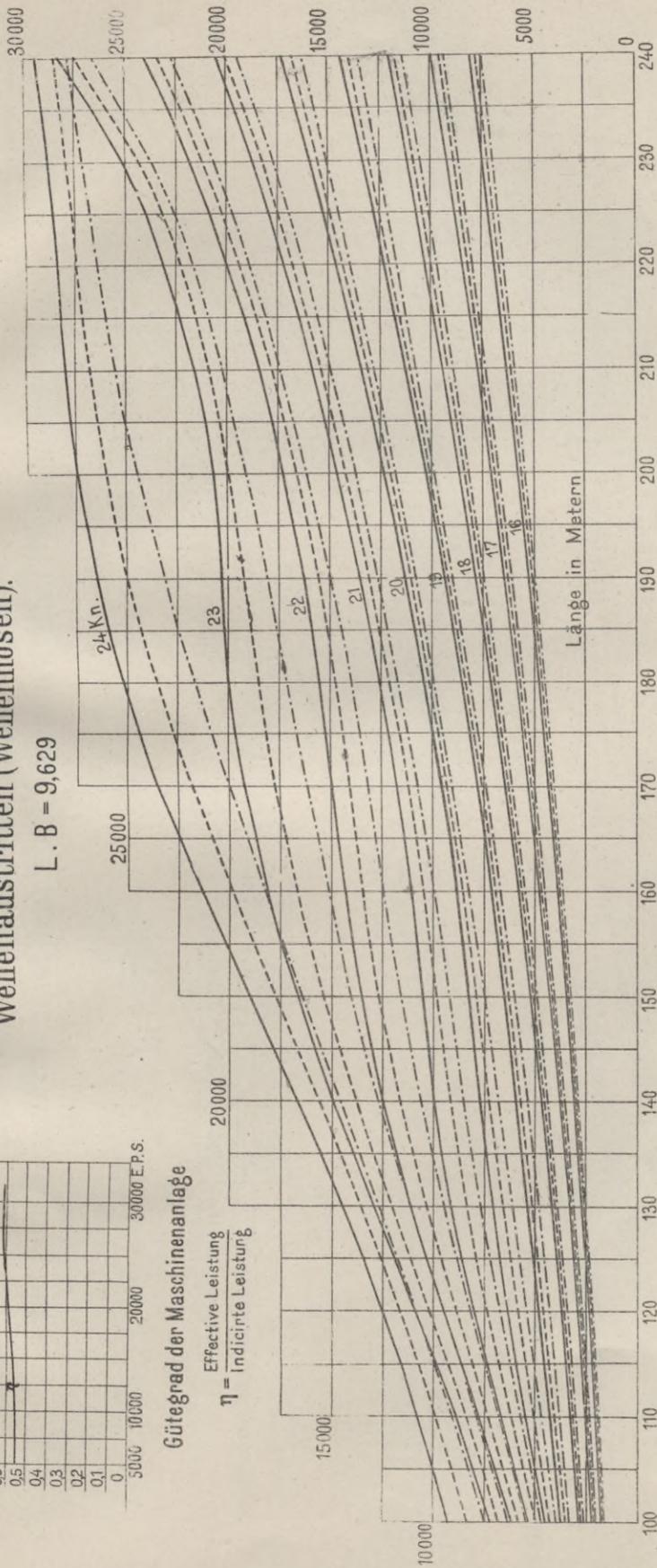
Tafel III



L. B = 9,629

Gütegrad der Maschinenanlage

$$\eta = \frac{\text{Effective Leistung}}{\text{Indizierte Leistung}}$$



$\sqrt[3]{B} = 0,432$	$\delta = 0,6297$	$\beta = 0,941$	$\alpha = 0,7535$	$\alpha_1 = 0,6986$	$\alpha_2 = 0,8086$	Ben. Oberfl. $(B \cdot 2T) \cdot l = 0,7446$
$0,415$	$0,6241$	$0,9415$	$0,7489$	$0,6953$	$0,8026$	$0,7389$
$0,398$	$0,6186$	$0,939$	$0,7443$	$0,692$	$0,7966$	$0,7332$

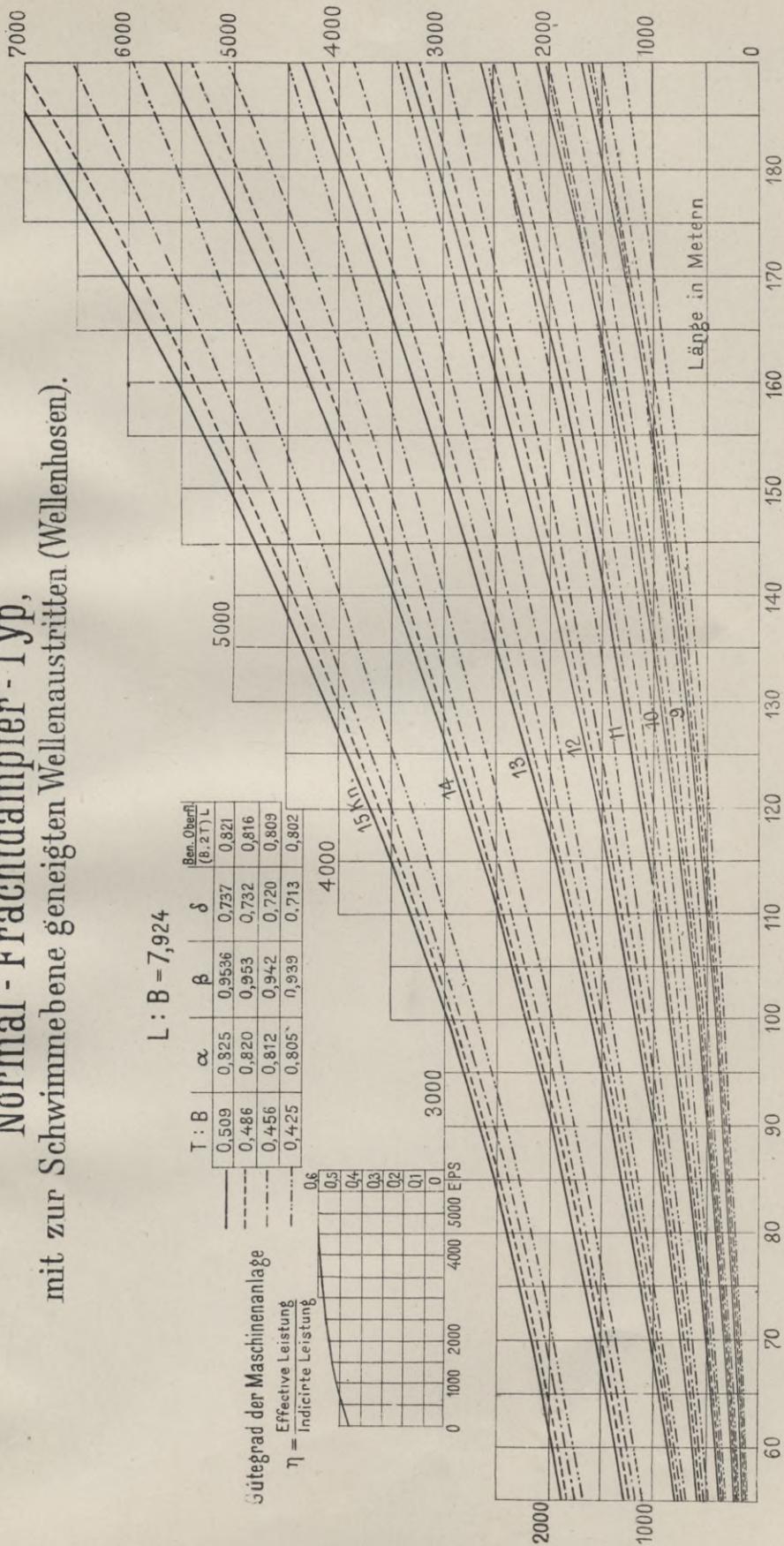
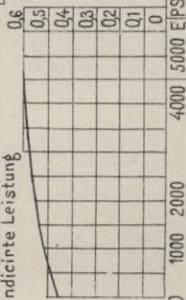
Normal - Frachtdampfer - Typ, mit zur Schwimmbene geeigneten Wellenaustritten (Wellenhosen).

L : B = 7,924

T : B	α	β	δ	Ben. Oberfl. (B. 2 T) L
0,509	0,825	0,9536	0,737	0,821
0,486	0,820	0,953	0,732	0,816
0,456	0,812	0,942	0,720	0,809
0,425	0,805	0,939	0,713	0,802

Stüegrad der Maschinenanlage

η = Effective Leistung
Indicirte Leistung



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-307111

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000316140