

277 | Juli 1971

SCHRIFTENREIHE SCHIFFBAU

K.H. Kwik

Modellversuche mit dem Ruder des FS METEOR mit und ohne Propeller

TUHH

Technische Universität Hamburg-Harburg

INSTITUT FÜR SCHIFFBAU DER UNIVERSITÄT HAMBURG

Bericht Nr. 277

Modellversuche mit dem Ruder des FS METEOR

mit und ohne Propeller

K. H. Kwik

Hamburg, Juli 1971

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einführung	1
2. Übersicht über die durchgeführten Versuche und allgemeine Modellangaben	2
3. Ruderfreifahrtversuche	3
3.1 Modelle und Versuchsdurchführung	3
3.2 Ergebnisse	3
4. Propellerfreifahrtversuche	5
4.1 Modell und Versuchsdurchführung	5
4.2 Ergebnisse	6
5. Versuche am Ruder im Propellerstrahl	8
5.1 Modelle und Versuchsdurchführung	8
5.2 Ergebnisse	9
6. Zusammenfassung und Ausblick	11
7. Symbole	12
8. Schrifttum	15
Tabellen	
Bilder	

Tabellen-Verzeichnis

Tabelle 1	Übersicht über die durchgeführten Versuche
Tabelle 2	Freifahrendes Ruder, A, A.R.-Prop. dreht leer, Vers.Nr. 50 + 54
Tabelle 3	Freifahrendes Ruder, A, A.R.-Prop.fest, Vers.Nr. 51
Tabelle 4	Freifahrendes Ruder, A, ohne A.R.-Prop., Vers.Nr. 52
Tabelle 5	Freifahrendes Ruder, B, Vers.Nr. 53
Tabelle 6	Propellerfreifahrt (ohne Ruder)
Tabelle 7	Propellerfreifahrt mit Ruder A und B, $\delta_R = 0^\circ$
Tabelle 8	Ruder im Propellerstrahl, A, A.R.-Prop. dreht leer, Vers.Nr. 30 + 31 + 32
Tabelle 9	Ruder im Propellerstrahl, A, A.R.-Prop. fest bzw. ohne, Vers.Nr. 33 + 34
Tabelle 10	Ruder im Propellerstrahl, B, Vers.Nr. 35
Tabelle 11	Ruder im Propellerstrahl, A ₁ , Querkraftmessung, A.R.-Prop. fest bzw. ohne, Vers.Nr. 21 + 22
Tabelle 12	Ruder im Propellerstrahl, A ₁ , Querkraftmessung, A.R.-Prop. dreht leer, Vers.Nr. 26
Tabelle 13	Ruder im Propellerstrahl, A ₁ , Widerstandsmessung, A.R.-Prop. fest bzw. ohne bzw. dreht leer, Vers.Nr. 23 + 24 + 25

Bilder-Verzeichnis

Bild 1	Fotos der Rudermodelle
Bild 2	Abmessungen des Modells des METEOR-Ruders
Bild 3	Propeller-Modell
Bild 4	Propeller - Ruder-Anordnung
Bild 5	Kräfte am freifahrenden Ruder, A, A.R.-Prop. dreht leer, über dem Ruderwinkel
Bild 6	Kräfte am freifahrenden Ruder, A, A.R.-Prop. fest, über dem Ruderwinkel
Bild 7	Kräfte am freifahrenden Ruder, A, ohne A.R.-Prop., über dem Ruderwinkel
Bild 8	Kräfte am freifahrenden Ruder, B, über dem Ruderwinkel
Bild 9	Einfluß der Reynoldszahl auf die Ruderkräfte, A+B freifahrend
Bild 10	Polaren der freifahrenden Ruder, A+B
Bild 11	Propellerfreifahrt mit und ohne Ruder
Bild 11a	Beziehung zwischen Schub- und Momentenbeiwert mit und ohne Ruder
Bild 12	Ruder- und Propellerkennzahlen, A, A.R.-Prop. dreht leer, über dem Ruderwinkel
Bild 13	Ruder- und Propellerkennzahlen, A, A.R.-Prop. fest bzw. ohne, über dem Ruderwinkel
Bild 14	Ruder- und Propellerkennzahlen, B, über dem Ruderwinkel
Bild 15	Ruder- und Propellerkennzahlen, A, A.R.-Prop. dreht leer, über der Fortschrittsziffer
Bild 16	Ruder- und Propellerkennzahlen, A, A.R.-Prop. fest bzw. ohne, über der Fortschritts- ziffer

- Bild 17 Ruder- und Propellerkennzahlen, B ,
über der Fortschrittsziffer
- Bild 18 Ruder- und Propellerkennzahlen, A_1 ,
A.R.-Prop. fest, über dem Ruderwinkel
- Bild 19 Ruder- und Propellerkennzahlen, A_1 ,
ohne A.R.-Prop., über dem Ruderwinkel
- Bild 20 Ruder- und Propellerkennzahlen, A_1 ,
A.R.-Prop. dreht leer, über der Fortschritts-
ziffer
- Bild 21 Ruder- und Propellerkennzahlen, A_1 ,
A.R.-Prop. fest bzw. ohne bzw. dreht leer,
über der Fortschrittsziffer

1. Einführung

Im Jahre 1965 sind im Institut für Schiffbau Tankmodellversuche am Ruder des Forschungsschiffes "METEOR" durchgeführt worden [1]. Diese Versuche waren Teil eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (Th 28/14) geförderten Forschungsvorhabens zur Bestimmung von Ruderkräften und Untersuchung von Manövriereigenschaften, das eine Untersuchung der Übertragbarkeit von Modellergebnissen auf die Großausführung und der Wechselwirkung zwischen Nachstrom, Propeller und Ruder mit einschließen sollte.

Die Versuche sind seinerzeit mit dem Zweck durchgeführt worden, eine gewisse Vergleichsbasis für die Bordmessungen zu erhalten. Aus diesem und auch aus zeitlichen Gründen konnte das Versuchsprogramm nicht in dem Umfang ausgebaut werden wie sonst bei systematischen Ruderversuchen üblich.

Teilergebnisse der Versuche sind in [2] mitgeteilt; eine vollständige Berichterstattung wird jetzt erfolgen. Der vorliegende Bericht enthält die Auswertung aller bisher durchgeführten Modellversuche mit dem Ruder in Freifahrt und im Propellerstrahl und gibt das vollständige Zahlenmaterial hierzu.

2. Übersicht über die durchgeführten Versuche und allgemeine Modellangaben

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die durchgeführten Versuche. Sämtliche Versuche fanden im Schlepptank des Instituts für Schiffbau [14] statt.

Das "Ruder A" ist eine maßstabgetreue Nachbildung des METEOR-Ruders mit Birne, Propeller und Düse (Aktivruder); Maßstab 1:14, siehe Bild 1 und 2.

Das "Ruder B" entspricht Ruder A ohne Birne, Propeller, Düse und Aussparungen (es ist ein reines Trapezruder; Bild 1). Seine Abmessungen entsprechen sonst denen von Ruder A.

Das "Ruder A₁" entspricht Ruder A mit 2 % geringerer Ruderfläche; es wurde nur für die Vorversuche benutzt.

Der im Maßstab 1:14 hergestellte Modellpropeller differiert in einigen Konstruktionsdaten von der Großausführung; Bild 3.

Die Ruder sind aus Hartholz, der Propeller ist aus Bronze angefertigt.

Für die Versuche "Ruder im Propellerstrahl" wurde eine der Großausführung ähnliche Anordnung von Ruder und Propeller angestrebt; Bild 4.

Es wurden jeweils gemessen: die Ist- Schlepp- oder Fortschrittsgeschwindigkeit über Weg- und Zeitmarken, ruderseitig die Querkraft, der Widerstand und das Ruderschaftmoment bei verschiedenen Ruderwinkeln und propellerseitig der Schub, das aufgebrauchte Drehmoment und die Drehzahl. Bei den Vorversuchen wurde ruderseitig entweder nur die Querkraft oder nur der Widerstand gemessen.

3. Ruderfreifahrtversuche

3.1 Modelle und Versuchsdurchführung

Freifahrtversuche zur Beurteilung der Rudereigenschaften in drallfreier Strömung sind mit dem Modell A und dem Modell B durchgeführt worden. Maße für das Ruder in Bild 2.

Das Modell A wurde mit leerdrehendem Aktivrunderpropeller, mit festgehaltenem Aktivrunderpropeller und ohne Aktivrunderpropeller untersucht. Diese Versuchsvarianten in Verbindung mit Modell B sollten Auskunft über den Einfluß des Aktivrunder-Anbaus auf die Rudereigenschaften geben.

Die Ruder wurden bei verschiedenen Ruderwinkeln geschleppt und zum Teil auch bei verschiedenen Geschwindigkeiten. Die Messungen der Kräfte erfolgten mit einer Dreikomponentenwaage. Die Ruder waren ganz getaucht. Das Verhältnis Ruderhöhe zu Tiefgang betrug im Mittel 0,57. Der Abzug des Stangenwiderstandes war die einzige Korrektur, die an den Ergebnissen vorgenommen wurde.

3.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse für das freifahrende Ruder sind in den Tabellen 2 bis 5 festgehalten. Zwischen c_Q und c_{N25} (s. Symbole) besteht die Beziehung:

$$c_{N25} = c_Q + \left(\frac{a}{L_R} - 0,25 \right) c_Y$$

mit $c_Y = c_C \cos \delta_R + c_D \sin \delta_R$

und $a/L_R = 0,24125$ (Bild 4)

Die Druckpunktlage e , gemessen von der Rudervorderkante am Schnitt durch den Flächenschwerpunkt, ergibt sich zu

$$\frac{e}{L_R} = 0,5 - \frac{a}{L_R} - \frac{c_Q}{c_Y}$$

Als Ruderbezugsfläche wurde die Fläche des vollen Trapezes wie beim Modell B (ohne Aussparungen und vorspringende Teile) benutzt.

In den Bildern 5 bis 8 sind die Kräfte und Momente für eine bestimmte Reynoldszahl über dem Ruderwinkel aufgetragen. Man erkennt hier u.a.,

daß für $-15^\circ < \delta_R < 15^\circ$ eine nahezu lineare Abhängigkeit für C_C und δ_R besteht;

daß schon bei $\delta_R \approx \pm 25^\circ$ eine Ablösung der Strömung auftritt (durch die niedrige Reynoldszahl verständlich);

daß der Querkraftanstieg für den Zustand "A.R.-Prop. fest" kleiner ausfällt als für die drei anderen Zustände, bei denen die Querkraftanstiege kaum voneinander differieren;

daß der Widerstand in der Reihenfolge A.R.-Prop. fest - dreht leer - ohne - Modell B abnimmt;

daß überall eine Überbalance besteht, die beim Modell B und beim Zustand "A.R.-Prop. fest" für Modell A besonders ausgeprägt ist.

Bild 9 zeigt die Abhängigkeit der Kräfte und Momente für bestimmte Ruderwinkel von der Reynoldszahl. Man erkennt, daß bei $\delta_R = 20^\circ$ die Beizahl C_C für das birnenlose, normale Modell im untersuchten Re-Zahl-Bereich abnimmt, während sie für Modell A, Zustand "A.R.-Prop. dreht leer", zunächst leicht zunimmt, um dann plötzlich steil abzufallen. Die Überbalance des Modells B sowie die oben genannte Reihenfolge für abnehmenden Ruderwiderstand sind in dem Bild noch einmal deutlich zu erkennen.

In Bild 10 sind die Ruderpolaren aufgetragen. Man erkennt hier u.a. die Zunahme der Gleitzahl (Verhältnis Querkraft zu Widerstand) in der Reihenfolge A.R.-Prop. fest - dreht leer - ohne - Modell B im Bereich gesunder Strömung.

4. Propellerfreifahrtversuche

4.1 Modell und Versuchsdurchführung

Wie bereits erwähnt, war der Modellpropeller (rechtsdrehend) keine exakte Nachbildung der Großausführung. So betrug beim Modell das Flächenverhältnis 0,6 statt 0,7 und das mittlere Steigungsverhältnis 1,0 statt 0,983; Bild 3. Das Modell war auch nicht eisverstärkt.

Es wurden Propellerfreifahrten ohne Ruder und Propellerfreifahrten mit Ruder durchgeführt. Als Ruder kamen die Modelle A (in den drei Versuchszuständen) und B zur Anwendung; der Ruderwinkel war Null. Die Lage des Ruders hinter dem Propeller ist wie in Bild 4 angegeben. Die Messungen dienten dazu, den Einfluß des Ruders auf die Propellerfreifahrtseigenschaften näher kennenzulernen.

Die Messung der Propellerkennzahlen erfolgte wie üblich mit Hilfe eines Propellerdynamometers: Der Propeller war auf einer horizontal liegenden Welle angebracht, die aus einem stromlinienförmigen, schlanken Kasten (Freifahrtkasten; Längen-Breiten-Verhältnis gleich 11) herausragte. Der Freifahrtkasten enthielt den Antriebsmechanismus und ein Dynamometer und war unter dem Schleppwagen aufgehängt. Der Abstand zwischen Propeller und Kasten war so groß, daß keine nennenswerte gegenseitige Beeinflussung stattfand. Bei der normalen Propellerfreifahrt (d.h. ohne Ruder) lief der Propeller vor dem Kasten. Da für die Untersuchung der Ruder im Propellerstrahl der Propeller hinter dem Kasten angebracht werden mußte, wurden zur Kontrolle auch Propellerfreifahrten mit dem Propeller hinter dem Kasten durchgeführt.

Die Drehzahl wurde bei jeder Meßreihe im allgemeinen konstant gehalten. Geändert wurde ^{jeweils} die Fortschrittsgeschwindigkeit. Schub und Drehmoment wurden bei jeder Geschwindigkeit gemessen.

Das Verhältnis Propellerhalbmesser zu Wellentauchung war im Mittel 0,33. Die Reynoldszahl R_{NP} (s. Symbole) betrug $2,5 \cdot 10^5$, für die K_T , K_Q und η_0 nach [3] nur noch wenig von der Kennzahl abhängen. Die von Gutsche definierte Re-Zahl

$$\frac{n D_P \cdot D_P (F_a / F) \pi}{v 2z (1 - d_N / D_P)}$$

(d_N = Nabendurchmesser)

betrug dagegen $1 \cdot 10^5$

4.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Propellerfreifahrten ohne Ruder sind in Tabelle 6, die der Propellerfreifahrten mit Ruder in Tabelle 7 niedergelegt. In Bild 11 ist außer K_T , K_Q und η_0 auch noch das Verhältnis Ruderwiderstand zu Propellerschub für die verschiedenen Ruder über J aufgetragen. Die Anwesenheit des Ruders bewirkt eine markante Verschiebung der K_T - und K_Q -Kurve, die hier jedoch, wie Bild 11a zeigt, den Propellerwirkungsgrad kaum beeinflusst.

Die Ergebnisse von Propellerfreifahrten mit und ohne Ruder können dazu benutzt werden, die Minderung der Propellerzuströmgeschwindigkeit infolge des Ruderstaus quantitativ zu bestimmen. Man kann

$$V_{\text{eff.RP}} = V (1 - w_{RP})$$

ansetzen und erhält w_{RP} als "Nachstromziffer infolge Ruder" (erster Index gibt die eingeschlossenen Einflüsse an, zweiter Index den Ort, für den die effektive Geschwindigkeit bestimmt ist). Diese Nachstromziffer fällt i.a. verschieden groß aus, je nachdem, ob sie über Schub- oder Momentenidentität bestimmt worden ist.

Andererseits ist die effektive, axiale Geschwindigkeit am Ruder

$$V_{\text{eff.PR}} = V + \Delta V_{\text{PR}} = V + V_{\text{eff.RP}} k_m (\sqrt{1 + C_T} - 1)$$

k_m nach [5], [6] oder [7]

C_T ist der Schubbelastungsgrad, der korrekterweise auch über $V_{\text{eff.RP}}^2$ zu berechnen ist.

Die gegenseitige Beeinflussung von Propeller und Ruder tritt mit diesen einfachen Beziehungen klar hervor. Ähnliche Beziehungen können angegeben werden, wenn der Propeller und das Ruder sich hinter dem Schiff befinden. Die effektive Geschwindigkeit am Propeller ist in diesem Fall

$$\begin{aligned} V_{\text{eff.SRP}} &= V (1 - w_{\text{SRP}}) \\ &= V (1 - w_{\text{SP}}) (1 - w_{\text{RP}}) \end{aligned}$$

w_{SRP} ist der Wert des effektiven Nachstroms, der aus Propulsions- oder Großversuchen mit Ruder in Verbindung mit Propellerfreifahrtergebnissen ohne Ruder erhalten wird.

w_{SP} ist der Wert des effektiven Nachstroms, der aus Propulsions- oder Großversuchen mit Ruder in Verbindung mit Propellerfreifahrtergebnissen ebenfalls mit Ruder erhalten wird.

w_{RP} wie oben.

Die effektive, axiale Geschwindigkeit am Ruder ist jetzt

$$V_{\text{eff.SRP}} = V + \Delta V_{\text{SR}} + \Delta V_{\text{PR}}$$

ΔV_{SR} ist über Rudermessungen am Schiffsmodell und in Freifahrt zu bestimmen

$$\Delta V_{\text{PR}} = V_{\text{eff.SRP}} k_m (\sqrt{1 + C_T} - 1), \quad \text{wobei } C_T \text{ über } V_{\text{eff.SRP}}^2 \text{ zu berechnen ist.}$$

Hinsichtlich der theoretischen Behandlung des Problems der Wechselwirkung zwischen Propeller und Ruder unter Anwendung der Tragflügeltheorie sei auf [11], [12] und [13] hingewiesen.

5. Versuche am Ruder im Propellerstrahl

5.1 Modelle und Versuchsdurchführung

Die Hauptversuche fanden mit den Modellen A (mit leerdrehendem Aktivrudderpropeller, mit festgehaltenem A.R.-Prop., ohne A.R.-Prop.) und B statt. Das Ruder war derart hinter dem Propeller angeordnet, daß Ruderschaft und Propellerwelle in einer Ebene lagen. Eine Ähnlichkeit der Anordnung mit der Großausführung wurde angestrebt; Bild 4.

Das Verhältnis Ruderhöhe zu Tiefgang betrug im Mittel 0,58 entsprechend einem Verhältnis Propellerhalbmesser zu Wellentauchung von 0,33.

Die Kombination Ruder + Propeller wurde mit verschiedenen Geschwindigkeiten und bei verschiedenen Ruderausschlägen geschleppt (die Propellerdrehzahl wurde konstant gehalten; der Driftwinkel betrug 0°). Es wurden jeweils gemessen: am Ruder die Querkraft, der Widerstand und das Schaftmoment mittels einer Dreikomponentenwaage und am Propeller der Schub und das Drehmoment mittels eines Dynamometers.

Eine Stangenkorrektur wurde an den Ergebnissen vorgenommen. Für die Vorversuche, bei denen nur eine Einkomponentenwaage zur Verfügung stand, wurde das Modell A₁ benutzt. Die Ergebnisse dieser Versuche sind der Vollständigkeit halber in dem vorliegenden Bericht mit aufgenommen.

5.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Versuche mit dem Ruder im Propellerstrahl sind in den Tabellen 8 bis 10 festgehalten, die Ergebnisse der Vorversuche in den Tabellen 11 bis 13.

Eine Auswertung mit Benutzung der unter 4.2 angegebenen effektiven Geschwindigkeiten scheint erst gerechtfertigt, wenn nach weiteren Studien der Einfluß der Strahlversperrung bzw. Strahlaufweitung sicher abgeschätzt werden kann und die mit der Teilbeaufschlagung am Trapezruder zusammenhängenden Fragen sicher beantwortet werden können. Im jetzigen Stadium empfiehlt sich die Verwendung von einfachen, klar definierten und physikalisch begründeten Bezugsgrößen. So wurde hier als Bezugsgeschwindigkeit die nach der einfachen Strahltheorie weit hinter dem Propeller sich ergebende drallfreie Strahlgeschwindigkeit

$$V_0 = V_A \sqrt{1 + C_T}$$

benutzt bzw. im Stand

$$V_0 = \sqrt{\frac{T}{\rho/2 \pi/4 D_P^2}} ;$$

das heißt, die Ruderkräfte wurden mit

$$\rho/2 V_A^2 A_R + \frac{A_R}{A_P} T$$

dimensionslos gemacht.

Aus obengenannten Gründen und um nicht den Eindruck zu erwecken, als sei der Problemkreis vollständig gelöst, wurde auch davon abgesehen, die nach der Strahltheorie ermittelten Geschwindigkeiten mittels Abminderungsfaktoren [9], [10] zu korrigieren.

Ferner wurde als Bezugsfläche das volle Trapez benutzt, d.h. es wurde eine Vollbeaufschlagung des Ruders mit V_0 angenommen. Die so berechneten Kraft- und Momentenbeiwerte (mit dem Index 0 gekennzeichnet) weichen quantitativ natürlich von den in Ruderfreifahrtversuchen ermittelten Werten ab.

Die Beiwerte c_{CO} , c_{DO} , c_{QO} und K_T sind in Bild 12 bis 14 über δ_R und in Bild 15 bis 17 für bestimmte Ruderwinkel über J aufgetragen.

In Bild 12 ist zunächst zu sehen, daß die Beiwerte nicht vom Belastungsgrad bzw. von der Fortschrittsziffer unabhängig sind. Bei Null-Ruderlage wirkt am Ruderschaft unter Einfluß des arbeitenden Propellers ein rechtsdrehendes Moment, das, mit Ausnahme von Ruder B, die bei den Ruderfreifahrtversuchen festgestellte Überbalance bei kleinen positiven Winkeln verstärkt und bei kleinen negativen Winkeln aufhebt. Die Strömungsablösung findet infolge der höheren effektiven Reynoldszahlen später statt als bei den Ruderfreifahrten. Der Schubbeiwert ist nahezu vom Ruderwinkel unabhängig. Den Bildern 15 bis 17 ist u.a. zu entnehmen, daß mit zunehmendem Belastungsgrad der Druckpunkt nach vorn wandert [8] und die Querkraftbeizahl abnimmt. Letzteres ergab sich schon aus den Vorversuchen, die außerdem erkennen ließen, daß die Propellerkennzahlen K_T , K_Q und C_T praktisch weder vom Ruderwinkel (im untersuchten Bereich) noch vom Zustand des Aktivruders (ob mit leerdrehendem A.R.-Prop., festgehaltenem A.R.-Prop. oder ohne A.R.-Prop.) abhängen; Bild 20, 21. Die Bilder 18 und 19 aus den Vorversuchen zeigen noch einmal die Abhängigkeit der Querkraftbeizahlen vom Ruderwinkel bei verschiedenen Belastungsgraden. Das verhältnismäßig späte Abreißen läßt vermuten, daß hier eine höhere Reynoldszahl wirksam war, d.h. daß das Ruder in den Vorversuchen weiter hinter der Propellerebene im Schraubenstrahl zurück lag als bei den Hauptversuchen.

Außerdem war die geringere Strahlversperrung wegen der kleineren Ruderfläche sicher auch nicht ganz ohne Einfluß.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Tankmodellversuche am Ruder des F.S. METEOR in Freifahrt und im Propellerstrahl sind durchgeführt worden. Die Ergebnisse für das Ruder allein, den Propeller allein und die Kombination Ruder + Propeller sind im vorliegenden Bericht mitgeteilt. Diese ersten Versuche führen unter anderem zu der Feststellung, daß das Ruder vergleichsweise keine besonders guten Eigenschaften hat.

Für eingehendere Untersuchungen sind weitere systematische Versuche erforderlich. Genannt seien z.B. Versuche bei höheren Reynoldszahlen und Versuche zur Klärung der Verhältnisse am Trapezruder bei Teilbeaufschlagung im Schraubenstrahl.

7. Symbole

$A_P \equiv F$	Propellerstrahlfläche
A_R	Ruderfläche
a	Abstand des Ruderschaftes vom Ruderflächenschwerpunkt (Bild 4)
C	Ruderquerkraft
$c_C = \frac{C}{\rho/2 V^2 A_R}$	} Beiwert für Ruderquerkraft
$c_{C0} = \frac{C}{\rho/2 V_0^2 A_R}$	
$c_D = \frac{D}{\rho/2 V^2 A_R}$	} Beiwert für Ruderwiderstand
$c_{D0} = \frac{D}{\rho/2 V_0^2 A_R}$	
$c_Q = \frac{Q_R}{\rho/2 V^2 A_R L_R}$	} Beiwert für das Ruderschaftmoment
$c_{Q0} = \frac{Q_R}{\rho/2 V_0^2 A_R L_R}$	
$c_{N25} = \frac{N_{25}}{\rho/2 V^2 A_R L_R}$	Beiwert für das Moment N_{25}
$c_T = \frac{T}{\rho/2 V_A^2 A_P} = \frac{8K_T}{\pi J^2}$	Schubbelastungsgrad
D	Ruderwiderstand
D_P	Propellerdurchmesser
d	Abstand der Rudervorderkante von der Propellerebene (Bild 4)

$F \equiv A_P$	Propellerstrahlfläche
F_a	abgewinkelte Gesamtflügelfläche
$F_{nR} = \frac{V}{\sqrt{g L_R}}$	Froudezahl für Ruder
g	Erdbeschleunigung
H_m	mittlere Steigung des Propellers
H_R	Ruderhöhe
H_{Welle}	Höhe der Propellerwelle über UK Ruder
$J = \frac{V_A}{n D_P}$	Fortschrittsziffer des Propellers
$K_T = \frac{T}{\rho n^2 D_P^4}$	Schubbeiwert
$K_Q = \frac{Q}{\rho n^2 D_P^5}$	Drehmomentenbeiwert
$L_R = \frac{1}{A_R} \int_0^{H_R} L_{zR}^2 dz_R$	Ruder-Bezugslänge, bei Trapezrudern gleich Ruderlänge im Ruderflächenschwerpunkt (Bild 4)
L_{zR}	Ruderlänge im Abstand z_R von der Ruderunterkante
$L_{0,7}$	Flügelprofiltiefe auf $0,7 \frac{D_P}{2}$
N_{25}	Moment am Ruder um die Vertikalachse durch den $\frac{L_R}{4}$ -Punkt (von oben gesehen rechtsdrehend positiv)
n	Drehzahl des Propellers
Q	Drehmoment an der Propellerwelle
Q_R	Ruderschaftmoment (von oben gesehen rechtsdrehend positiv)
$R_{nP} = \frac{L_{0,7}}{\nu} \sqrt{V_A^2 + (0,7 D_P \pi n)^2}$	Reynoldszahl für Propeller
$R_{nR} = \frac{V L_R}{\nu}$	Reynoldszahl für Ruder

T	Propellerschub
T_R	Tiefgang des Ruders
T_{Welle}	Tiefgang der Propellerwelle
V	Schleppgeschwindigkeit
V_A	Propellerfortschrittsgeschwindigkeit
V_0	axiale Geschwindigkeit im Propellerstrahl weit hinter dem Propeller
z	Flügelzahl
δ_R	Ruderwinkel (Backbordlage positiv)
$\eta_0 = \frac{K_T}{K_Q} \frac{J}{2\pi} = \frac{T}{Q} \frac{V_A}{2\pi n}$	Wirkungsgrad des freifahrenden Propellers
$\Lambda_R = \frac{H_R^2}{A_R}$	Seitenverhältnis des Ruders
ν	kinematische Zähigkeit des Wassers
ρ	Dichte des Wassers

8. Schrifttum

- [1] Seiler, J., Thieme, H.:
Verzeichnis der vom IfS bis 1967 durchgeführten Versuche für Ruder- und Steuereigenschaften des F.S. METEOR
IfS-Schrift Nr. 2103, Dezember 1968
- [2] Suhrbier, K.:
Ruderkraftmessungen und Manövrierversuche auf dem Forschungsschiff "Meteor"
Jahrbuch STG 1965, S. 401 - 427
- [3] Grothues-Spork, H.:
Modellfamilien-Untersuchungen über das Forschungsschiff "Meteor" und einen Tanker
Jahrbuch STG 1965, S. 161 - 188
- [4] Keil, H.:
Messungen der vom Propeller induzierten Druckschwankungen am Forschungsschiff "Meteor" und Vergleich mit dem Modellversuch
Jahrbuch STG 1965, S. 368 - 377
- [5] Gutsche, F.:
Die Induktion der axialen Strahlzusatzgeschwindigkeit in der Umgebung der Schraubenebene
Schiffstechnik 3, 1955/56, S. 31 - 33
- [6] Romahn, K., Thieme, H.:
Zur Wahl der Balancefläche von Rudern im Propellerstrahl
Schiffstechnik 4, 1956/57, S. 143 - 151

- [7] Edel, K.-O.:
Das von dem vereinfachten Wirbelsystem
eines Propellers induzierte Geschwindig-
keitsfeld
Schiffbauforschung 9, 1970, Heft 5/6,
S. 189 - 196
- [8] Okada, S.:
Investigation on the Effect of the
Propeller Race upon the Performance of
Rudder
Technical Research Laboratory,
Hitachi Shipbuilding & Eng. Co.,
Japan, January 1959
- [9] Norrbin, N.H.:
Steuern bei geringer Fahrt - Probleme
und Hilfsmittel
Hansa 1964, S. 1011 - 1027
- [10] Norrbin, N.H.:
On the Added Resistance Due to Steering
on a Straight Course
Paper 13th ITTC
- [11] Isay, W.-H.:
Über die Wechselwirkung zwischen Schiffs-
ruder und Schraubenpropeller
Schiffstechnik 12, 1965, S. 65 - 76
- [12] Brunstein, K.:
Wechselwirkung zwischen Schiffsnachstrom,
Schraubenpropeller und Schiffsruder
IfS-Bericht Nr. 210, Mai 1968

- [13] Tsakonas, S., Jacobs, W.R., Ali, M.R.:
Application of the Unsteady-Lifting-
Surface Theory to the Study of Propeller-
Rudder Interaction
J.Ship Research, Sept. 1970, Nr. 3,
S. 181-194
- [14] Thiemann, H.:
Der Schlepptank des Instituts für
Schiffbau
IfS-Schrift Nr. 2094, April 1967

Tabelle 1 Übersicht über die durchgeführten Versuche

	δR 4°																		
		-45	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	0	10	15	20	25	30	35	40	45	
AR-Prop. dreht leer Meßgrößen : C, D, Q _R , V Ergebnisse: Tab.2, Bild 5,9,10				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				
										●	●								
AR-Prop. fest Meßgrößen : C, D, Q _R , V Ergebnisse: Tab.3, Bild 6,9,10						●				●	●								
ohne AR-Prop. Meßgrößen : C, D, Q _R , V Ergebnisse: Tab.4, Bild 7,9,10						●				●	●								
AR-Prop. dreht leer Meßgrößen : C, D, Q _R , T, Q, V _A , n Ergebnisse: Tab.8, Bild 12,15			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
AR-Prop. fest Meßgrößen : C, D, Q _R , T, Q, V _A , n Ergebnisse: Tab.9, Bild 13,16				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
ohne AR-Prop. Meßgrößen : C, D, Q _R , T, Q, V _A , n Ergebnisse: Tab.9, Bild 13,16																			
AR-Prop. dreht leer Meßgrößen : C, D, Q _R , T, Q, V _A , n Ergebnisse: Tab.10, Bild 14,17			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
AR-Prop. fest, Querkraftmessung Meßgrößen : C, T, Q, V _A , n Ergebnisse: Tab.11, Bild 18, 19			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
ohne AR-Prop. Querkraftmessung Meßgrößen : C, T, Q, V _A , n Ergebnisse: Tab.11, Bild 18, 19																			
AR-Prop. dreht leer Querkraftmessung Meßgrößen : C, T, Q, V _A , n Ergebnisse: Tab.12, Bild 20																			
Widerstandsmessung AR-Prop. fest; ohne, dreht leer Meßgrößen : D, T, Q, V _A , n Ergebnisse: Tab.13, Bild 21																			
Propellerfreifahrt Meßgrößen : T, Q, V _A , n Ergebnisse: Tab.6, Bild 11																			

● heißt, daß das Ruder bei mehreren Fortschrittsgeschwindigkeiten untersucht wurde

Tabelle 2 (s. Bild 5,9,10)

Freifahrendes Ruder

Dreikomponentenmessung an Ruder A

A.R.-Prop. dreht leer

$H_R/T_R \approx 0,57$ (Versuch Nr. 50 + Nr. 54)

δ_R α°	V m/s	F_{nR}	$\frac{R_{nR}}{10^5}$	c_C	c_D	$-c_Q$	$-c_{N25}$
19.5	1.31	0.98	2.10	0.65	0.198	0.019	0.025
19.5	1.41	1.05	2.26	0.66	0.194	0.021	0.027
19.5	1.51	1.13	2.42	0.66	0.194	0.020	0.026
19.5	1.61	1.20	2.58	0.67	0.192	0.020	0.026
19.5	1.71	1.28	2.75	0.67	0.192	0.021	0.027
19.5	1.81	1.35	2.91	0.67	0.188	0.021	0.027
19.5	1.91	1.43	3.07	0.67	0.183	0.020	0.026
19.5	2.11	1.57	3.39	0.61	0.171	0.017	0.023
-10.5	1.60	1.19	2.57	-0.35	0.115	0.004	0.001
-20.5	1.61	1.20	2.58	-0.67	0.231	-0.018	-0.024
-25.5	1.61	1.20	2.58	-0.76	0.311	-0.045	-0.052
-30.5	1.60	1.19	2.57	-0.74	0.483	-0.106	-0.114
-35.5	1.61	1.20	2.58	-0.49	0.156	-0.008	-0.012
9.5	1.60	1.19	2.57	0.32	0.108	-0.006	-0.003
14.5	1.60	1.19	2.57	0.48	0.140	0.002	0.006
24.5	1.60	1.19	2.57	0.83	0.269	0.044	0.052
29.5	1.60	1.19	2.57	0.80	0.439	0.102	0.110
19.5	1.50	1.12	2.41	0.65	0.204	0.019	0.025
19.5	1.80	1.34	2.89	0.66	0.190	0.021	0.027
19.5	2.01	1.50	3.23	0.58	0.171	0.020	0.025
19.5	2.02	1.51	3.24	0.58	0.170	0.019	0.024
19.5	1.92	1.43	3.08	0.64	0.181	0.019	0.025
0.0	1.30	0.97	2.09	0.00	0.087	0.000	0.000
0.0	1.40	1.04	2.25	0.00	0.087	0.000	0.000
0.0	1.50	1.12	2.41	0.00	0.078	0.000	0.000
0.0	1.60	1.19	2.57	0.00	0.075	0.000	0.000
0.0	1.71	1.28	2.75	0.00	0.074	0.000	0.000
0.0	1.81	1.35	2.91	0.00	0.073	0.000	0.000
0.0	1.92	1.43	3.08	0.00	0.073	0.000	0.000

Tabelle 3 (s. Bild 6,9,10)

Freifahrendes Ruder

Dreikomponentenmessung an Ruder A

A.R.-Prop. fest

$H_R/T_R \approx 0,57$ (Versuch Nr. 51)

δ_R $^\circ$	V m/s	F_{nR}	$\frac{R_{nR}}{10^5}$	c_C	c_D	$-c_Q$	$-c_{N25}$
-7.5	1.30	0.97	2.09	0.00	0.109	0.006	0.006
-9.5	1.50	1.12	2.41	0.00	0.106	0.006	0.006
-9.5	1.65	1.23	2.65	0.00	0.101	0.010	0.010
-7.5	1.81	1.35	2.91	0.00	0.101	0.009	0.009
9.5	1.60	1.19	2.57	0.23	0.121	-0.026	-0.024
9.5	1.60	1.19	2.57	0.27	0.122	-0.013	-0.010
9.5	1.59	1.19	2.55	0.28	0.127	-0.013	-0.010
9.5	1.81	1.35	2.91	0.29	0.118	-0.011	-0.008
19.5	1.60	1.19	2.57	0.56	0.208	0.011	0.016
24.5	1.60	1.19	2.57	0.54	0.143	0.072	0.077
-17.5	1.60	1.19	2.57	-0.27	0.130	0.020	0.017
-24.5	1.61	1.20	2.58	-0.63	0.225	0.002	-0.004

Tabelle 4 (s. Bild 7,9,10)

Freifahrendes Ruder

Dreikomponentenmessung an Ruder A

ohne A.R.-Prop.

$H_R/T_R \approx 0,57$ (Versuch Nr. 52)

δ_R $^\circ$	V m/s	F_{nR}	$\frac{R_{nR}}{10^5}$	c_C	c_D	$-c_Q$	$-c_{N25}$
-3.5	1.30	0.97	2.09	0.02	0.056	0.002	0.002
-5.5	1.45	1.08	2.33	0.01	0.053	0.001	0.001
-7.5	1.60	1.19	2.57	0.02	0.052	0.002	0.002
-9.5	1.76	1.31	2.83	0.02	0.051	0.001	0.001
9.5	1.60	1.19	2.57	0.34	0.076	-0.002	0.001
19.5	1.60	1.19	2.57	0.73	0.177	0.028	0.035
-17.5	1.60	1.19	2.57	-0.37	0.093	0.003	-0.000
-23.5	1.60	1.19	2.57	-0.67	0.208	-0.010	-0.016
-25.5	1.60	1.19	2.57	-0.69	0.272	-0.044	-0.050

Tabelle 5 (s. Bild 8,9,10)

Freifahrendes Ruder

Dreikomponentenmessung an Ruder B

$H_R/T_R \approx 0,57$ (Versuch Nr. 53)

δ_R 4°	V m/s	F_{nR}	$\frac{R_{nR}}{10^5}$	c_C	c_D	$-c_Q$	$-c_{N25}$
-1.8	1.30	0.97	2.09	-0.04	0.038	0.007	0.007
-3.8	1.45	1.08	2.33	-0.04	0.033	0.007	0.007
-5.8	1.60	1.19	2.57	-0.04	0.032	0.007	0.007
-7.8	1.76	1.31	2.83	-0.04	0.031	0.007	0.007
-9.8	1.96	1.46	3.15	0.00	0.029	0.008	0.008
-11.8	1.92	1.43	3.08	0.00	0.030	0.008	0.008
9.2	1.60	1.19	2.57	0.31	0.054	-0.019	-0.016
14.2	1.60	1.19	2.57	0.51	0.085	-0.023	-0.018
19.2	1.60	1.19	2.57	0.72	0.144	-0.010	-0.004
19.2	1.30	0.97	2.09	0.73	0.153	-0.006	0.000
19.2	1.45	1.08	2.33	0.73	0.145	-0.009	-0.003
19.2	1.75	1.31	2.81	0.71	0.142	-0.012	-0.006
19.2	1.95	1.42	3.05	0.68	0.131	-0.014	-0.008
24.2	1.61	1.20	2.58	0.89	0.210	-0.005	0.003
29.2	1.60	1.19	2.57	0.43	0.137	0.063	0.067
-11.8	1.60	1.19	2.57	-0.37	0.072	0.033	0.030
-15.8	1.60	1.19	2.57	-0.56	0.118	0.031	0.026
-21.8	1.60	1.19	2.57	-0.67	0.191	0.012	0.006
-25.8	1.60	1.19	2.57	-0.69	0.232	0.017	0.011
-25.8	1.61	1.20	2.58	-0.69	0.232	0.017	0.011
-31.8	1.60	1.19	2.57	-0.42	0.155	-0.066	-0.070
-21.8	1.60	1.19	2.57	-0.66	0.190	0.012	0.006
-24.8	1.61	1.20	2.58	-0.68	0.227	0.016	0.010

Tabelle 6 (s. Bild 11)

Propellerfreifahrt (ohne Ruder)

$$D_P/2T_{\text{Welle}} \approx 0,33 \quad R_{nP} \approx 2,5 \cdot 10^5$$

V_A m/s	n s^{-1}	J	K_T	K_Q	η_0	c_T
1,493	10,60	0,680	0,232	0,0402	0,627	1,279
0,907	10,60	0,413	0,354	0,0542	0,430	5,279
0,905	10,65	0,411	0,356	0,0550	0,423	5,388
1,000	10,63	0,454	0,339	0,0525	0,468	4,186
1,100	10,61	0,501	0,319	0,0503	0,506	3,242
1,198	10,73	0,539	0,301	0,0480	0,538	2,632
1,497	10,64	0,680	0,232	0,0399	0,629	1,279
1,300	10,73	0,585	0,276	0,0451	0,571	2,056
1,395	10,65	0,633	0,253	0,0426	0,599	1,609
1,605	10,65	0,728	0,202	0,0364	0,643	0,971
1,712	10,62	0,779	0,173	0,0332	0,648	0,728
1,820	10,78	0,816	0,158	0,0301	0,681	0,605
1,918	10,61	0,873	0,121	0,0258	0,655	0,406
2,022	10,65	0,917	0,089	0,0218	0,598	0,271
2,130	10,70	0,962	0,060	0,0182	0,505	0,165

Kontrollmessung: Propeller hinter Freifahrtkasten

1,104	10,60	0,503	0,302	0,0499	0,484
1,300	10,66	0,589	0,262	0,0456	0,538
1,505	10,68	0,681	0,223	0,0407	0,595
1,706	10,66	0,773	0,169	0,0337	0,618
1,916	10,76	0,860	0,110	0,0261	0,577
0,909	10,57	0,415	0,339	0,0540	0,416

Kontrollmessung: Propeller vor Freifahrtkasten (normal)

0,909	10,65	0,412	0,344	0,0536	0,421
1,109	10,65	0,503	0,314	0,0498	0,505
1,300	10,66	0,589	0,266	0,0446	0,558
1,510	10,65	0,685	0,223	0,0389	0,625
1,710	10,75	0,768	0,177	0,0328	0,658
1,915	10,62	0,871	0,114	0,0252	0,626

Tabelle 7 (s. Bild 11)

Propellerfreifahrt mit Ruder ($\delta_R = 0^\circ$)

Ruderwiderstand im Propellerstrahl ($\delta_R = 0^\circ$)

$$D_P/2T_{\text{Welle}} \approx 0,33 \quad H_R/T_R \approx 0,58 \quad R_{nP} \approx 2,5 \cdot 10^5$$

mit Ruder A, A.R.-Prop. dreht leer (aus Vers. Nr. 31) :

V_A m/s	n s^{-1}	J	K_T	K_Q	D/T	c_T
0,997	10,67	0,451	0,349	0,0555	0,100	4,363
1,206	10,61	0,549	0,315	0,0516	0,120	2,661
1,390	10,58	0,635	0,280	0,0479	0,148	1,771
1,603	10,70	0,724	0,243	0,0430	0,159	1,182
1,815	10,76	0,815	0,183	0,0357	0,193	0,703
0,800	10,07	0,384	0,386	0,0598	0,093	6,677
0,502	9,38	0,259	0,427	0,0654	0,072	16,286
0,000	8,47	0,000	0,513	0,0759	0,049	∞

mit Ruder A, ohne A.R.-Prop. (aus Vers. Nr. 34) :

1,006	10,72	0,453	0,363	0,0557	0,028	4,499
1,296	10,63	0,589	0,310	0,0495	0,098	2,277
1,500	10,70	0,677	0,274	0,0462	0,112	1,521
1,801	10,65	0,817	0,194	0,0364	0,145	0,739
0,806	10,13	0,384	0,392	0,0603	0,062	6,757

mit Ruder A, A.R.-Prop. fest (aus Vers. Nr. 33) :

1,000	10,69	0,452	0,357	0,0553	0,122	4,448
1,298	10,63	0,590	0,310	0,0502	0,162	2,270
1,504	10,64	0,683	0,269	0,0456	0,189	1,469
1,805	10,75	0,811	0,194	0,0364	0,215	0,752
0,803	10,08	0,385	0,396	0,0609	0,110	6,808

mit Ruder B (aus Vers. Nr. 35) :

1,004	10,58	0,458	0,346	0,0542	0,044	4,193
1,200	10,55	0,549	0,310	0,0501	0,053	2,615
1,405	10,65	0,637	0,276	0,0466	0,071	1,734
1,503	10,59	0,686	0,251	0,0437	0,079	1,363
1,608	10,70	0,726	0,233	0,0412	0,081	1,125
1,710	10,70	0,772	0,205	0,0377	0,087	0,877
1,818	10,69	0,822	0,173	0,0339	0,107	0,653
1,918	10,65	0,870	0,146	0,0303	0,130	0,493
0,808	10,11	0,386	0,378	0,0563	0,035	6,456

Tabelle 8 (s. Bild 12,15)

Ruder im Propellerstrahl

Dreikomponentenmessung an Ruder A

$$H_R/T_R \approx 0,58$$

$$D_P/2T_{Welle} \approx 0,33$$

A.R.-Prop. dreht leer (Versuch Nr. 31) :

δ_R Δ°	V_A m/s	n s^{-1}	J	K_T	c_T	V_0 m/s	c_{CO}	c_{DO}	$-c_{QO}$
0	0.997	10.67	0.451	0.349	4.353	2.307	0.009	0.061	-0.013
0	1.206	10.61	0.549	0.315	2.656	2.306	0.009	0.065	-0.012
0	1.390	10.58	0.635	0.280	1.766	2.312	0.009	0.071	-0.011
0	1.603	10.70	0.724	0.243	1.179	2.366	0.004	0.064	-0.009
0	1.815	10.76	0.815	0.183	0.700	2.367	0.009	0.059	-0.007
0	0.800	10.07	0.384	0.386	6.665	2.215	0.005	0.060	-0.013
0	0.502	9.38	0.259	0.427	16.250	2.085	0.000	0.051	-0.016
0	0.000	8.47	0.000	0.513	∞	2.002	0.000	0.037	-0.016

A.R.-Prop. dreht leer (Versuch Nr. 30) :

20	1.593	10.66	0.722	0.255	1.245	2.387	0.426	0.142	0.006
20	1.405	10.68	0.636	0.285	1.794	2.349	0.426	0.146	0.008
20	1.500	10.60	0.684	0.272	1.479	2.362	0.422	0.145	0.008
20	1.600	10.79	0.716	0.245	1.216	2.382	0.420	0.142	0.006
20	1.713	10.76	0.769	0.223	0.960	2.398	0.426	0.140	0.007
20	1.813	10.80	0.811	0.198	0.766	2.409	0.431	0.147	0.007
20	1.200	10.65	0.544	0.324	2.782	2.334	0.410	0.131	0.001
20	1.020	10.56	0.467	0.361	4.212	2.329	0.351	0.115	-0.003
20	0.800	10.10	0.386	0.394	6.712	2.244	0.318	0.102	-0.005
20	0.503	9.03	0.269	0.432	15.187	2.024	0.132	0.095	-0.007
20	0.000	7.91	0.000	0.507	∞	1.858	0.152	0.064	-0.014
-20	1.295	10.64	0.588	0.314	2.308	2.355	-0.361	0.166	-0.018
-20	1.505	10.72	0.678	0.265	1.467	2.364	-0.371	0.178	-0.019
-20	1.698	10.65	0.770	0.215	0.923	2.355	-0.383	0.186	-0.016
-20	1.300	10.65	0.590	0.308	2.250	2.343	-0.360	0.168	-0.018

A.R.-Prop. dreht leer (Versuch Nr. 32) :

-10	1.200	10.66	0.544	0.317	2.725	2.316	-0.177	0.086	-0.009
-10	1.550	10.60	0.706	0.251	1.278	2.340	-0.201	0.091	-0.006
-20	1.198	10.60	0.546	0.326	2.777	2.328	-0.355	0.149	-0.015
-20	1.548	10.65	0.702	0.258	1.330	2.363	-0.372	0.173	-0.018
-30	1.197	10.65	0.543	0.327	2.820	2.339	-0.420	0.274	-0.040
-30	1.552	10.60	0.707	0.265	1.346	2.377	-0.460	0.302	-0.050
-35	1.200	10.61	0.546	0.329	2.806	2.341	-0.456	0.345	-0.058
-35	1.553	10.62	0.706	0.273	1.392	2.402	-0.468	0.399	-0.083
-40	1.200	10.60	0.547	0.334	2.844	2.353	-0.461	0.450	-0.087
-40	1.545	10.68	0.699	0.280	1.455	2.421	-0.486	0.495	-0.120
10	1.200	10.60	0.547	0.323	2.749	2.323	0.199	0.075	-0.012
10	1.545	10.67	0.700	0.257	1.335	2.361	0.220	0.079	-0.010
20	1.200	10.67	0.543	0.321	2.768	2.329	0.406	0.133	0.001
20	1.550	10.65	0.703	0.258	1.327	2.364	0.412	0.145	0.008
30	1.195	10.60	0.545	0.326	2.791	2.327	0.480	0.230	0.028
30	1.553	10.57	0.710	0.262	1.322	2.366	0.500	0.247	0.044
35	1.195	10.68	0.541	0.329	2.868	2.350	0.516	0.284	0.051
35	1.553	10.72	0.700	0.268	1.392	2.402	0.546	0.304	0.059
40	1.195	10.66	0.542	0.331	2.868	2.350	0.552	0.334	0.074
40	1.545	10.63	0.702	0.273	1.407	2.397	0.583	0.337	0.103

Tabelle 9 (s. Bild 13,16)

Ruder im Propellerstrahl

Dreikomponentenmessung an Ruder A

$$H_R/T_R \approx 0,58$$

$$D_P/2T_{Welle} \approx 0,33$$

ohne A.R.-Prop. (Versuch Nr. 34) :

δ_R Δ°	V_A m/s	n s^{-1}	J	K_T	c_T	V_0 m/s	c_{CO}	c_{DO}	$-c_{QO}$
0	1.006	10.72	0.453	0.363	4.491	2.357	0.009	0.043	-0.010
0	1.297	10.63	0.589	0.310	2.268	2.345	0.005	0.050	-0.009
0	1.500	10.70	0.677	0.274	1.517	2.380	0.009	0.050	-0.007
0	1.801	10.65	0.817	0.193	0.737	2.373	0.000	0.046	-0.006
0	0.806	10.13	0.384	0.392	6.745	2.243	0.010	0.040	-0.011
25	1.558	—	—	—	1.361	2.394	0.463	0.153	0.027
35	1.560	10.30	0.732	0.261	1.239	2.334	0.569	0.288	0.079
-25	1.543	10.67	0.699	0.266	1.387	2.384	-0.423	0.219	-0.035
-35	1.550	10.62	0.705	0.278	1.420	2.411	-0.507	0.365	-0.074

A.R.-Prop. fest (Versuch Nr. 33) :

15	1.550	10.65	0.703	0.262	1.349	2.376	0.288	0.114	-0.015
25	1.543	10.65	0.700	0.262	1.362	2.371	0.445	0.197	0.010
35	1.550	10.70	0.700	0.265	1.375	2.389	0.526	0.303	0.058
-25	1.550	10.65	0.703	0.262	1.349	2.376	-0.390	0.241	-0.023
-35	1.547	10.60	0.705	0.279	1.426	2.409	-0.448	0.397	-0.076
0	1.000	10.69	0.452	0.356	4.436	2.332	0.000	0.075	-0.013
0	1.298	10.63	0.590	0.310	2.264	2.345	0.000	0.084	-0.013
0	1.504	10.64	0.683	0.269	1.466	2.362	0.009	0.081	-0.009
0	1.805	10.75	0.811	0.194	0.750	2.388	0.000	0.069	-0.006
0	0.803	10.08	0.385	0.396	6.796	2.242	0.010	0.072	-0.014

Tabelle 10 (s. Bild 14,17)

Ruder im Propellerstrahl

Dreikomponentenmessung an Ruder B

$$H_R/T_R \approx 0,58$$

$$D_P/2T_{Welle} \approx 0,33 \text{ (Versuch Nr. 35)}$$

δ_R Δ°	V_A m/s	n s^{-1}	J	K_T	c_T	V_0 m/s	c_{CO}	c_{DO}	$-c_{QO}$
-20	1.003	10.55	0.459	0.349	4.206	2.289	-0.330	0.100	0.011
-20	1.203	10.65	0.546	0.313	2.669	2.304	-0.377	0.122	0.008
-20	1.403	10.60	0.639	0.279	1.734	2.320	-0.390	0.141	0.004
-20	1.602	10.64	0.727	0.235	1.130	2.338	-0.393	0.148	0.007
-20	1.812	10.78	0.812	0.185	0.715	2.373	-0.409	0.156	0.010
-20	1.005	10.55	0.460	0.349	4.190	2.289	-0.334	0.103	0.011
-20	0.809	10.12	0.386	0.382	6.517	2.218	-0.285	0.089	0.011
-20	0.503	9.35	0.260	0.430	16.185	2.085	-0.224	0.068	0.011
-20	0.000	8.53	0.000	0.496	∞	1.984	-0.140	0.037	0.012
20	1.030	10.54	0.472	0.352	4.021	2.308	0.374	0.087	-0.014
20	1.200	10.58	0.548	0.317	2.683	2.303	0.413	0.101	-0.011
20	1.398	10.67	0.633	0.280	1.774	2.328	0.420	0.114	-0.007
20	1.555	10.68	0.703	0.244	1.253	2.334	0.427	0.117	-0.007
20	1.760	10.72	0.793	0.191	0.771	2.342	0.442	0.119	-0.008
20	0.805	10.13	0.384	0.376	6.488	2.203	0.330	0.076	-0.016
20	0.499	9.36	0.258	0.429	16.446	2.084	0.271	0.059	-0.016
20	0.030	8.53	0.017	0.503	$\rightarrow \infty$	1.997	0.169	0.032	-0.017
10	1.004	10.53	0.461	0.349	4.177	2.284	0.182	0.035	-0.016
10	1.200	10.64	0.545	0.313	2.683	2.303	0.203	0.042	-0.015
10	1.400	10.60	0.638	0.274	1.713	2.306	0.221	0.049	-0.014
10	1.558	10.70	0.703	0.243	1.248	2.336	0.234	0.049	-0.014
10	0.805	10.09	0.385	0.375	6.414	2.192	0.167	0.031	-0.015
-10	1.004	10.62	0.457	0.343	4.177	2.284	-0.163	0.046	0.005
-10	1.298	10.59	0.592	0.293	2.127	2.295	-0.199	0.058	0.004
-10	1.558	10.61	0.709	0.246	1.243	2.333	-0.211	0.059	0.007
-10	1.007	10.74	0.453	0.339	4.206	2.298	-0.161	0.045	0.005
0	1.004	10.58	0.458	0.345	4.177	2.284	0.010	0.027	-0.006
0	1.200	10.55	0.549	0.310	2.607	2.279	0.010	0.028	-0.005
0	1.405	10.65	0.637	0.276	1.729	2.321	0.005	0.034	-0.006
0	1.503	10.59	0.686	0.251	1.360	2.309	0.005	0.034	-0.005
0	1.608	10.70	0.726	0.233	1.122	2.342	0.005	0.032	-0.004
0	1.710	10.70	0.772	0.205	0.875	2.342	0.009	0.030	-0.001
0	1.818	10.69	0.822	0.173	0.650	2.336	0.005	0.031	0.000
0	1.918	10.65	0.870	0.146	0.492	2.342	0.005	0.032	0.001
0	0.808	10.11	0.386	0.378	6.440	2.204	0.010	0.023	-0.006
-20	1.558	10.63	0.708	0.249	1.265	2.345	-0.387	0.142	0.005
-30	1.556	10.66	0.705	0.257	1.316	2.368	-0.491	0.234	-0.018
-35	1.556	10.63	0.707	0.263	1.339	2.380	-0.489	0.326	-0.064
-35	1.556	10.55	0.713	0.267	1.339	2.380	-0.486	0.318	-0.064
-40	1.500	10.67	0.679	0.271	1.495	2.370	-0.530	0.452	-0.084
30	1.560	10.72	0.703	0.259	1.332	2.382	0.511	0.162	0.021
35	1.560	10.67	0.706	0.259	1.318	2.375	0.559	0.266	0.039
40	1.558	10.82	0.696	0.268	1.406	2.417	0.582	0.316	0.069

Tabelle 11 (s. Bild 18,19)

Ruder im Propellerstrahl (Vorversuch)

Querkraftmessung an Ruder A₁

$$H_R/T_R \approx 0,60$$

$$D_P/2T_{Welle} \approx 0,34$$

ohne A.R.-Prop. (Versuch Nr. 21) :

δ_R 4°	V _A m/s	n s ⁻¹	J	K _T	K _Q	c _T	V _O m/s	c _{CO}
0	1,275	10,64	0,579	0,300	0,0479	2,276	2,308	-0,015
0	1,585	10,73	0,714	0,246	0,0413	1,227	2,366	-0,013
10	1,282	10,62	0,583	0,301	0,0480	2,252	2,312	0,183
10	1,582	10,55	0,724	0,241	0,0407	1,169	2,330	0,214
20	1,275	10,57	0,583	0,304	0,0475	2,276	2,308	0,430
20	1,575	10,69	0,712	0,248	0,0413	1,243	2,359	0,472
30	1,279	10,60	0,583	0,302	0,0479	2,262	2,310	0,661
30	1,580	10,72	0,712	0,251	0,0421	1,259	2,375	0,697
35	1,281	10,63	0,582	0,308	0,0476	2,312	2,331	0,749
35	1,581	10,68	0,715	0,256	0,0421	1,271	2,383	0,805
40	1,281	10,68	0,579	0,310	0,0489	2,351	2,345	0,825
40	1,582	10,75	0,711	0,267	0,0424	1,341	2,421	0,744
40	1,579	10,61	0,719	0,261	0,0426	1,284	2,386	0,768
40	1,282	10,63	0,583	0,311	0,0479	2,329	2,339	0,836
45	1,275	10,63	0,579	0,324	0,0493	2,452	2,369	0,638
45	1,581	10,67	0,716	0,271	0,0435	1,343	2,420	0,697
-10	1,280	10,64	0,581	0,321	0,0475	2,415	2,365	-0,213
-10	1,579	10,60	0,720	0,245	0,0396	1,204	2,344	-0,244
-20	1,279	10,78	0,573	0,299	0,0463	2,315	2,329	-0,413
-20	1,582	10,66	0,717	0,247	0,0402	1,221	2,357	-0,483
-30	1,279	10,63	0,581	0,308	0,0473	2,315	2,329	-0,604
-30	1,590	10,69	0,719	0,243	0,0420	1,197	2,357	-0,698
-35	1,276	10,65	0,579	0,317	0,0491	2,409	2,356	-0,664
-35	1,587	10,73	0,715	0,269	0,0424	1,321	2,418	-0,731
-40	1,282	10,66	0,581	0,320	0,0484	2,407	2,366	-0,710
-40	1,580	10,62	0,719	0,322	0,0432	1,585	2,540	-0,663

A.R.-Prop. fest (Versuch Nr. 22) :

0	1,277	10,58	0,583	0,303	0,0474	2,269	2,309	0,015
0	1,585	10,65	0,719	0,242	0,0396	1,193	2,347	0,016
-10	1,282	10,65	0,582	0,304	0,0467	2,287	2,324	-0,160
-10	1,577	10,73	0,710	0,250	0,0397	1,263	2,373	-0,169
-20	1,273	10,57	0,582	0,309	0,0471	2,319	2,319	-0,343
-20	1,584	10,75	0,712	0,254	0,0405	1,275	2,389	-0,381
-30	1,280	10,64	0,581	0,313	0,0472	2,354	2,344	-0,494
-30	1,585	10,67	0,718	0,256	0,0415	1,265	2,385	-0,595
-30	1,580	—	—	—	—	1,270	2,381	-0,587
-35	1,276	10,70	0,576	0,317	0,0460	2,430	2,363	-0,517
-35	1,576	10,71	0,711	0,269	0,0412	1,352	2,417	-0,570
-40	1,282	10,63	0,583	0,321	0,0459	2,407	2,366	-0,560
-40	1,585	10,69	0,716	0,277	0,0420	1,371	2,441	-0,595
10	1,279	10,63	0,581	0,301	0,0425	2,262	2,310	0,173
10	1,577	10,58	0,720	0,243	0,0377	1,193	2,335	0,181
20	1,282	10,68	0,580	0,302	0,0434	2,287	2,324	0,370
20	1,577	10,63	0,717	0,246	0,0370	1,217	2,348	0,400
30	1,275	10,65	0,578	0,307	0,0444	2,334	2,328	0,578
30	1,582	10,65	0,718	0,247	0,0379	1,221	2,357	0,626
35	1,275	10,61	0,581	0,309	0,0440	2,334	2,328	0,661
35	1,577	10,67	0,714	0,256	0,0394	1,277	2,380	0,685

Tabelle 12 (s. Bild 20)

Ruder im Propellerstrahl (Vorversuch)

Querkraftmessung an Ruder A₁

$$H_R/T_R \approx 0,60$$

$$D_P/2T_{\text{Welle}} \approx 0,34$$

A.R.-Prop. dreht leer (Versuch Nr. 26) :

δ_R 4°	V_A m/s	n s ⁻¹	J	K_T	K_Q	c_T	V_0 m/s	c_{CO}
0	1,282	10,53	0,588	0,308	0,0502	2,264	2,316	-0,013
0	1,480	10,49	0,682	0,270	0,0458	1,476	2,329	-0,013
0	1,678	10,50	0,772	0,216	0,0393	0,922	2,326	-0,018
0	1,880	10,50	0,865	0,156	0,0311	0,530	2,325	-0,021
0	1,980	10,35	0,924	0,125	0,0272	0,373	2,320	-0,022
20	0,690	10,08	0,331	0,398	0,0614	9,246	2,209	0,299
20	0,900	10,47	0,415	0,369	0,0578	5,435	2,283	0,333
20	1,087	10,55	0,498	0,337	0,0543	3,457	2,295	0,380
20	1,285	10,47	0,593	0,299	0,0498	2,165	2,286	0,436
20	1,480	10,51	0,680	0,264	0,0456	1,450	2,317	0,459
20	1,686	10,62	0,767	0,222	0,0394	0,958	2,359	0,486
20	1,915	10,60	0,873	0,156	0,0311	0,520	2,361	0,581
20	2,080	10,59	0,949	0,111	0,0252	0,315	2,385	0,629
20	2,290	10,62	1,042	0,055	0,0178	0,130	2,434	0,645
20	0,397	9,62	0,199	0,439	0,0664	28,075	2,141	0,251
20	0,000	—	—	—	—	∞	2,076	0,180
20	0,100	9,03	0,053	0,479	0,0718	425,496	2,065	0,187
-20	0,693	10,05	0,333	0,397	0,0606	9,095	2,202	-0,261
-20	0,892	10,23	0,421	0,358	0,0559	5,133	2,209	-0,307
-20	1,085	10,50	0,499	0,338	0,0538	3,450	2,289	-0,349
-20	1,286	10,66	0,583	0,302	0,0493	2,264	2,323	-0,398
-20	1,490	10,56	0,682	0,269	0,0454	1,472	2,343	-0,419
-20	1,690	10,56	0,773	0,216	0,0391	0,918	2,340	-0,476
-20	1,900	10,62	0,864	0,162	0,0321	0,553	2,367	-0,531
-20	2,075	10,60	0,946	0,114	0,0255	0,324	2,388	-0,628
-20	2,303	10,60	1,050	0,058	0,0175	0,135	2,453	-0,660
-20	2,110	10,67	0,955	0,115	0,0249	0,321	2,425	-0,609
-20	1,895	10,52	0,870	0,164	0,0160	0,550	2,359	-0,537
-20	0,415	10,00	0,200	0,246	0,0311	15,534	1,687	-0,341
-20	0,100	9,00	0,054	0,293	0,0354	258,684	1,611	-0,261
-20	1,080	10,55	0,495	0,340	0,0675	3,531	2,299	-0,350
-20	1,080	9,40	0,555	0,311	0,0517	2,568	2,040	-0,389
-20	1,080	—	—	—	—	1,839	1,820	-0,418
-20	0,992	9,64	0,497	0,391	0,0271	4,021	2,223	-0,317
-20	0,883	8,44	0,505	0,334	0,0546	3,328	1,837	-0,357
-20	0,740	7,08	0,505	0,369	0,0604	3,683	1,601	-0,367
-20	0,656	6,22	0,509	0,335	0,0555	3,285	1,358	-0,367
-20	0,997	9,66	0,499	0,339	0,0543	3,467	2,107	-0,352

Tabelle 13 (s. Bild 21)

Ruder im Propellerstrahl (Vorversuch)

Widerstandsmessung an Ruder A₁

$$H_R/T_R \approx 0,60$$

$$D_P/2T_{\text{Welle}} \approx 0,34$$

A.R.-Prop. dreht leer (Versuch Nr. 25) :

δ_R χ°	V_A m/s	n s^{-1}	J	K_T	K_Q	c_T	V_0 m/s	c_{D0}
0	1,098	10,58	0,501	0,342	0,0528	3,460	2,319	0,066
0	1,302	10,63	0,592	0,307	0,0489	2,228	2,339	0,076
0	1,395	10,66	0,632	0,288	0,0471	1,833	2,348	0,076
0	1,510	10,03	0,727	0,237	—	1,141	2,209	—
0	1,498	10,65	0,680	0,265	—	1,457	2,348	0,075
0	1,710	10,66	0,775	0,214	—	0,905	2,360	0,067
0	1,612	10,75	0,724	0,243	0,0415	1,178	2,379	0,068
0	1,928	10,84	0,859	0,157	0,0316	0,542	2,394	0,069
0	0,700	9,05	0,374	0,390	0,0595	7,101	1,992	0,076
0	0,301	8,93	0,163	0,464	0,0678	44,504	2,030	0,057
0	0,000	8,96	0,000	0,512	0,0738	∞	2,117	0,048

ohne A.R.-Prop. (Versuch Nr. 24) :

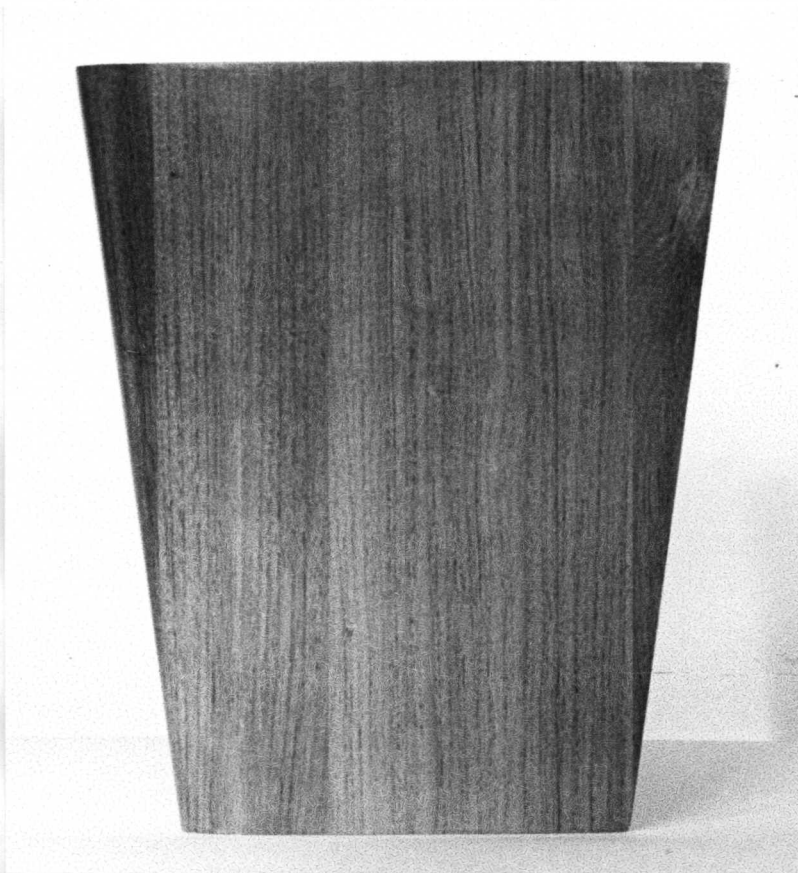
0	1,098	10,57	0,502	0,343	0,0530	3,460	2,319	0,051
0	1,305	10,57	0,596	0,304	0,0492	2,169	2,323	0,059
0	1,400	10,55	0,641	0,286	0,0472	1,772	2,331	0,059
0	1,506	10,64	0,684	0,267	0,0449	1,452	2,358	0,058
0	1,715	10,60	0,782	0,212	0,0381	0,884	2,354	0,052
0	1,910	10,68	0,864	0,158	0,0319	0,537	2,368	0,055
0	1,613	10,51	0,741	0,231	0,0403	1,069	2,320	0,055

A.R.-Prop. fest (Versuch Nr. 23) :

0	0,000	7,90	0,000	0,518	0,0744	∞	1,876	0,050
0	0,000	7,93	0,000	0,507	0,0732	∞	1,864	0,046
0	1,208	10,25	0,569	0,370	—	2,903	2,386	0,078
0	1,198	10,63	0,544	0,322	0,0507	2,765	2,325	0,086
0	1,302	10,65	0,591	0,300	0,0491	2,245	2,345	0,091
0	1,405	10,68	0,636	0,289	0,0468	1,822	2,360	0,094
0	1,506	10,68	0,681	0,268	0,0448	1,470	2,367	0,090
0	1,610	10,67	0,729	0,247	0,0418	1,181	2,378	0,082
0	1,720	10,68	0,778	0,218	0,0383	0,915	2,380	0,077
0	1,820	10,67	0,824	0,186	0,0347	0,697	2,371	0,079
0	1,927	10,66	0,873	0,148	0,0305	0,494	2,355	0,082
0	1,105	10,57	0,505	0,339	0,0527	3,378	2,312	0,081



Rudermodell A



Rudermodell B

Bild 1

Modell des Ruders des F.S. Meteor
(Ruder A)

Maßstab 1:1

Ruderprofil : NACA 0023

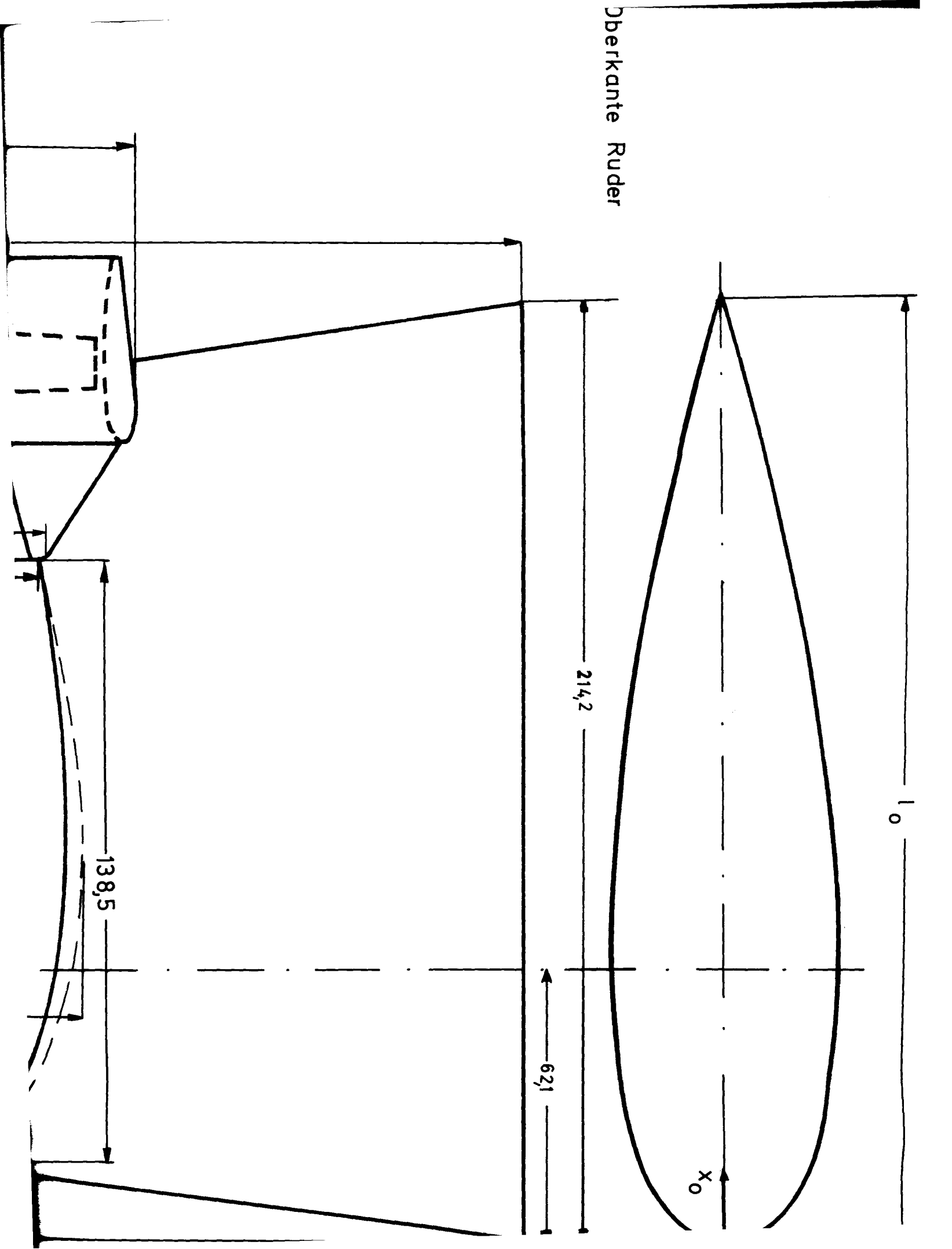
l Oberkante = 214,2mm ; l Unterkante = 147,1mm

X/l	Y/l für d/l=0,1	X _o in mm	Y _o in mm	X _u in mm	Y _u in mm
0,0125	0,01596	2,68	7,86	1,84	5,38
0,025	0,02210	5,35	10,88	3,68	7,47
0,050	0,03014	10,7	14,72	7,35	10,2
0,075	0,03565	16,05	17,5	11,03	12,05
0,10	0,03969	21,4	19,95	14,7	13,4
0,15	0,04510	32,1	22,2	22,05	15,25
0,20	0,04912	42,8	23,5	29,4	16,2
0,25	0,04960	53,5	24,4	36,7	16,75
0,30	0,05000	64,2	24,6	44,1	16,9

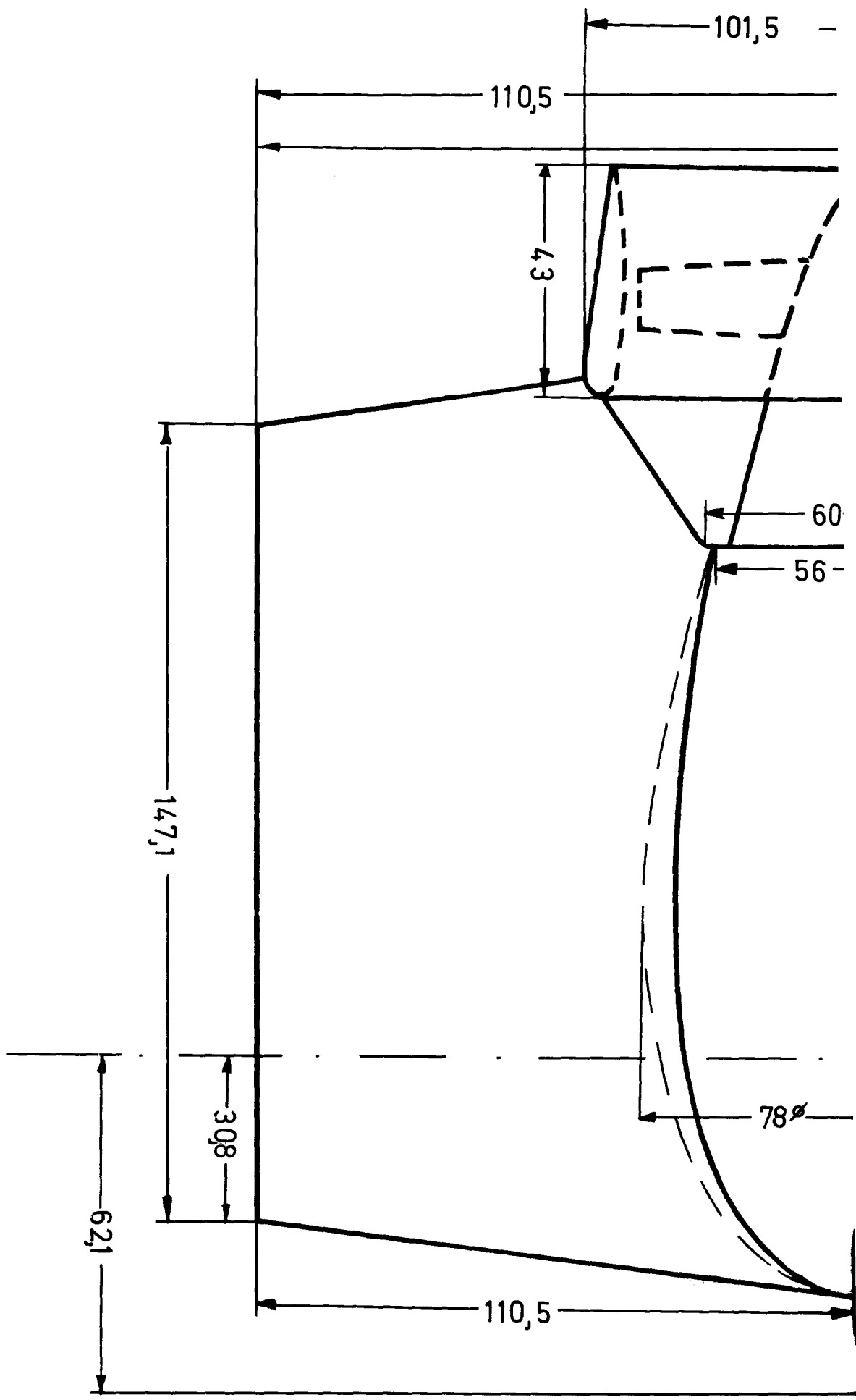
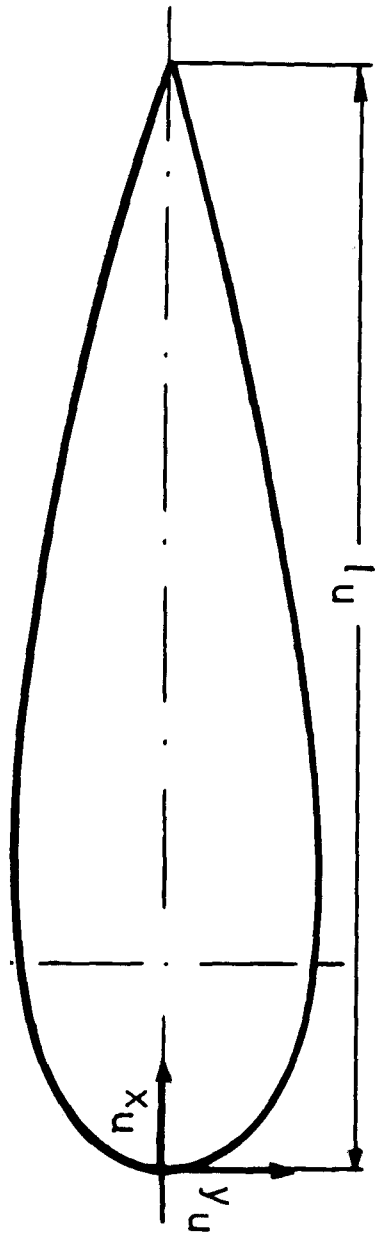
0,10	0,03969	21,4	19,95	14,7	13,4
0,15	0,04510	32,1	22,2	22,05	15,25
0,20	0,04812	42,8	23,5	29,4	16,2
0,25	0,04960	53,5	24,4	36,7	16,75
0,30	0,05000	64,2	24,6	44,1	16,9
0,40	0,04872	85,6	23,9	58,8	16,45
0,50	0,04506	107,0	22,4	73,5	15,4
0,60	0,03932	128,5	19,4	88,2	13,3
0,70	0,03174	149,8	15,6	103,0	10,7
0,80	0,02265	171,2	11,15	117,8	7,67
0,90	0,01231	192,6	6,05	132,5	4,16
0,95	0,00675	203,5	3,32	140,0	2,28
1,00	0,00100	214,2	0,492	147,1	0,338

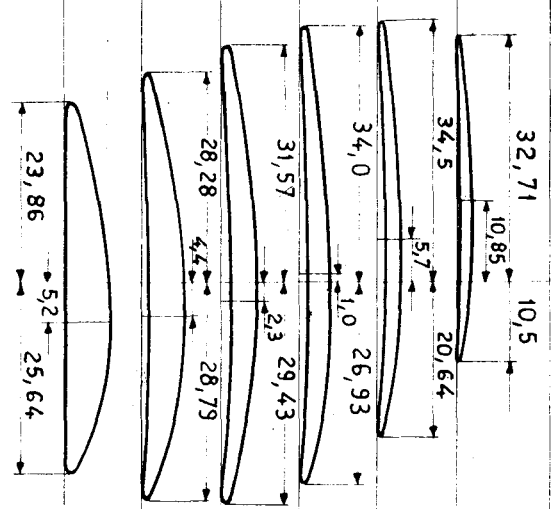
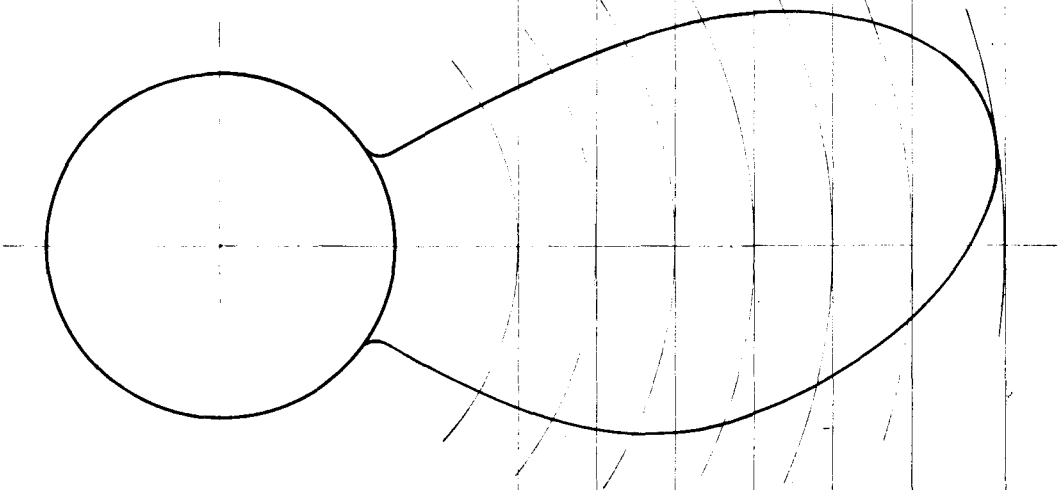
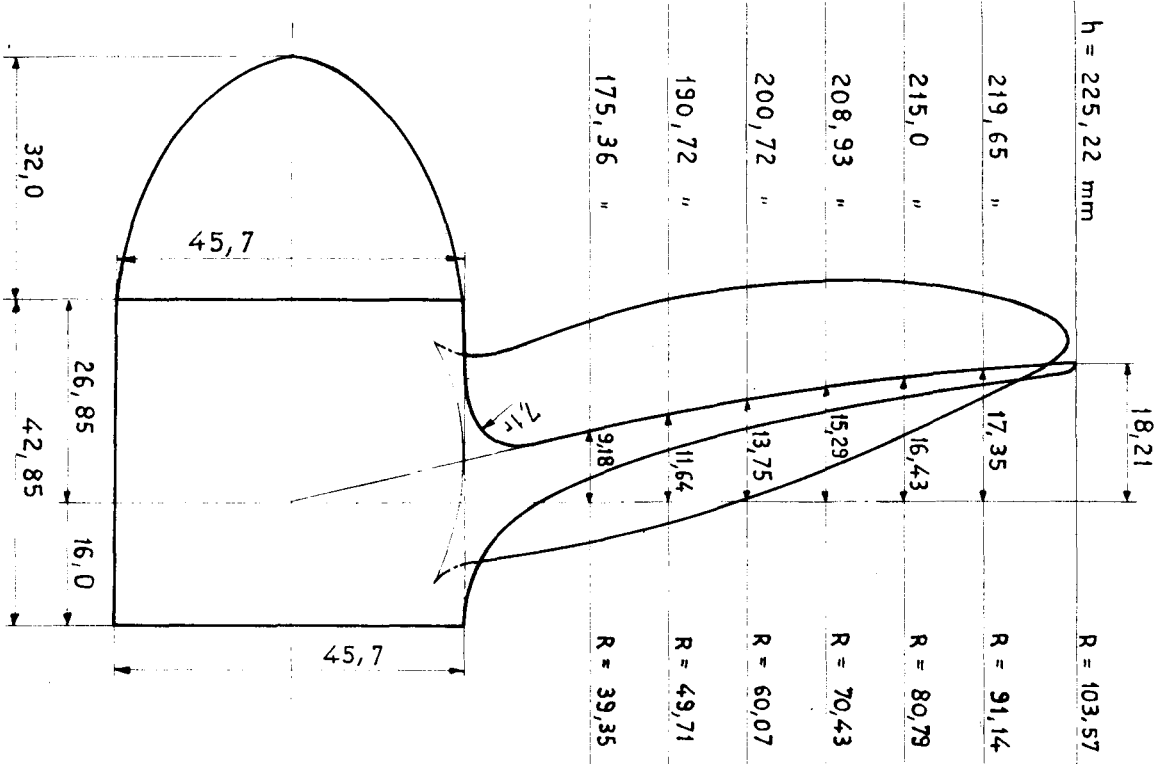
Bild 2

Oberkante Ruder



unterkante Ruder





$D_p = 207,14$ mm
 $H_m = 207,14$ mm
 $F_a/F_m = 60\%$
 $Z = 5$

Bild 3 Propeller - Modell [4]

Bild 5

Kräfte am freifahrenden Ruder

Modell A. $H_R/T_R \approx 0,57$. $F_{nR} \approx 1,19$. $R_{nR} \approx 0,26 \cdot 10^6$

A.R.- Prop. dreht leer

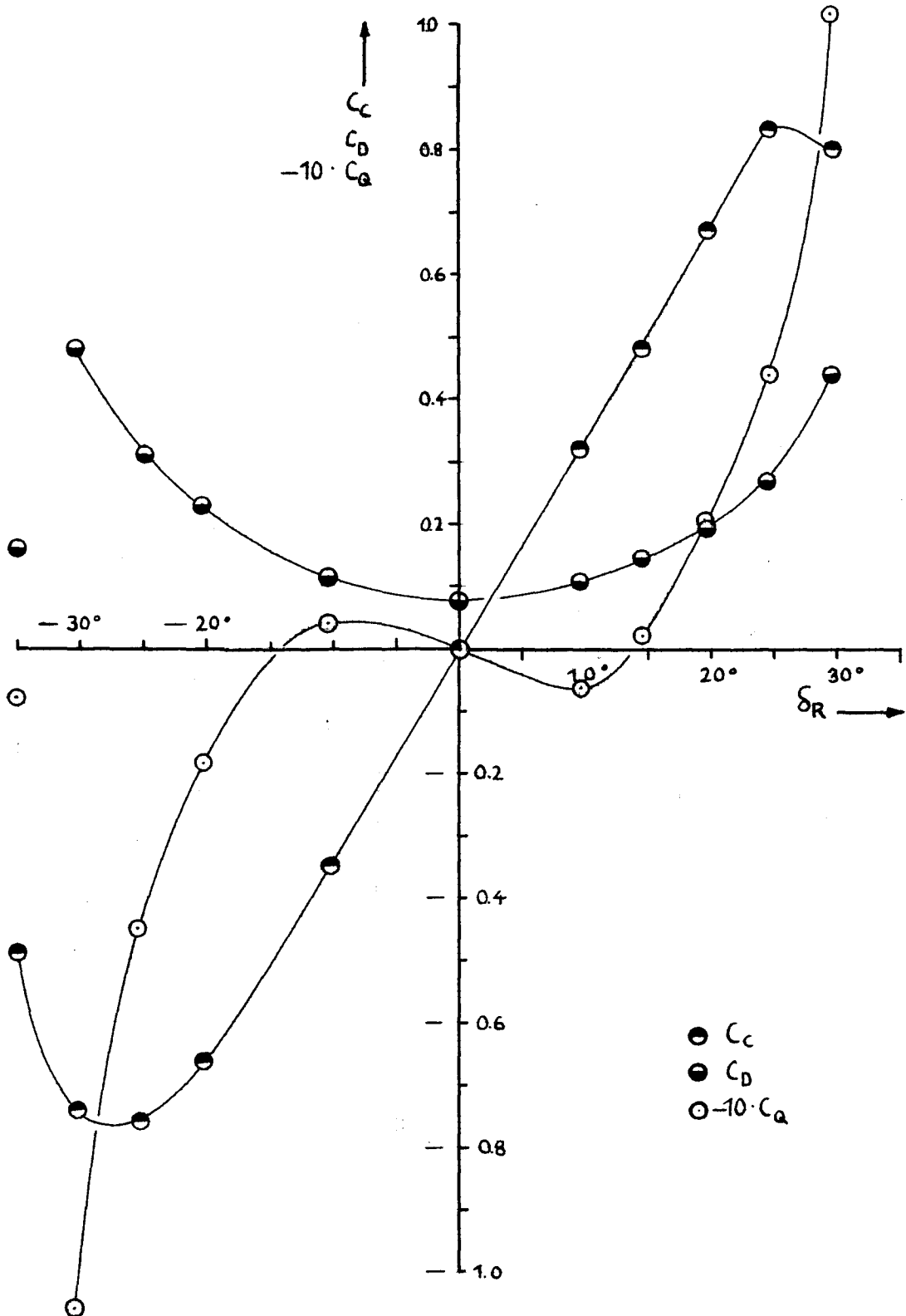


Bild 6

Kräfte am freifahrenden Ruder

Modell A . $H_R/T_R \approx 0,57$. $F_{nR} \approx 1,19$. $R_{nR} \approx 0,26 \cdot 10^6$

A.R. - Prop. fest

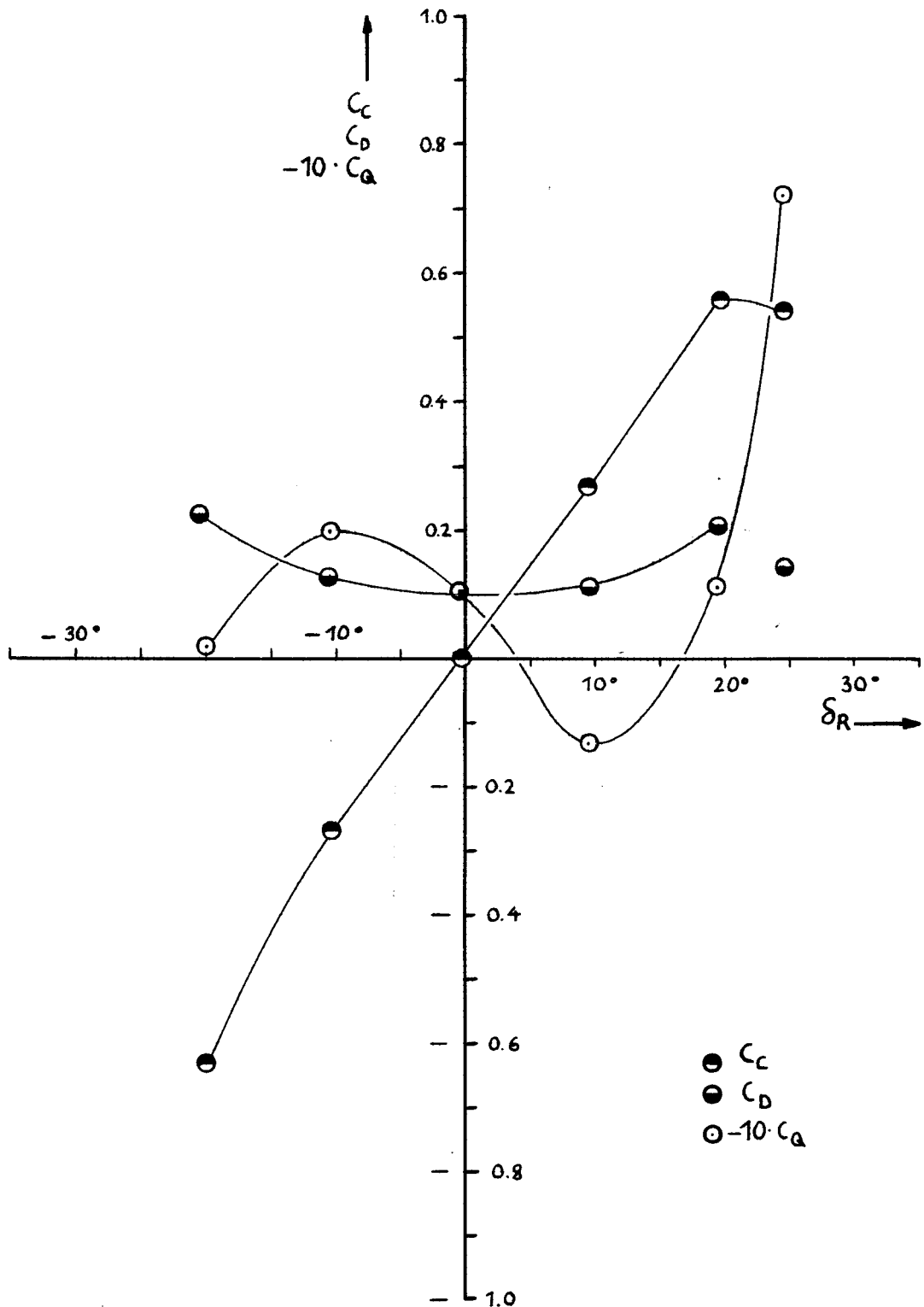


Bild 7

Kräfte am freifahrenden Ruder

Modell A. $H_R/T_R \approx 0,57$. $F_{nR} \approx 1,19$. $R_{nR} \approx 0,26 \cdot 10^6$
ohne A.R.-Prop.

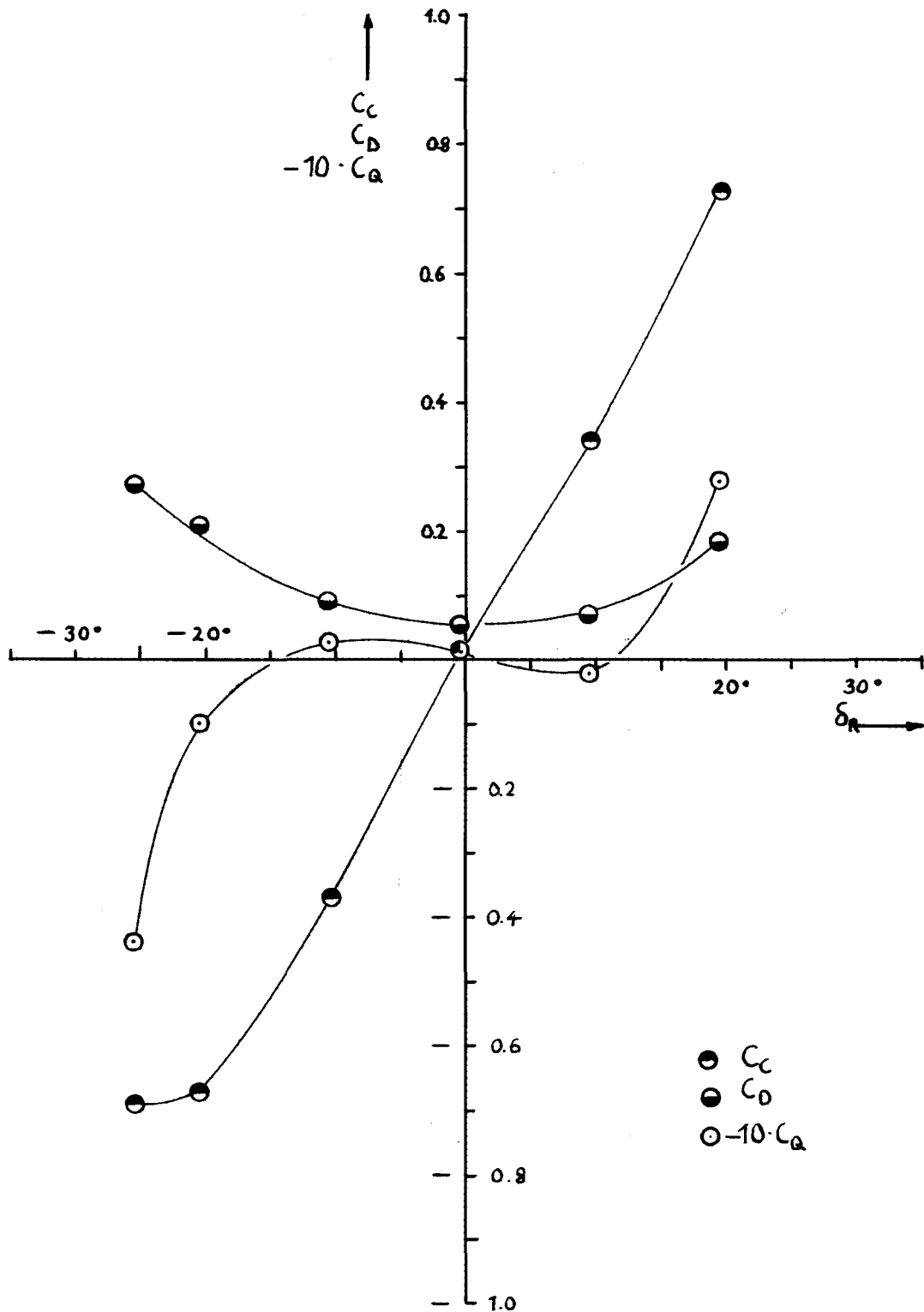


Bild 8

Kräfte am freifahrenden Ruder

Modell B. $H_R/T_R \approx 0,57$. $F_{nR} \approx 1,19$. $R_{nR} \approx 0,26 \cdot 10^6$

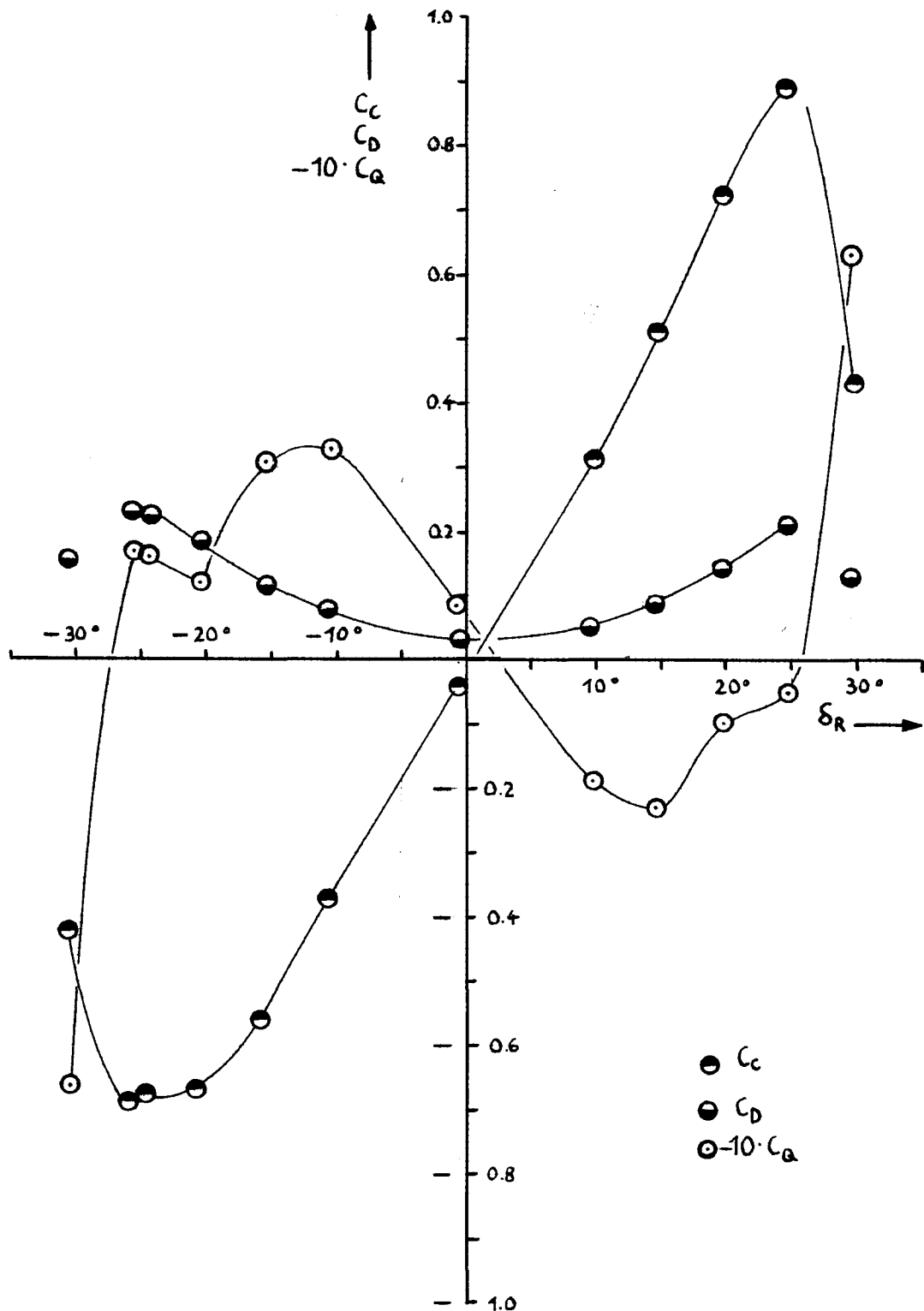
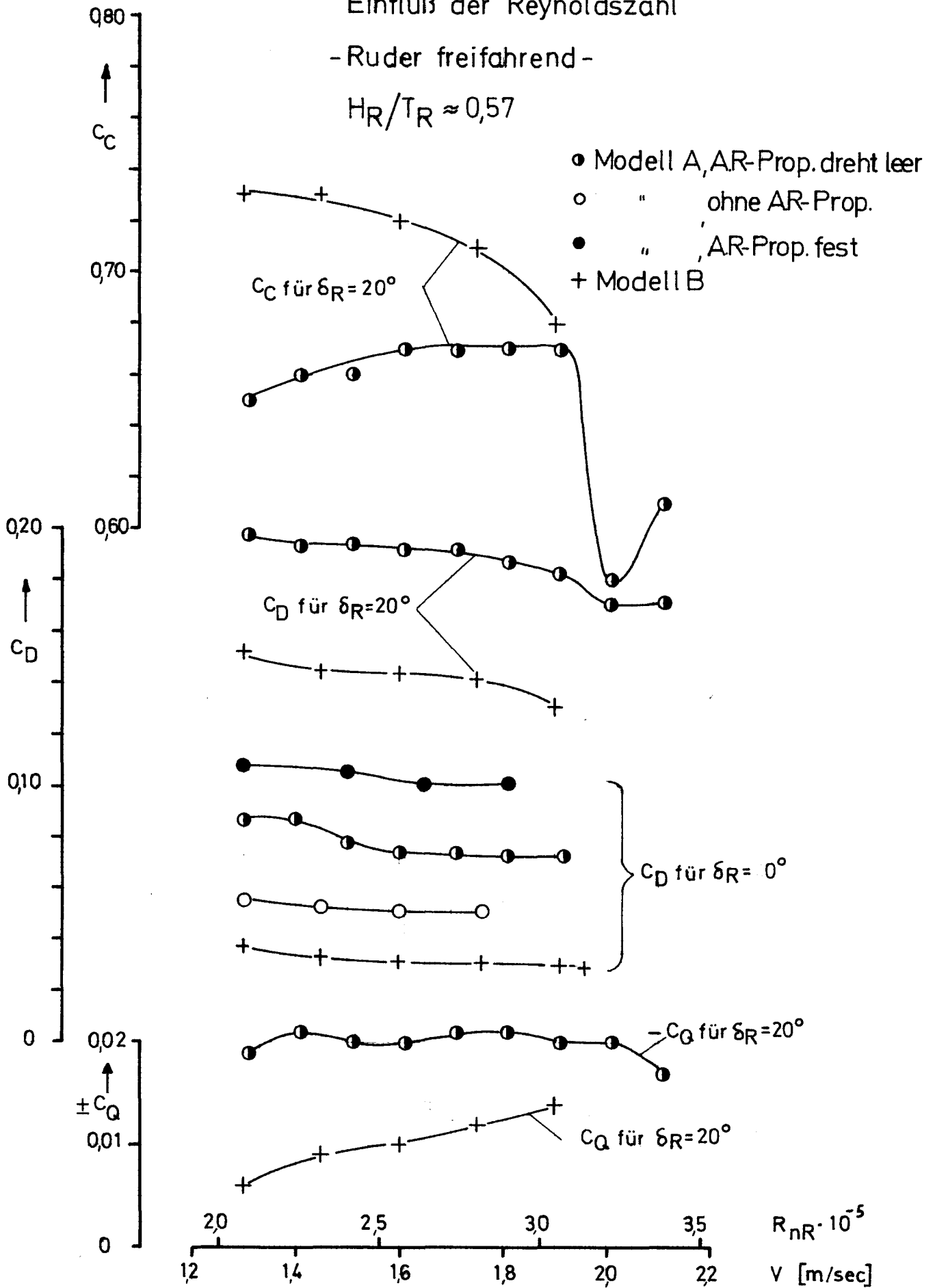


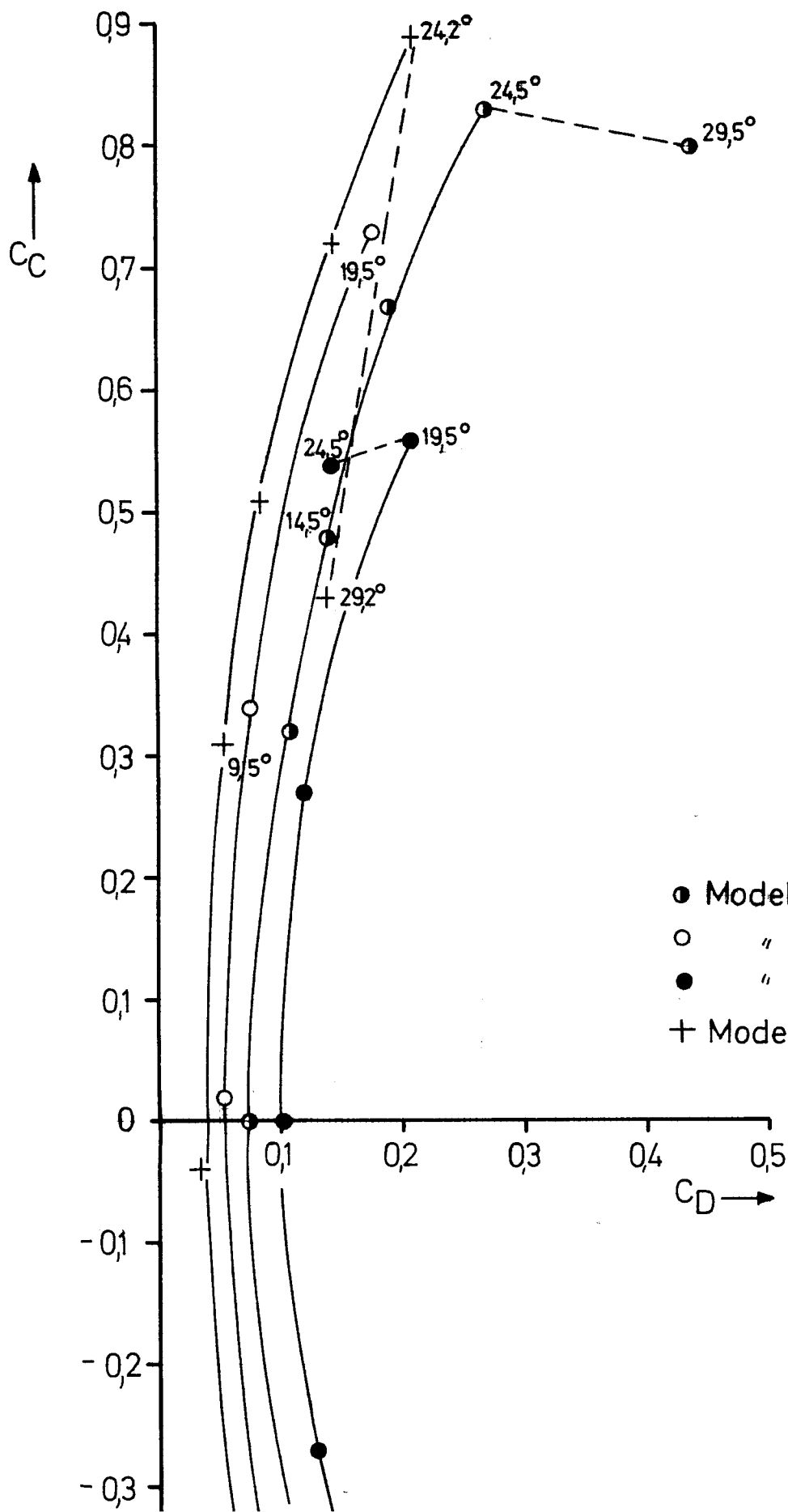
Bild 9

Einfluß der Reynoldszahl

- Ruder freifahrend -

$$H_R/T_R \approx 0,57$$





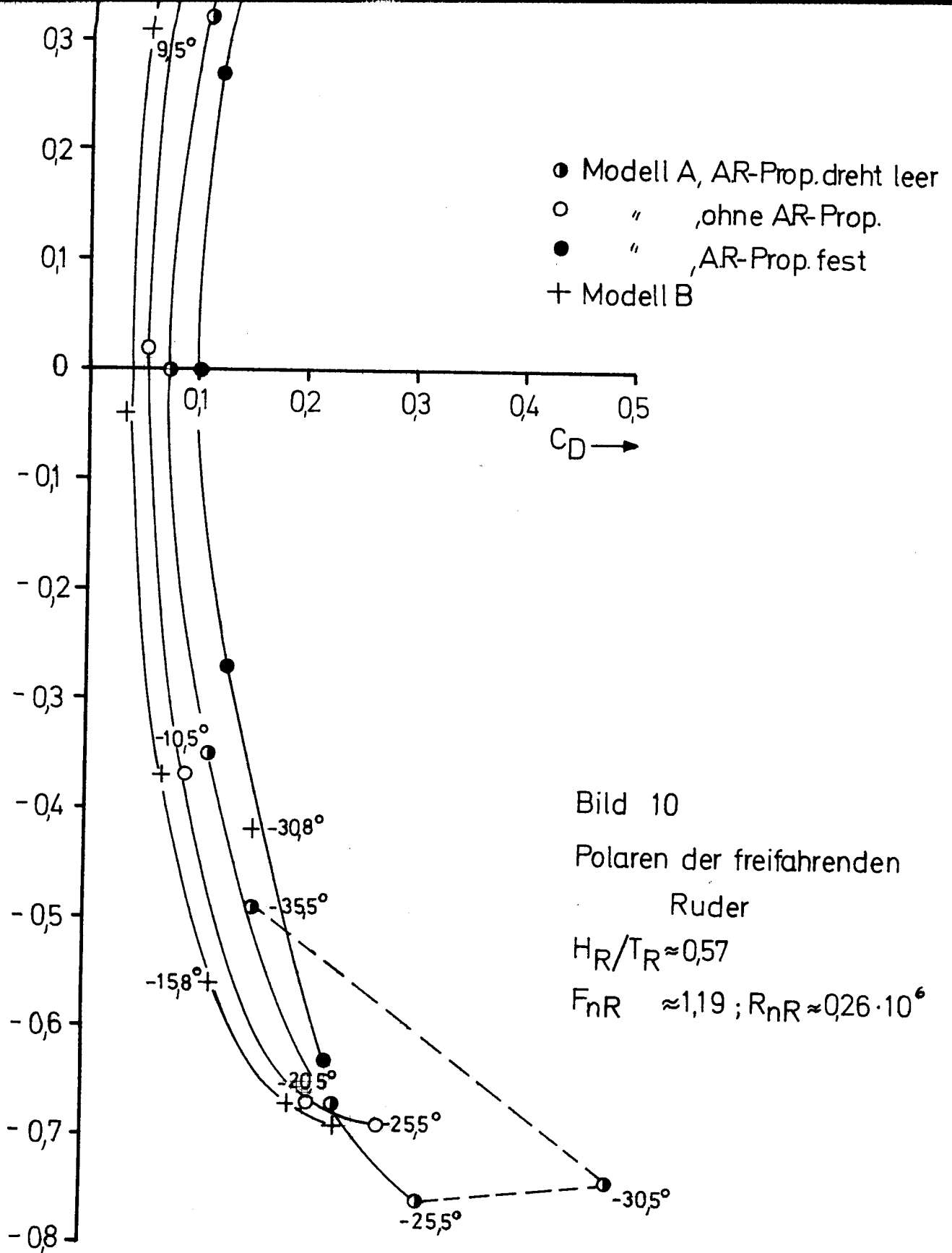
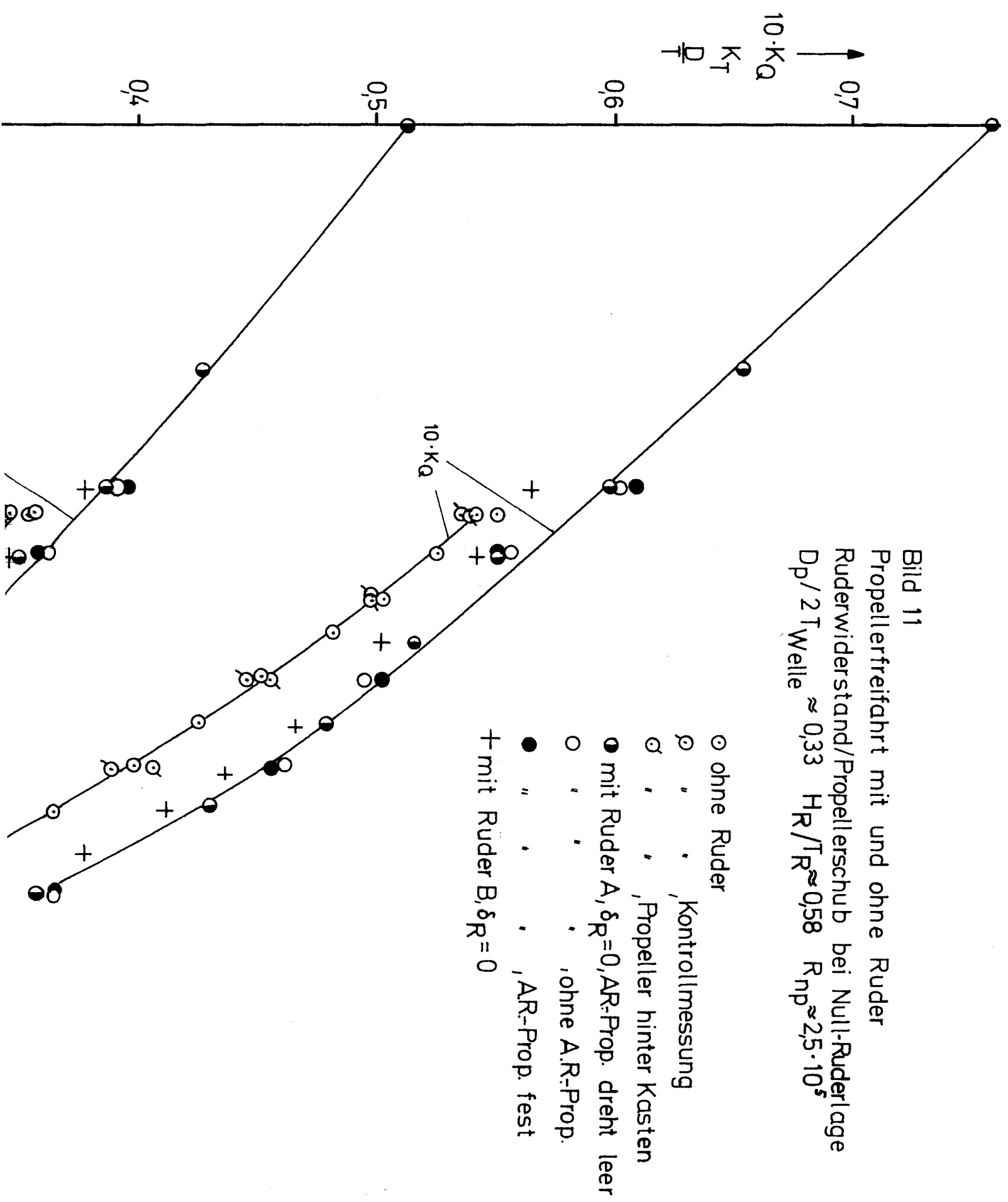


Bild 11
 Propellerfreifahrt mit und ohne Ruder
 Ruderwiderstand/Propellerschub bei Null-Ruderlage
 $D_p / 2 T_{Welle} \approx 0,33 \quad H_R / T_R \approx 0,58 \quad R_{np} \approx 2,5 \cdot 10^5$



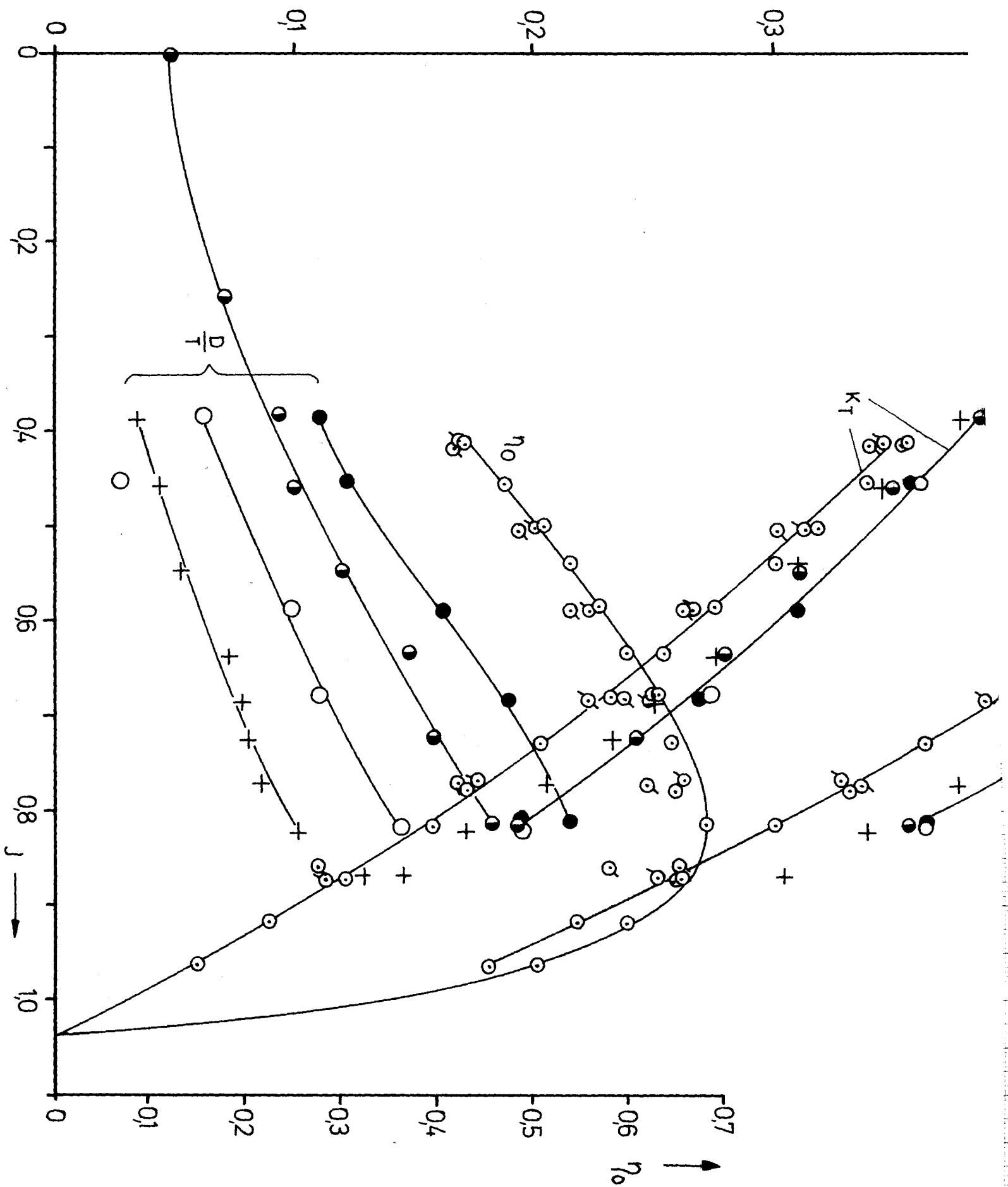


Bild 11a

Beziehung zwischen K_T und K_Q für Propeller
"ohne Ruder" und "mit Ruder"

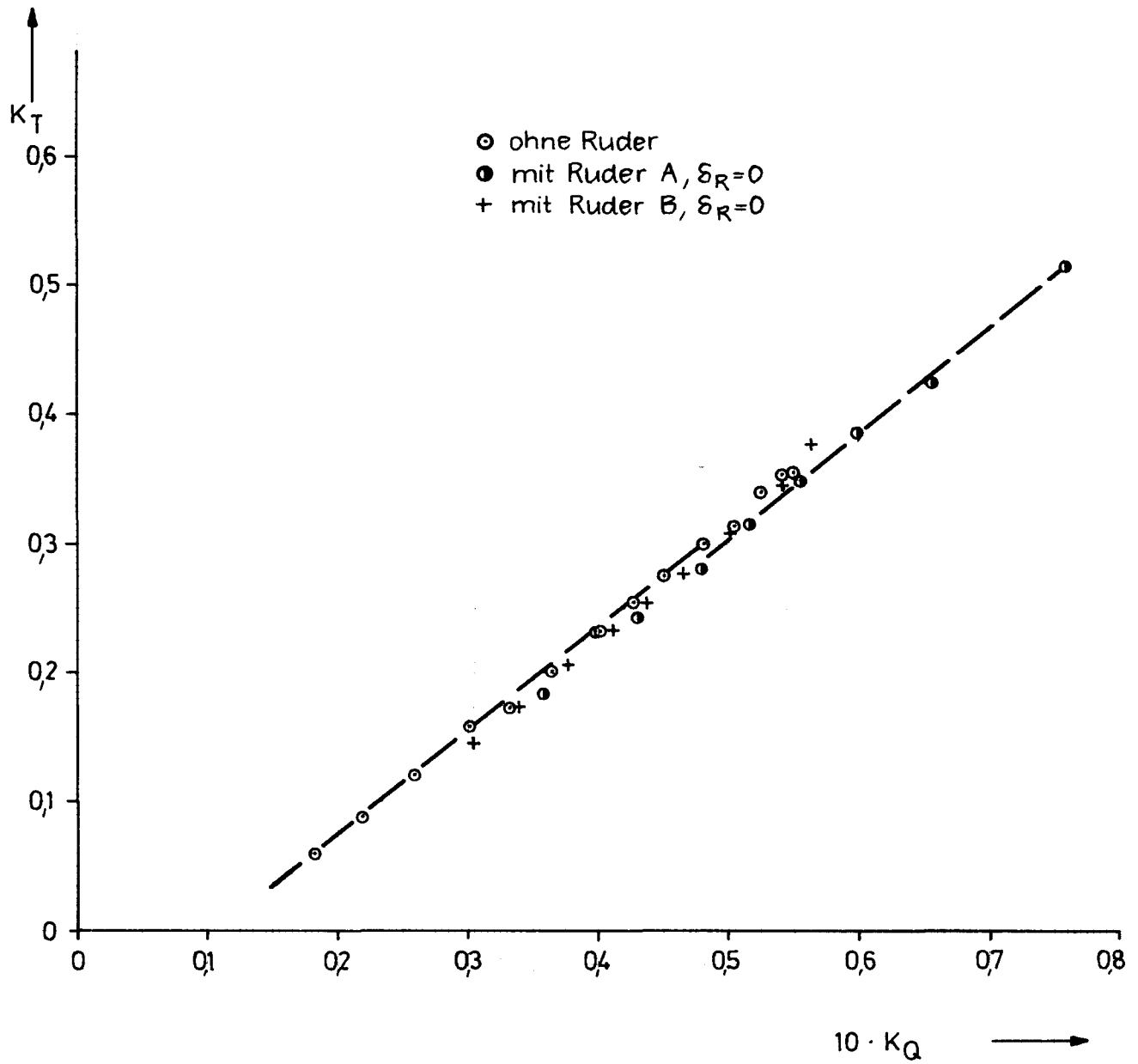


Bild 12

Ruder A im Propellerstrahl

Kraftbeiwerte in Abhängigkeit vom Ruderwinkel

AR-Prop. dreht leer; $H_R/T_R \approx 0,58$; $D_p/2T_{Welle} \approx 0,33$

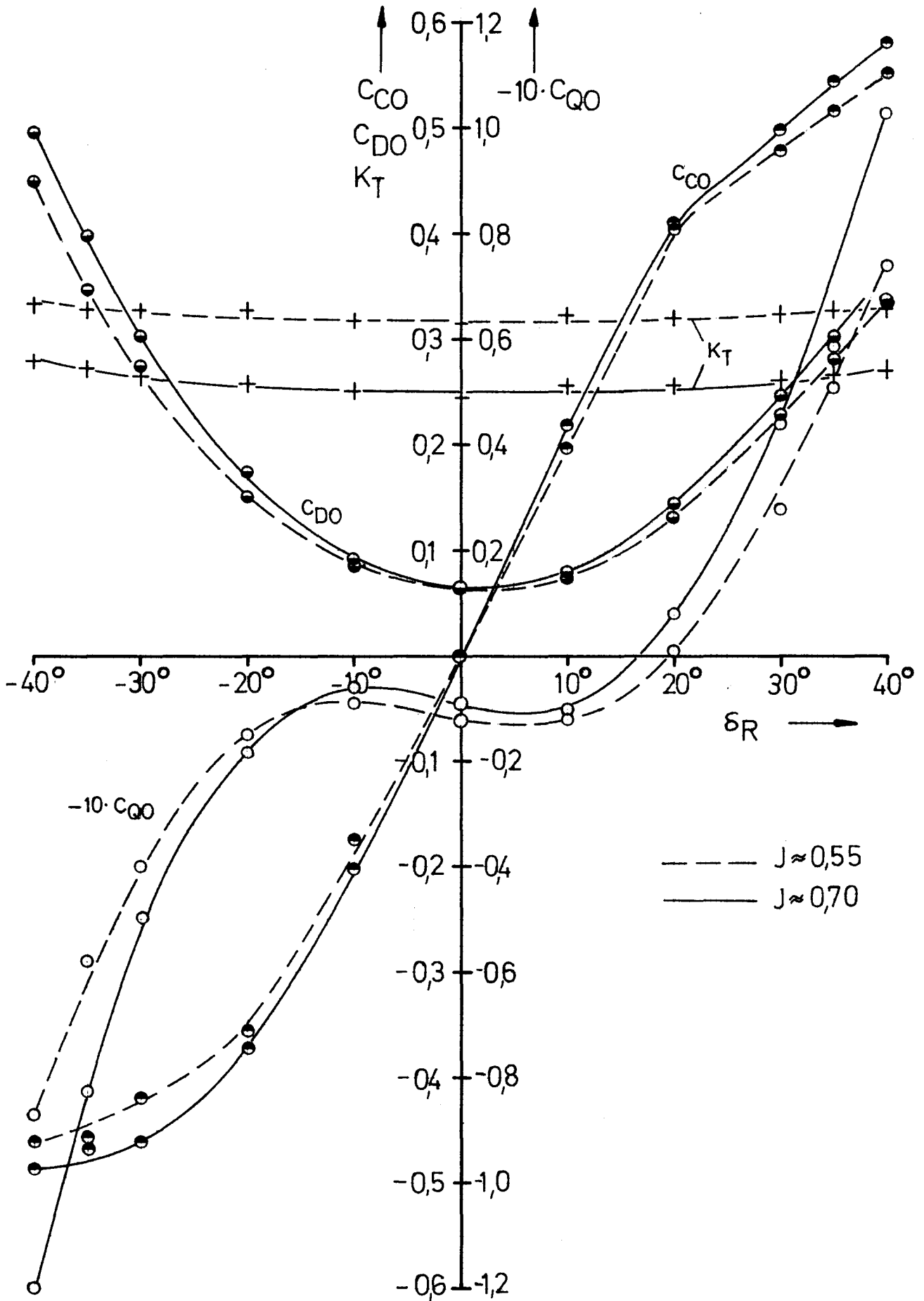


Bild 13
 Ruder A im Propellerstrahl
 Kraftbeiwerte in Abhängigkeit vom Ruderwinkel
 A.R.-Prop. fest bzw. ohne A.R.-Prop.
 $H_R/T_R \approx 0,58$; $D_p/2T_{Welle} \approx 0,33$; $J \approx 0,70$

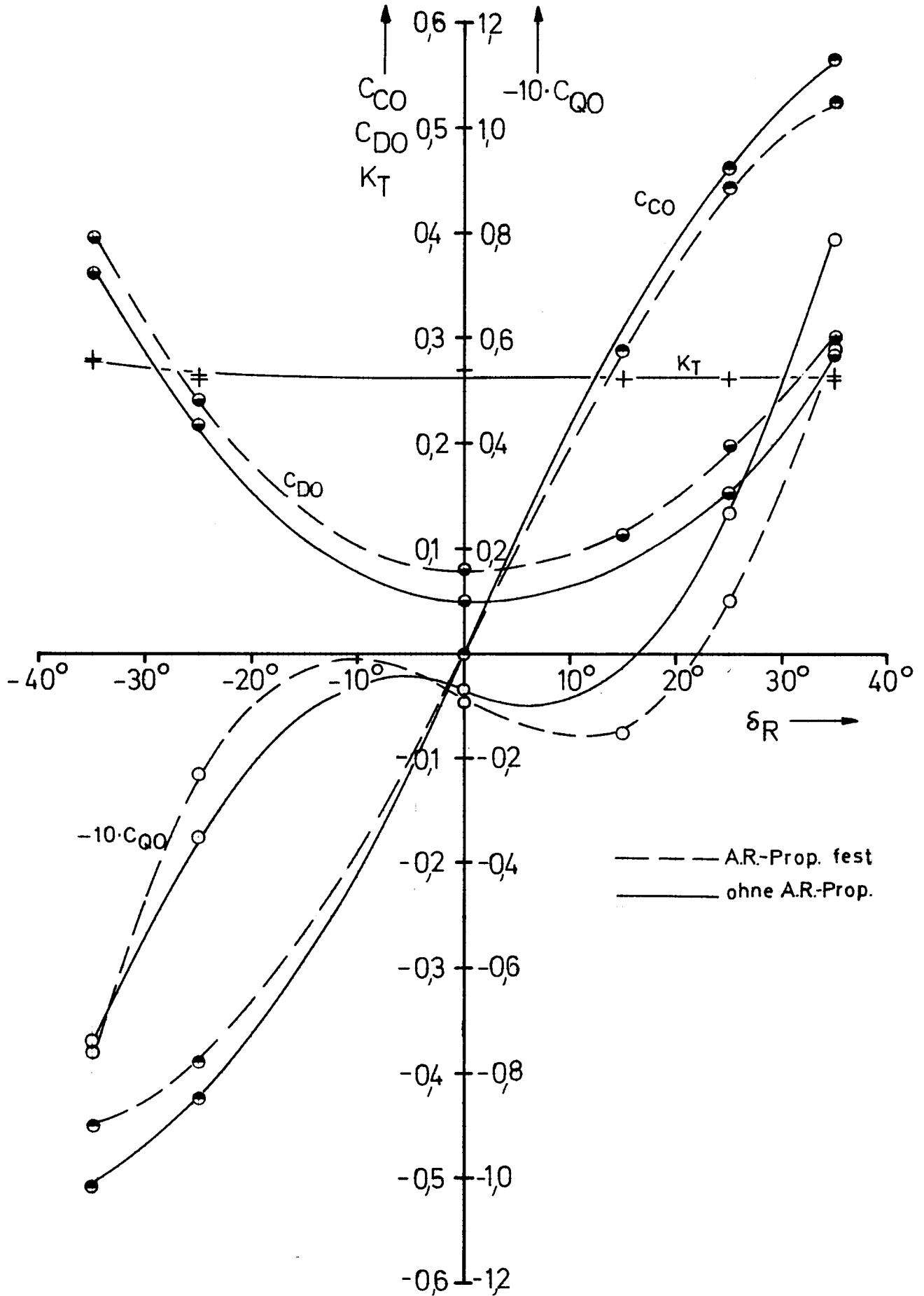


Bild 14
 Ruder B im Propellerstrahl
 Kraftbeiwerte in Abhängigkeit vom Ruderwinkel
 $H_R/T_R \approx 0,58$; $D_p/2T_{Welle} \approx 0,33$; $J \approx 0,70$

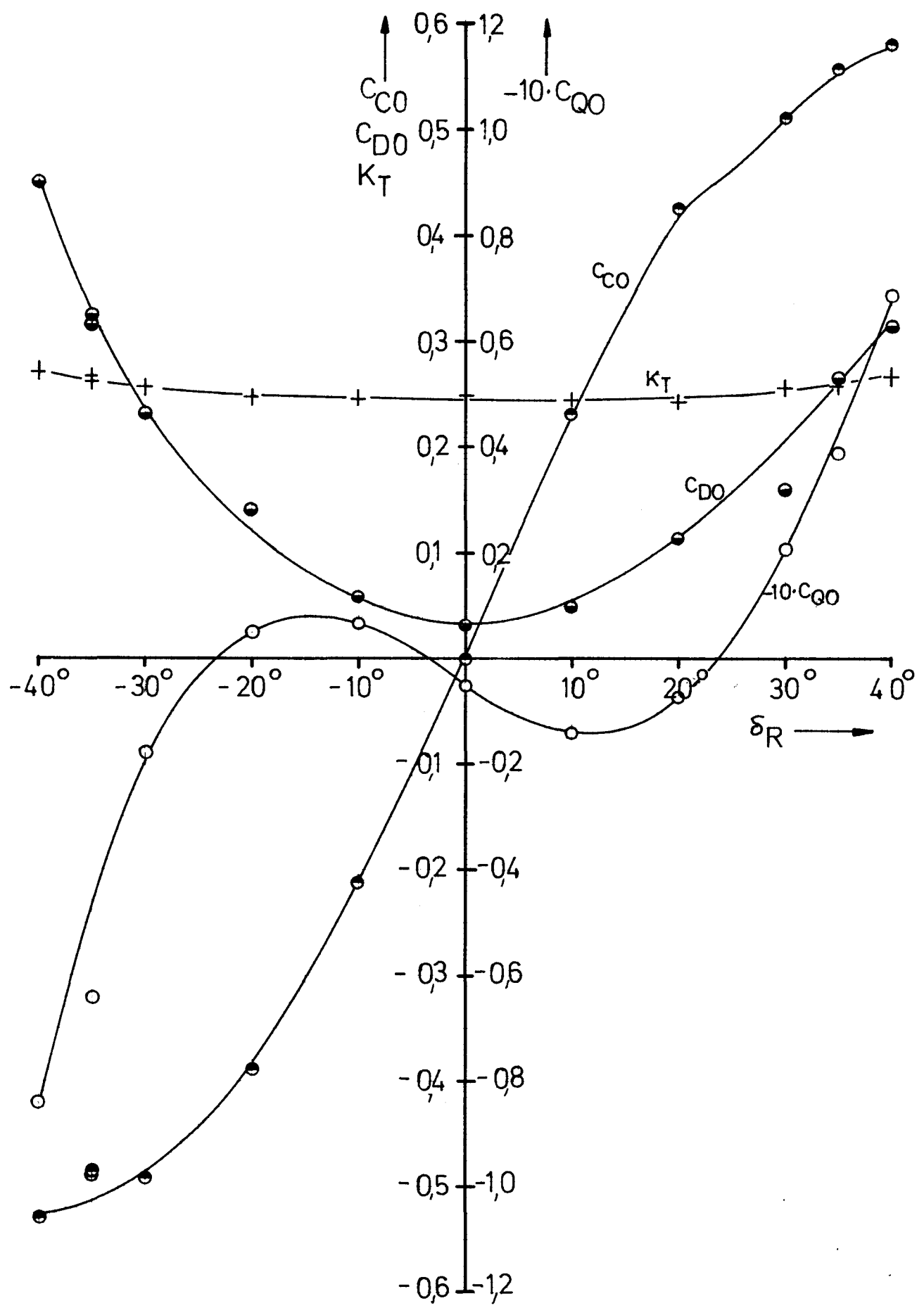


Bild 15

Ruder A im Propellerstrahl

Kraftbeiwerte in Abhängigkeit von der Fortschrittsziffer

A.R.- Prop. dreht leer; $H_R/T_R \approx 0,58$; $D_p/2T_{Welle} \approx 0,33$

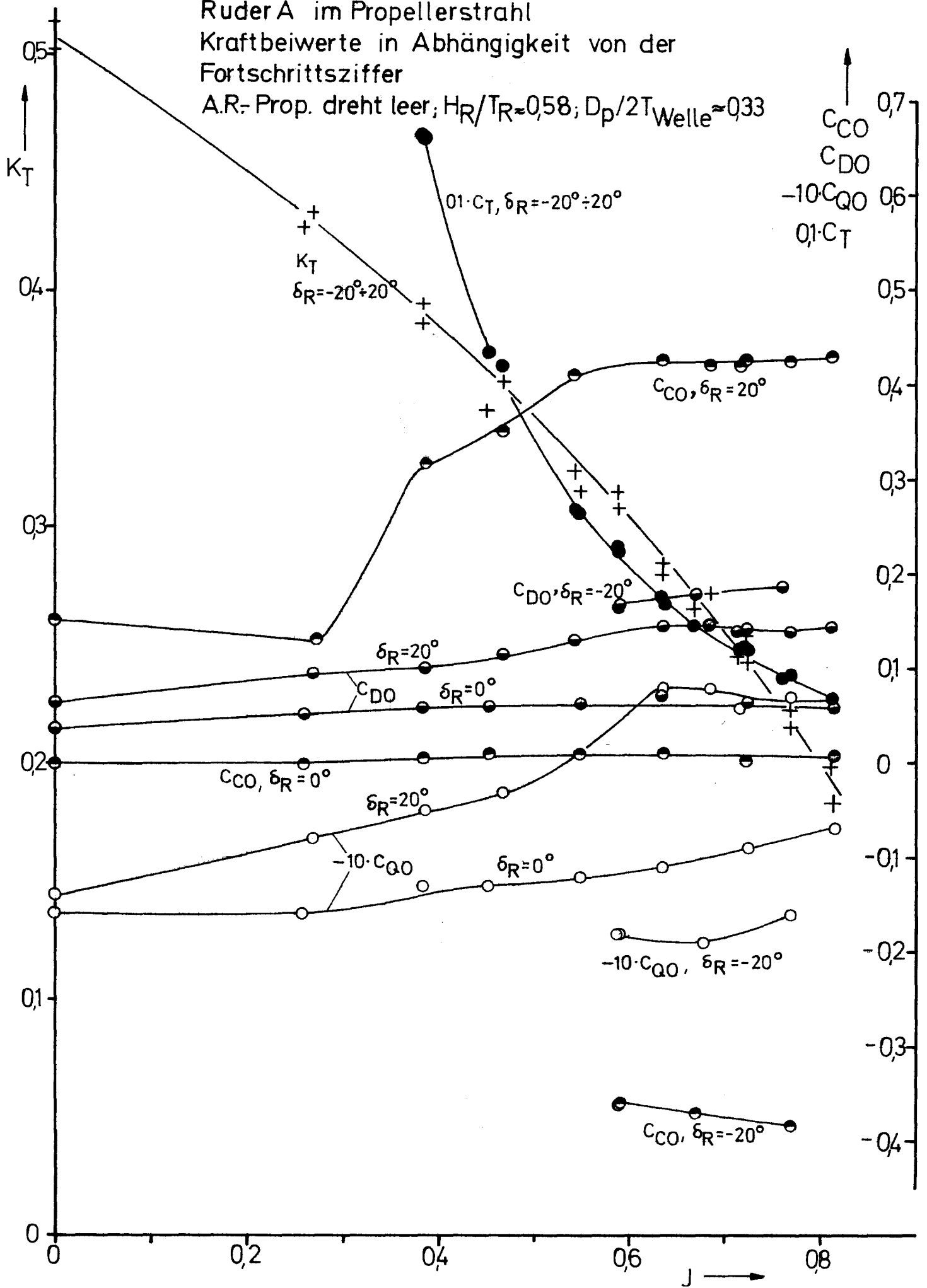


Bild 16
 Ruder A im Propellerstrahl
 Kraftbeiwerte in Abhängigkeit von der Fortschrittsziffer
 A.R.-Prop. fest bzw. ohne A.R.-Prop.
 $H_R/T_R \approx 0,58$; $D_p/2T_{Welle} \approx 0,33$

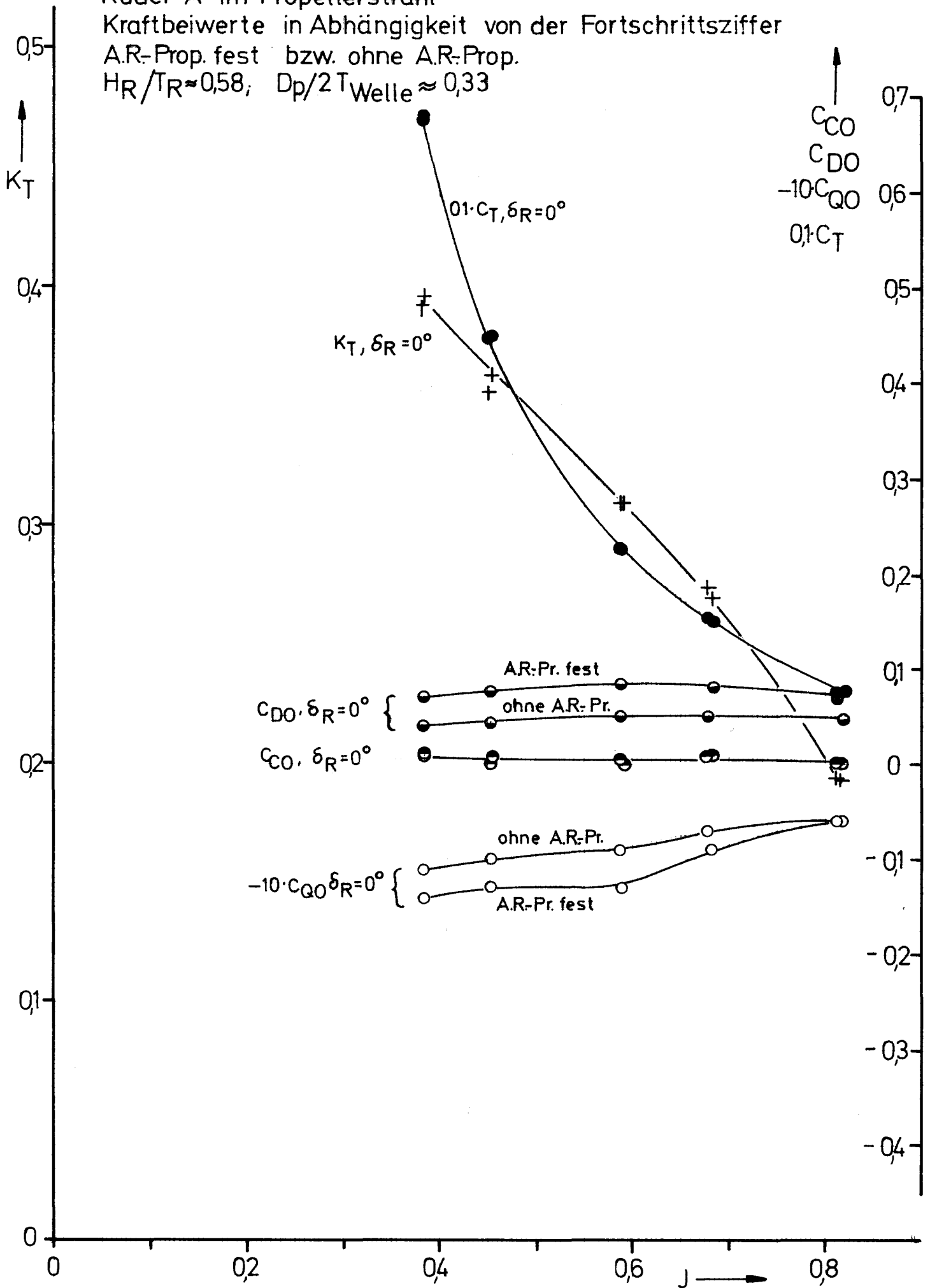


Bild 17

Ruder B im Propellerstrahl

Kraftbeiwerte in Abhängigkeit von der Fortschrittsziffer

$H_R/T_R \approx 0,58$ $D_p/2T_{Welle} \approx 0,33$

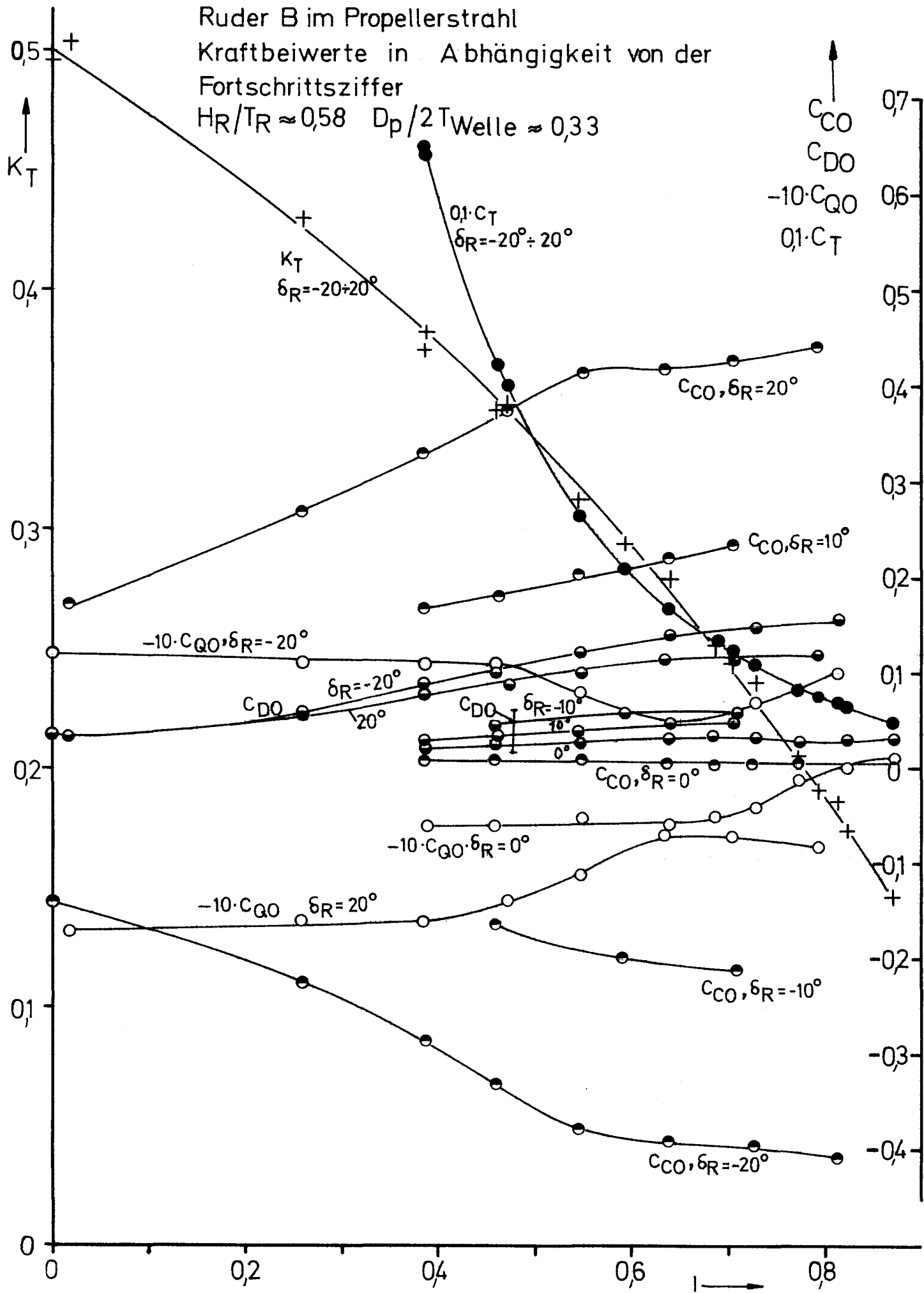


Bild 18
 Ruder A₁ im Propellerstrahl-Querkräftmessung (Vorversuch)
 Kraftbeiwerte in Abhängigkeit vom Ruderwinkel
 A.R.Prop. fest; $H_R/T_R \approx 0,60$; $D_p/2T_{Welle} \approx 0,34$

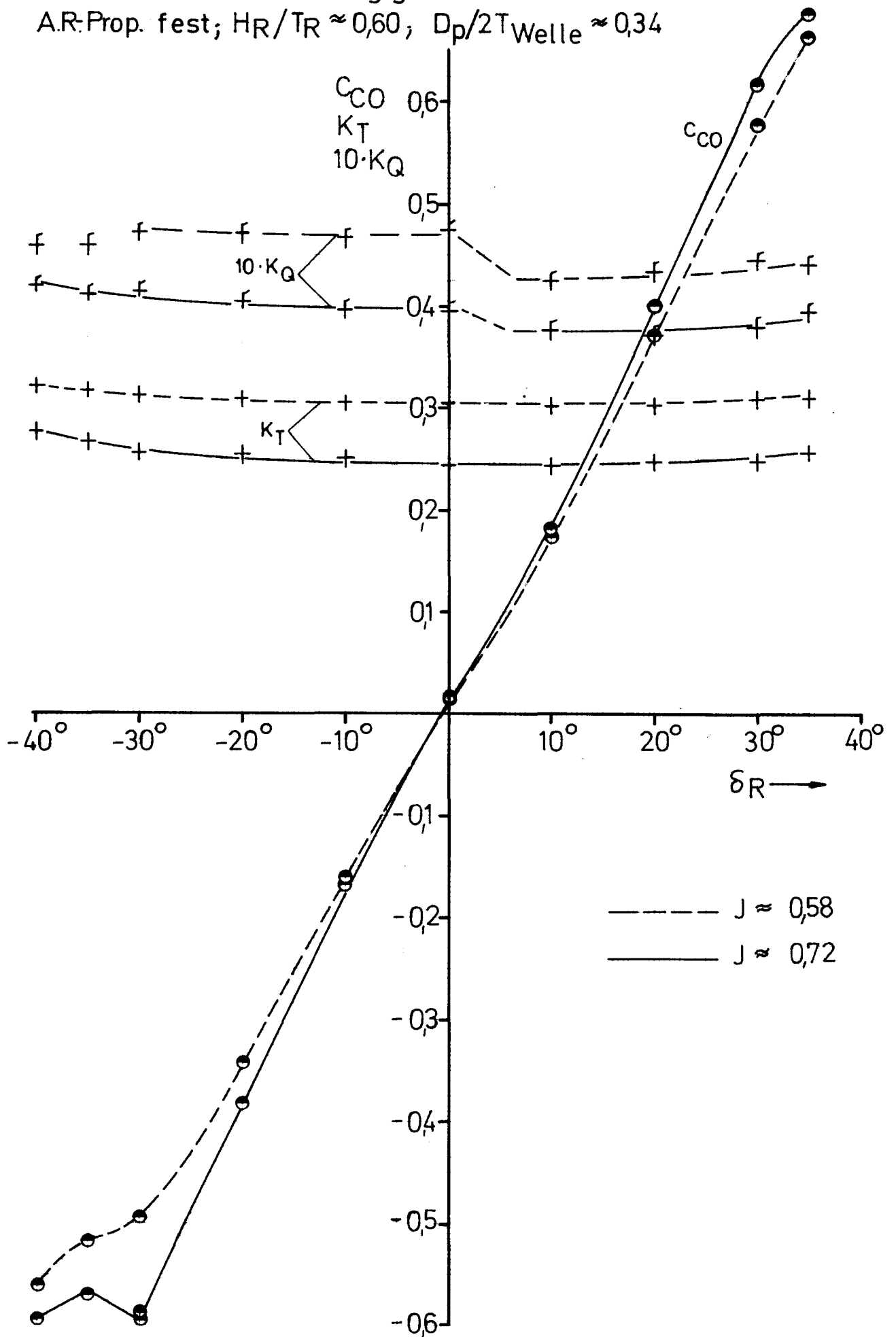
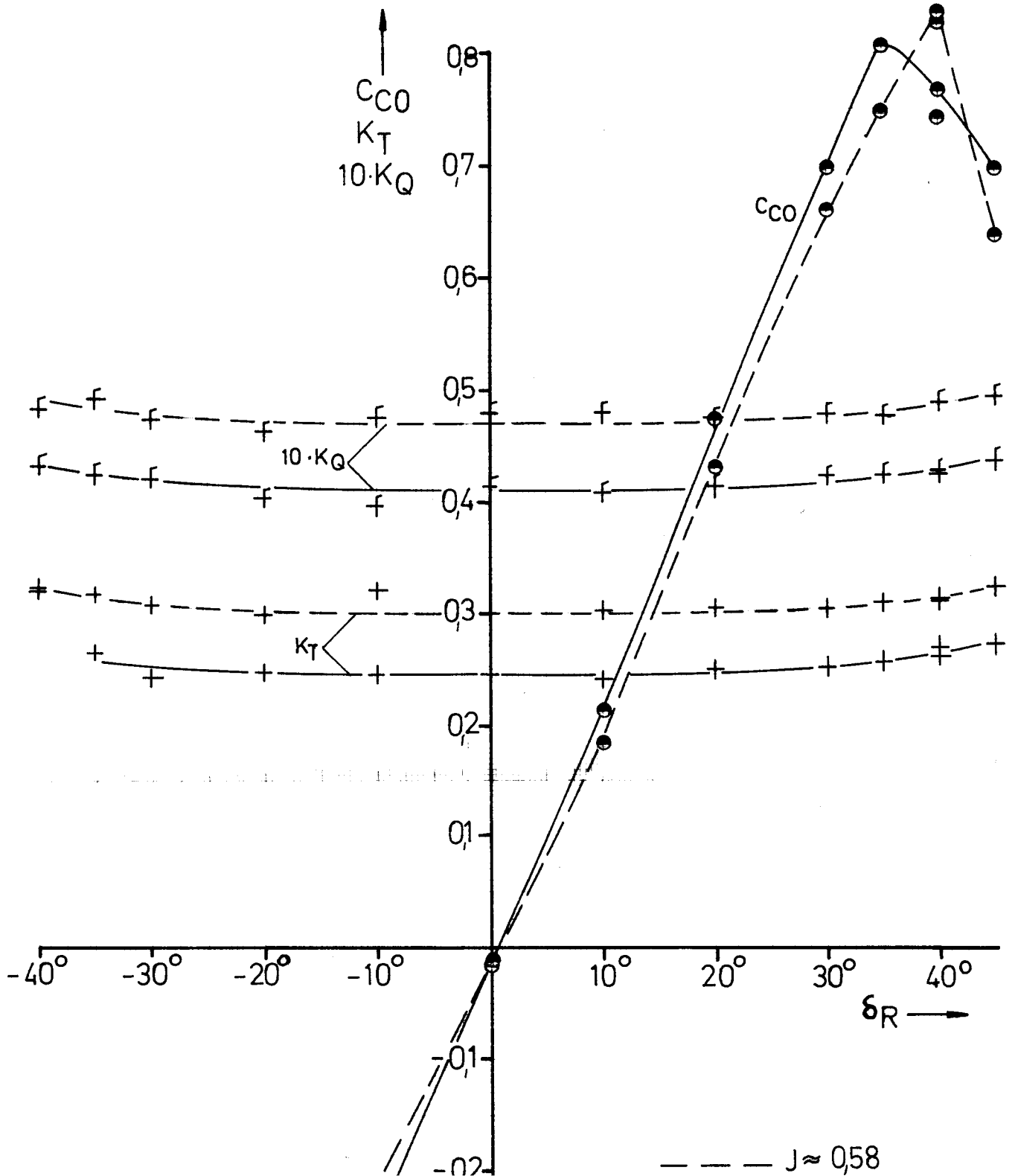


Bild 19

Ruder A_1 im Propellerstrahl - Querkraftmessung (Vorversuch)

Kraftbeiwerte in Abhängigkeit vom Ruderwinkel

ohne A.R.-Prop.; $H_R/T_R \approx 0,60$; $D_p/2T_{Welle} \approx 0,34$



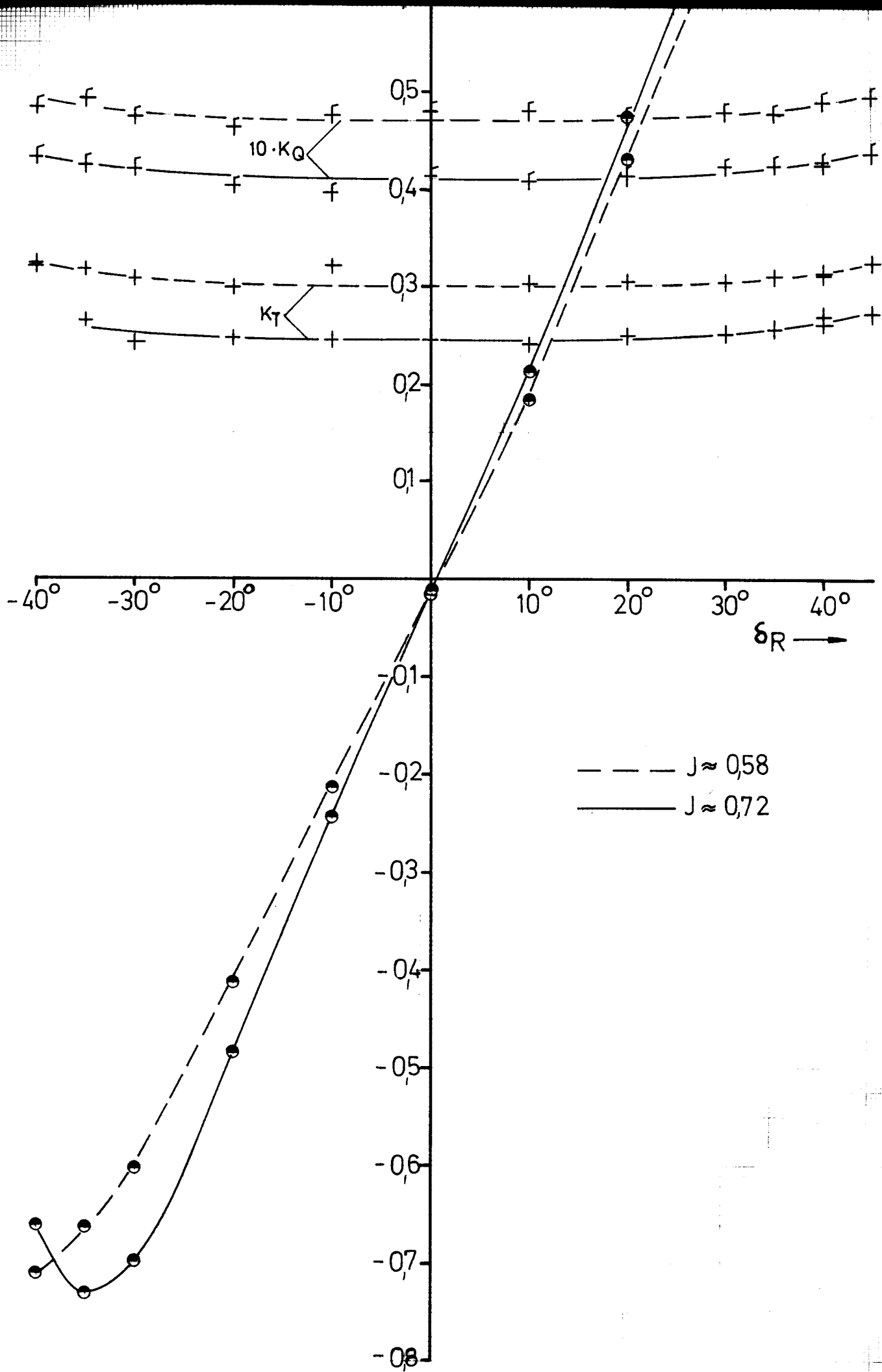
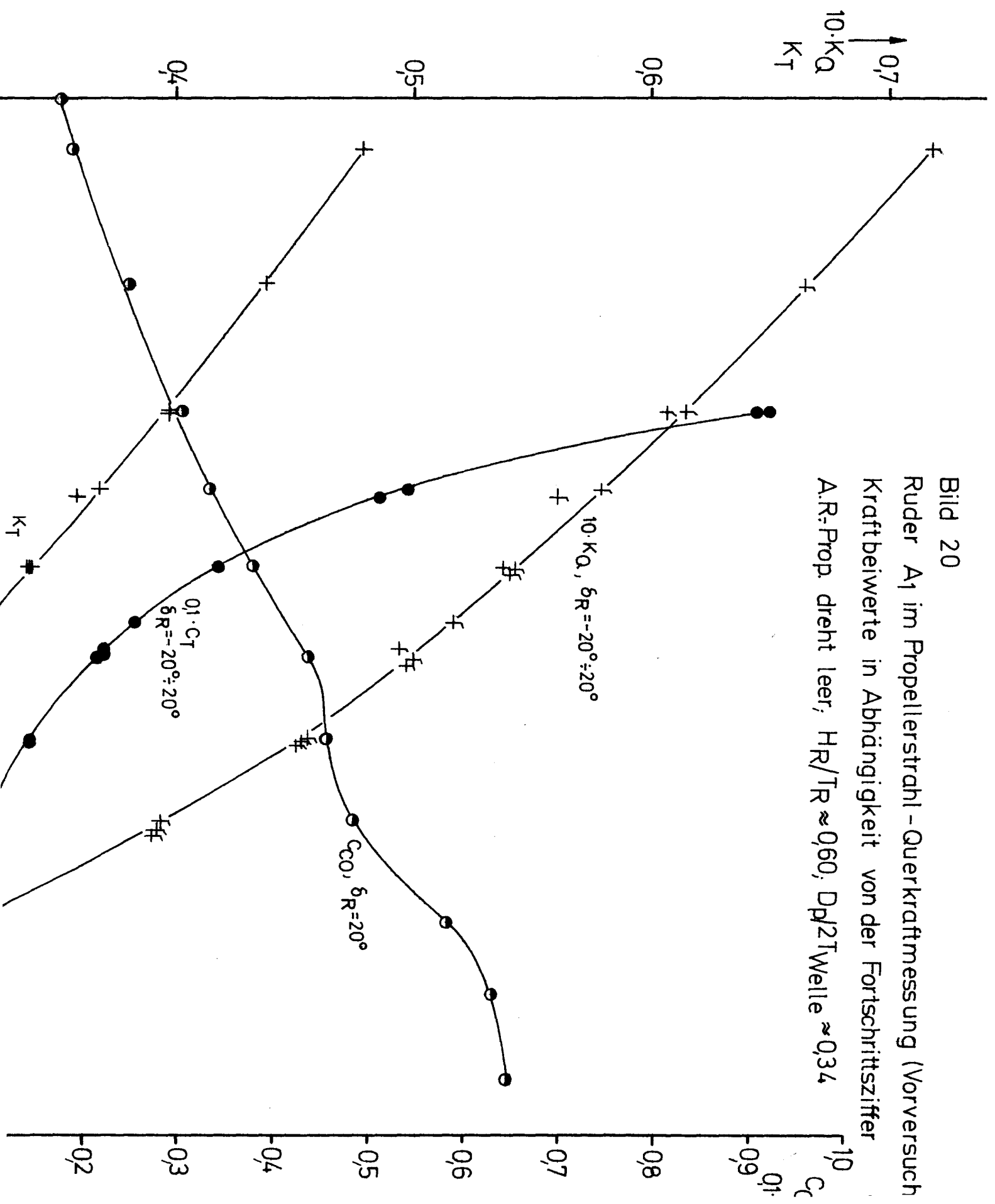
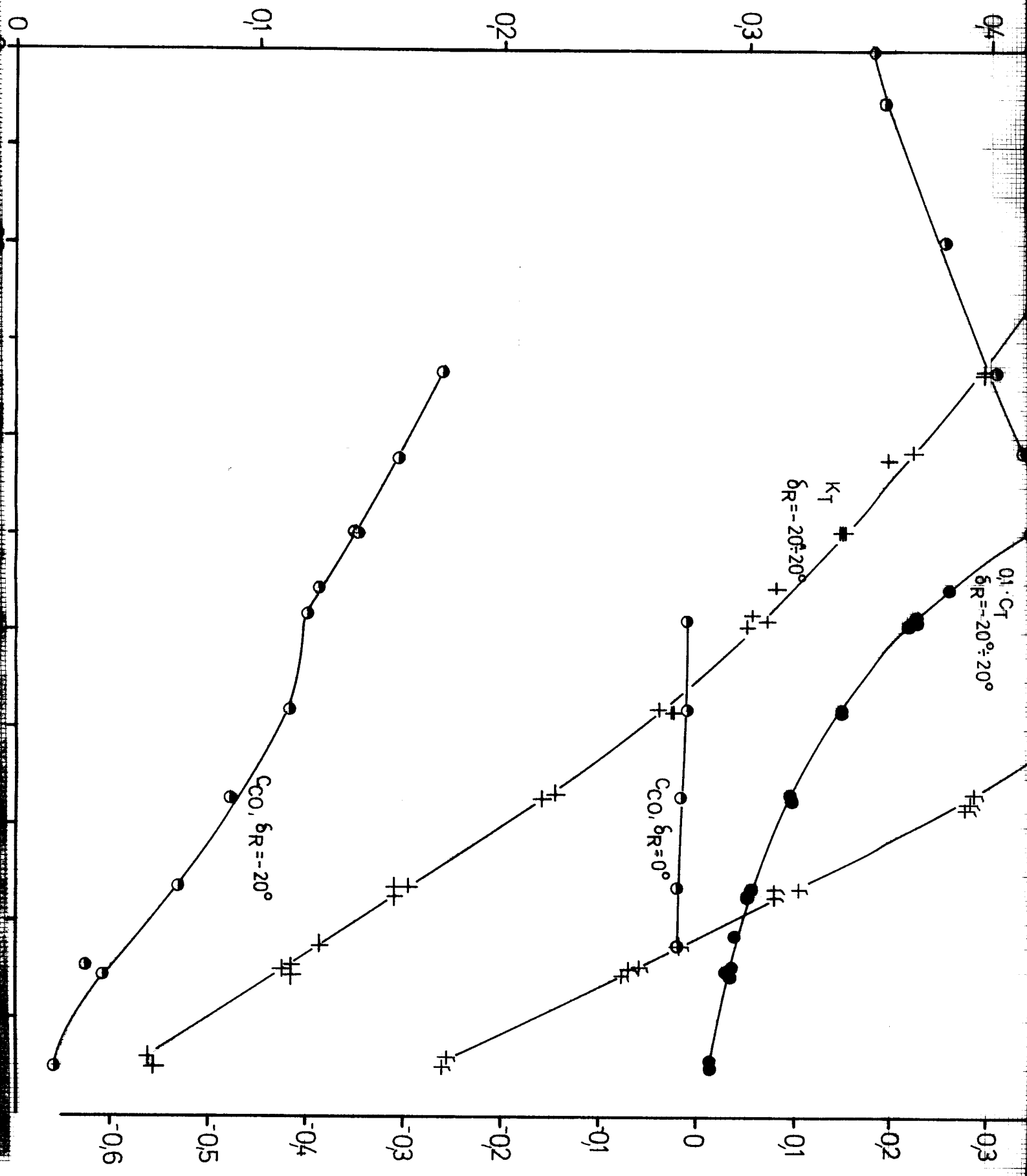


Bild 20

Ruder A₁ im Propellerstrahl - Querkraftmessung (Vorversuch)
Kraftbeiwerte in Abhängigkeit von der Fortschrittsziffer

A.R.-Prop. dreht leer, $H_R/T_R \approx 0,60$, $D_p/2l_{\text{Welle}} \approx 0,34$





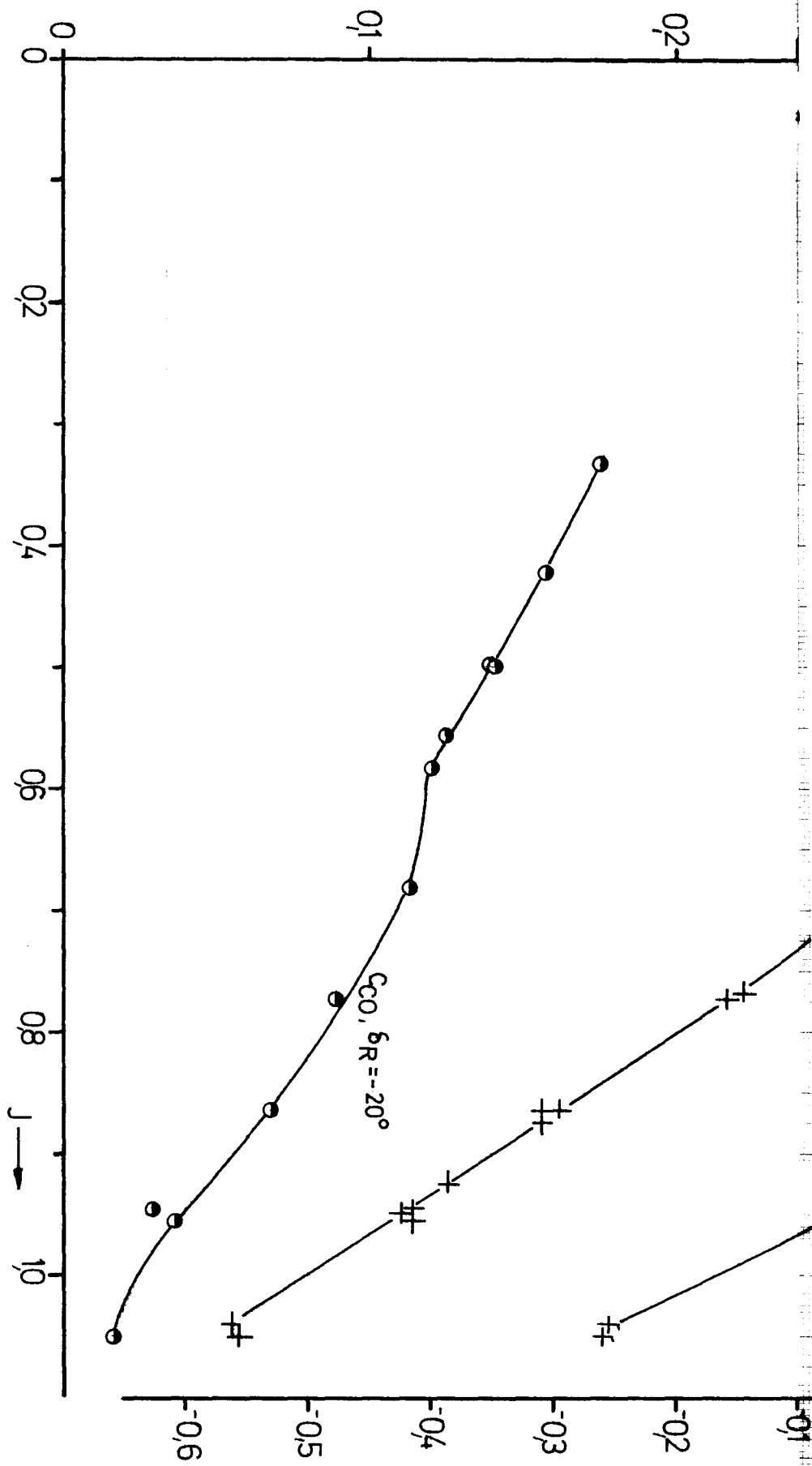


Bild 21

Ruder A1 im Propellerstrahl-Widerstandsmessung (Vorversuch)
Kraftbeiwerte in Abhängigkeit von der Fortschrittsziffer
 $\delta_R = 0$, $H_R/T_R \approx 0,60$; $D_p/2T_{Welle} \approx 0,34$

AR-Prop. dreht leer bzw. AR-Prop. fest bzw. ohne AR-Prop.

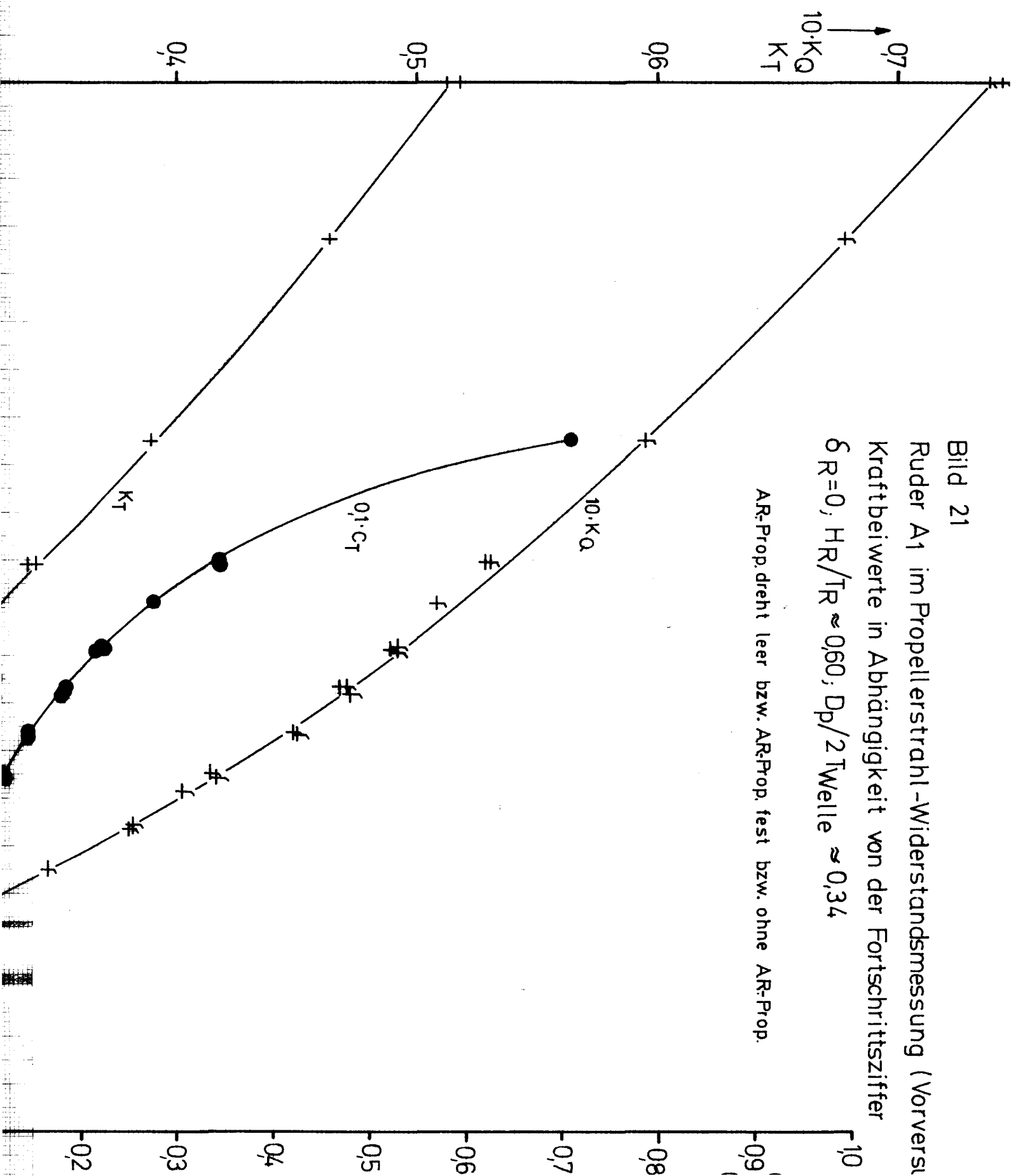


Bild 21

Ruder A1 im Propellerstrahl-Widerstandsmessung (Vorversuch Kraftbeiwerte in Abhängigkeit von der Fortschrittsziffer $\delta_R=0$; $H_R/T_R \approx 0,60$; $D_p/2T_{Welle} \approx 0,34$

AR-Prop.dreht leer bzw. AR-Prop.fest bzw. ohne AR-Prop.

