

269 | Dezember 1970

SCHRIFTENREIHE SCHIFFBAU

K.H. Kwik

Weitere Windkanalversuche mit Schiffsrudern

TUHH

Technische Universität Hamburg-Harburg

Weitere Windkanalversuche mit Schiffsrudern

K.H. Kwik, Hamburg, Technische Universität Hamburg-Harburg, 1970

© Technische Universität Hamburg-Harburg

Schriftenreihe Schiffbau

Schwarzenbergstraße 95c

D-21073 Hamburg

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

INSTITUT FÜR SCHIFFBAU DER UNIVERSITÄT HAMBURG

Bericht Nr. 269

Weitere Windkanalversuche mit Schiffsrudern

(Balanceruder, Leithopfruder, Plattenruder
mit Schaftverdickung)

K. H. Kwik

Hamburg, Dezember 1970

Inhaltsverzeichnis:

	Seite
Einführung	1
Angaben zu den Modellen	2
Durchführung der Versuche	7
Diskussion der Ergebnisse	7
Folgerungen	9
Symbole	11
Schrifttum	14
Tabellen	
Bilder	

Tabellen-Verzeichnis

Tabelle 1	Formparameter von Ruderprofilen	
Tabelle 2	Profilaufmaße	IfS 63 TR 25
Tabelle 3	Profilaufmaße	IfS 64 LR 22
Tabelle 4	Profilaufmaße	NACA 65 LR 22
Tabelle 5	Profilaufmaße	IfS 48 BR 15
Tabelle 6	Profilaufmaße	IfS 49 BR 15
Tabelle 7	Versuchsergebnisse	IfS 63 TR 25, $R_n = 0,356 \cdot 10^6$
Tabelle 8	Versuchsergebnisse	IfS 63 TR 25, $R_n = 0,522 \cdot 10^6$
Tabelle 9	Versuchsergebnisse	IfS 63 TR 25, $R_n = 0,729 \cdot 10^6$
Tabelle 10	Versuchsergebnisse	IfS 63 TR 25, $R_n = 0,515 \cdot 10^6$, rückwärts
Tabelle 11	Versuchsergebnisse	IfS 64 LR 22, $R_n = 0,530 \cdot 10^6$
Tabelle 12	Versuchsergebnisse	IfS 64 LR 22, $R_n = 0,673 \cdot 10^6$
Tabelle 13	Versuchsergebnisse	IfS 64 LR 22, $R_n = 0,746 \cdot 10^6$
Tabelle 14	Versuchsergebnisse	IfS 64 LR 22, $R_n = 0,823 \cdot 10^6$
Tabelle 15	Versuchsergebnisse	IfS 64 LR 22, $R_n = 0,534 \cdot 10^6$, rückwärts
Tabelle 16	Versuchsergebnisse	IfS 64 LR 22, $R_n = 0,673 \cdot 10^6$, rückwärts
Tabelle 17	Versuchsergebnisse	IfS 64 LR 22, Spalt abge- dichtet $R_n = 0,540 \cdot 10^6$
Tabelle 18	Versuchsergebnisse	IfS 64 LR 22, Spalt abge- dichtet $R_n = 0,760 \cdot 10^6$
Tabelle 19	Versuchsergebnisse	IfS 64 LR 22, Spalt abge- dichtet $R_n = 0,540 \cdot 10^6$, rückwärts
Tabelle 20	Versuchsergebnisse	NACA 65 LR 22, $R_n = 0,534 \cdot 10^6$
Tabelle 21	Versuchsergebnisse	NACA 65 LR 22, $R_n = 0,754 \cdot 10^6$
Tabelle 22	Versuchsergebnisse	NACA 65 LR 22, $R_n = 0,824 \cdot 10^6$
Tabelle 23	Versuchsergebnisse	NACA 65 LR 22, $R_n = 0,534 \cdot 10^6$, rückwärts
Tabelle 24	Versuchsergebnisse	NACA 65 LR 22, Spalt abge- dichtet, $R_n = 0,540 \cdot 10^6$
Tabelle 25	Versuchsergebnisse	NACA 65 LR 22, Spalt abge- dichtet, $R_n = 0,754 \cdot 10^6$

Tabelle 26	Versuchsergebnisse NACA 65 LR 22, Spalt abgedichtet	$R_n = 0,540 \cdot 10^6$, rückwärts
Tabelle 27	Versuchsergebnisse IfS 48 BR 15,	$R_n = 0,379 \cdot 10^6$
Tabelle 28	Versuchsergebnisse IfS 48 BR 15,	$R_n = 0,548 \cdot 10^6$
Tabelle 29	Versuchsergebnisse IfS 48 BR 15,	$R_n = 0,768 \cdot 10^6$
Tabelle 30	Versuchsergebnisse IfS 48 BR 15,	$R_n = 0,374 \cdot 10^6$, rückwärts
Tabelle 31	Versuchsergebnisse IfS 48 BR 15,	$R_n = 0,541 \cdot 10^6$, rückwärts
Tabelle 32	Versuchsergebnisse IfS 48 BR 15,	$R_n = 0,764 \cdot 10^6$, rückwärts
Tabelle 33	Versuchsergebnisse IfS 49 BR 15,	$R_n = 0,375 \cdot 10^6$
Tabelle 34	Versuchsergebnisse IfS 49 BR 15,	$R_n = 0,543 \cdot 10^6$
Tabelle 35	Versuchsergebnisse IfS 49 BR 15,	$R_n = 0,758 \cdot 10^6$

Bilder-Verzeichnis

- Bild 1 Die neuen Ruderprofile
Bild 2 Ältere Ruderprofile zum Vergleich
Bild 3 Strömungskräfte IfS 63 TR 25
Bild 4 Strömungskräfte IfS 64 LR 22
Bild 5 Strömungskräfte IfS 64 LR 22, Spalt abgedichtet
Bild 6 Strömungskräfte NACA 65 LR 22
Bild 7 Strömungskräfte NACA 65 LR 22, Spalt abgedichtet
Bild 8 Strömungskräfte IfS 48 BR 15
Bild 9 Strömungskräfte IfS 49 BR 15
Bild 10 Strömungskräfte IfS 63 TR 25, rückwärts
Bild 11 Strömungskräfte IfS 64 LR 22, rückwärts
Bild 12 Strömungskräfte IfS 64 LR 22, Spalt abgedichtet,
rückwärts
Bild 13 Strömungskräfte NACA 65 LR 22, rückwärts
Bild 14 Strömungskräfte NACA 65 LR 22, Spalt abgedichtet,
rückwärts
Bild 15 Strömungskräfte IfS 48 BR 15, rückwärts
Bild 16 Polaren bei verschiedenen Re-Zahlen, IfS 63 TR 25
Bild 17 Polaren bei verschiedenen Re-Zahlen, IfS 64 LR 22
Bild 18 Polaren bei verschiedenen Re-Zahlen, IfS 64 LR 22
Spalt abgedichtet
Bild 19 Polaren bei verschiedenen Re-Zahlen, NACA 65 LR 22
Bild 20 Polaren bei verschiedenen Re-Zahlen, NACA 65 LR 22,
Spalt abgedichtet
Bild 21 Polaren bei verschiedenen Re-Zahlen, IfS 48 BR 15
Bild 22 Polaren bei verschiedenen Re-Zahlen, IfS 48 BR 15,
rückwärts
Bild 23 Polaren bei verschiedenen Re-Zahlen, IfS 49 BR 15
Bild 24 Vergleich der Querkräfte bei kleinen Ruderwinkeln
Bild 25 Vergleich der Querkräfte bei kleinen Ruderwinkeln
Bild 26 Vergleich der Querkräfte bei großen Ruderwinkeln
Bild 27 Vergleich der Querkräfte bei großen Ruderwinkeln
Bild 28 Balancierung verschiedener Ruder
Bild 29 Balancierung verschiedener Ruder

Weitere Windkanalversuche mit Schiffsrudern

Nachdem die Ruderentwicklung in [1] einige gute Formen hervorgebracht hatte, sollte eine weitere Untersuchung sich mit Fragen der Beeinflussung der Rudereigenschaften durch konstruktiv bedingte Profilveränderungen befassen. Aus Festigkeitsgründen können z.B. an der Ruderhinterkante und bei schlanken Rudern auch am Ort des Ruderschaftes gewisse Verdickungen erforderlich sein. Ferner sollten die bis dahin vernachlässigten Leitzkopfruder mit in das Ruderforschungsprogramm einbezogen werden. Diesen Empfehlungen folgend, sind Versuche an Modellen von örtlich verdickten profilierten und Plattenrudern und an Leitzkopfrudermodellen durchgeführt worden.

Angaben zu den Modellen

Bild 1 zeigt die neuen untersuchten Ruderprofile. Die wichtigsten Parameter dieser Profile sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Die Tabelle enthält auch Angaben über die in dem vorliegenden Bericht zum Vergleich herangezogenen Profile (Bild 2).

Balanceruder-Profil IfS 63 TR 25. Dieses Profil entspricht IfS 62 TR 25 mit auf 0,05 L verdickter Hinterkante. Das Profil IfS 62 TR 25 war als eines der besten ermittelt worden [1] ; die dünne Hinterkante machte es jedoch praktisch unbrauchbar. Verdickt wurde nur der hintere Teil des Schwanzes. Das neue Profil unterscheidet sich in seinen Abmessungen nur wenig von dem als hydrodynamisch gut ermittelten Profil IfS 61 TR 25. Die Dickenverteilung wird durch folgende Gleichungen gegeben. Für $0 \leq \frac{x}{L} \leq 0,2$:

$$\begin{aligned} \pm \frac{y}{0,2L} &= \sqrt{2r_n/n} \left(\sqrt{\xi} - 4,375 \xi^2 + 5,25 \xi^3 - 1,875 \xi^4 \right) \\ &+ \left(\frac{dy}{dx} \right)_{r_n=x=0} \left(\xi - 3\xi^2 + 3\xi^3 - \xi^4 \right) \\ &+ \frac{B}{2n} \left(6\xi^2 - 8\xi^3 + 3\xi^4 \right) - \frac{n}{r_B} \left(0,5\xi^2 - \xi^3 + 0,5\xi^4 \right) \\ \text{mit } \xi &= \frac{x}{0,2L} ; \sqrt{2r_n/n} = 1,294 ; \left(\frac{dy}{dx} \right)_{r_n=x=0} = -0,694 ; \\ \frac{B}{2n} &= 0,625 ; \frac{n}{r_B} = 0,278 \end{aligned}$$

Für $0,2 \leq \frac{x}{L} \leq 0,675$:

$$\begin{aligned} \pm \frac{y}{0,75L} &= \left(\frac{B_5}{25} \right)_{62TR25} \left(1 - 10\xi^3 + 15\xi^4 - 6\xi^5 \right) \\ &+ \left(\frac{B}{25} \right)_{62TR25} \left(10\xi^3 - 15\xi^4 + 6\xi^5 \right) - \left(\frac{5}{r_B} \right)_{62TR25} \left(0,5\xi^3 - \xi^4 + 0,5\xi^5 \right) \\ \text{mit } \xi &= \left(0,95 - \frac{x}{L} \right) / 0,75 ; \left(\frac{B_5}{25} \right)_{62TR25} = 0,01 ; \\ \left(\frac{B}{25} \right)_{62TR25} &= 0,16667 ; \left(\frac{5}{r_B} \right)_{62TR25} = 1,04167 \end{aligned}$$

Für $0,725 \leq \frac{x}{L} \leq 1$:

$$\pm \frac{y}{L} = 0,025$$

Profilaufmaße in Tabelle 2.

Leitkopfruder-Profil IfS 64 LR 22. Das Ruder besteht aus zwei Teilen: dem Leitkopf und dem eigentlichen Ruder. Beide Teile sind durch einen im Querschnitt kreisförmigen Spalt konstanter Breite getrennt. Der Leitkopf besitzt die Dickenverteilung des auf $\frac{B}{L} = 0,22$ affin verzerrten Ruders IfS 61 TR 25. Das Ruder hat hohle Flanken. Die Kontur der Rudernase ist kreisförmig (Radius = $0,1 L$); der Übergang zum Schwanz ist bis zur zweiten Ableitung einschließlich stetig [4].

Die Dickenverteilung des Leitkopfes für $0 \leq \frac{x}{L} \leq 0,2$ wird durch dieselbe Gleichung wie für IfS 63 TR 25 für den gleichen Bereich gegeben, jedoch mit den Parametern

$$\sqrt{2r_n/n} = 1,13891 ; \quad \left(\frac{dy}{dx}\right)_{r_n=x=0} = -0,61072 ;$$

$$\frac{B}{2n} = 0,55 ; \quad \frac{n}{r_B} = 0,24464$$

Die Dickenverteilung des Leitkopfes für $0,2 \leq \frac{x}{L} < 0,4$:

$$\pm \frac{y}{0,7L} = \left(\frac{B_S}{2S}\right)_{61TR22} (1 - 10\xi^3 + 15\xi^4 - 6\xi^5) + \left(\frac{B}{2S}\right)_{61TR22} (10\xi^3 - 15\xi^4 + 6\xi^5) - \left(\frac{S}{r_B}\right)_{61TR22} (0,5\xi^3 - \xi^4 + 0,5\xi^5)$$

$$\text{mit } \xi = (0,9 - \frac{x}{L})/0,7 ; \quad \left(\frac{B_S}{2S}\right)_{61TR22} = 0,03143 ;$$

$$\left(\frac{B}{2S}\right)_{61TR22} = 0,15714 ; \quad \left(\frac{S}{r_B}\right)_{61TR22} = 0,85624$$

Die Dickenverteilung des Ruders lautet für $0,3 \leq \frac{x}{L} \leq 0,4$:

$$\pm \frac{y}{0,1L} = \sqrt{1 - (1 - \xi)^2} \quad \text{mit } \xi = 10\frac{x}{L} - 3$$

und für $0,4 \leq \frac{x}{L} \leq 1$:

$$\pm \frac{y}{0,6L} = \frac{B_S}{2S_R} (1 - 10\xi^3 + 15\xi^4 - 6\xi^5) + \frac{B_R}{2S_R} (10\xi^3 - 15\xi^4 + 6\xi^5) - \frac{S_R}{r_{BR}} (0,5\xi^3 - \xi^4 + 0,5\xi^5) - 0,5 a_m (m-5)(m-4)\xi^3 + a_m (m-5)(m-3)\xi^4 - 0,5 a_m \cdot (m-4)(m-3)\xi^5 + a_m \xi^m$$

$$\text{mit } \xi = (1 - \frac{x}{L})/0,6 ; \quad \frac{B_R}{2S_R} = 0,16667 ; \quad \frac{S_R}{r_{BR}} = 6 ; \quad \frac{B_S}{2S_R} = 0,025 ;$$

$$m = 1000 ; \quad a_m = -0,432 \cdot 10^{-5}$$

Die Gleichungen für das Ruder ergeben eine gut strakende Kontur ohne Krümmungsunstetigkeit.

Profilaufmaße in Tabelle 3.

Leitkopfruder-Profil NACA 65 LR 22. Der Leitkopf und der größte Teil des Ruderschwanzes besitzen die modifizierte Dickenverteilung von NACA 0022. Die Rudernase sowie der Spalt zwischen dieser und dem Leitkopf sind im Profilschnitt kreisförmig (Radius der Nasenkontur = $0,1055 L$). Eine spezielle Zwischenkontur [4] sorgt für krümmungssprungfreien Übergang der kreisförmigen zur NACA-Kontur.

Die modifizierte Dickenverteilung für die vierzifferigen, symmetrischen NACA-Profile mit "normalem" Nasenradius [d.h. $(r_n/L) / (B/L)^2 = 1,1$] und 30 % Dickenrücklage [5] unterscheidet sich nur wenig von der in [3] benutzten Standard-Dickenverteilung. Die zur "ersten Erweiterung" gehörenden Dickenverteilungen werden durch Anhängen zweier Zahlen hinter einem waagerechten Strich gekennzeichnet. Das hier als Basis benutzte Profil müßte heißen: NACA 0022-63, wobei die 6 laut Definition für normalen Nasenradius und die 3 für 30 % Dickenrücklage steht.

Die Dickenverteilung des Leitkopfes für $0 \leq \frac{x}{L} \leq 0,3$ lautet:

$$\pm \frac{y}{L} = \frac{B}{L} \left[1,4832 \sqrt{\frac{x}{L}} - 0,4758 \frac{x}{L} - 2,7279 \left(\frac{x}{L} \right)^2 + 2,8096 \left(\frac{x}{L} \right)^3 \right]$$

Die Dickenverteilung des Leitkopfes für $0,3 \leq \frac{x}{L} < 0,4$ sowie des Ruders für $0,5 \leq \frac{x}{L} \leq 1$:

$$\pm \frac{y}{L} = \frac{B}{L} \left[0,01 + 1,17 \left(1 - \frac{x}{L} \right) - 0,3429 \left(1 - \frac{x}{L} \right)^2 - 0,4694 \left(1 - \frac{x}{L} \right)^3 \right]$$

Die Koeffizienten sind aus [5] berechnet worden.

Die Dickenverteilung des Ruders für $(0,4 - \frac{n_R}{L}) \leq \frac{x}{L} \leq 0,4$ ist:

$$\pm \frac{y}{0,1055L} = \sqrt{1 - (1 - \xi)^2} \quad \text{mit} \quad \xi = \left(\frac{x}{L} - 0,2945 \right) / 0,1055$$

und für $0,4 \leq \frac{x}{L} \leq 0,5$:

$$\begin{aligned} \pm \frac{y}{0,1L} = & \left(\frac{y}{0,1L} \right)_{x=0,5L} \left(1 - 10\xi^3 + 15\xi^4 - 6\xi^5 \right) \\ & - \left(\frac{dy}{dx} \right)_{x=0,5L} \left(\xi - 6\xi^3 + 8\xi^4 - 3\xi^5 \right) \\ & + 0,1L \left(\frac{d^2y}{dx^2} \right)_{x=0,5L} \left(0,5\xi^2 - 1,5\xi^3 + 1,5\xi^4 - 0,5\xi^5 \right) \\ & + \left(\frac{y}{0,1L} \right)_{x=0,4L} \left(10\xi^3 - 15\xi^4 + 6\xi^5 \right) \\ & + 0,1L \left(\frac{d^2y}{dx^2} \right)_{x=0,4L} \left(0,5\xi^3 - \xi^4 + 0,5\xi^5 \right) \\ & - 0,5 a_m (m-5)(m-4)\xi^3 + a_m (m-5)(m-3)\xi^4 \\ & - 0,5 a_m (m-4)(m-3)\xi^5 + a_m \xi^m \end{aligned}$$

mit $\xi = 5 - 10 \frac{x}{L}$; $\left(\frac{y}{0,1L} \right)_{x=0,5L} = 0,9918$;

$$\left(\frac{dy}{dx} \right)_{x=0,5L} = -0,1045 \quad ; \quad 0,1L \left(\frac{d^2y}{dx^2} \right)_{x=0,5L} = -0,04607 ;$$

$$\left(\frac{y}{0,1L} \right)_{x=0,4L} = \frac{B_R}{2 \cdot 0,1L} = 1,055 \quad ; \quad 0,1L \left(\frac{d^2y}{dx^2} \right)_{x=0,4L} = -\frac{0,1L}{r_{BR}} = -0,9479 ;$$

$$m = 200 \quad ; \quad a_m = -0,1978 \cdot 10^{-4}$$

Profilaufmaße in Tabelle 4.

Ruderprofil IfS 48 BR 15. Es handelt sich hier um ein Ruder mit plattenförmigen Enden von 0,03 L Dicke. Der dickenveränderliche Teil des Ruders ist symmetrisch bezogen auf eine auf 0,4 L von der Rudervorderkante gelegene Querebene. Die Dickenverteilung wird durch folgende Gleichungen gegeben.

Für $0 \leq \frac{x}{L} \leq 0,05$ und $0,75 \leq \frac{x}{L} \leq 1$:

$$\pm \frac{y}{L} = 0,015$$

Für $0,05 \leq \frac{x}{L} \leq 0,75$:

$$\pm \frac{y}{0,35L} = \frac{B_n}{2n} \left(1 - 10\xi^3 + 15\xi^4 - 6\xi^5 \right) + \frac{B}{2n} \left(10\xi^3 - 15\xi^4 + 6\xi^5 \right)$$

mit $\xi = \left(\frac{x}{L} - 0,05 \right) / 0,35$ für $0,05 \leq \frac{x}{L} \leq 0,4$

und $\xi = \left(0,75 - \frac{x}{L} \right) / 0,35$ für $0,4 \leq \frac{x}{L} \leq 0,75$

und $\frac{B_n}{2n} = \frac{B_s}{2s} = 0,04286$; $\frac{B}{2n} = \frac{B}{2s} = 0,21429$

Profilaufmaße in Tabelle 5.

Ruderprofil IfS 49 BR 15. Dieses Profil entspricht IfS 48 BR 15 mit zur Mitte hin verschobenem, dickenveränderlichen Teil. Das Profil ist auch symmetrisch bezogen auf die Querachse. Die Dickenverteilung lautet

für $0 \leq \frac{x}{L} \leq 0,15$ und $0,85 \leq \frac{x}{L} \leq 1$:

$$\pm \frac{y}{L} = 0,015$$

Für $0,15 \leq \frac{x}{L} \leq 0,85$ lautet sie:

$$\pm \frac{y}{0,95L} = \frac{B_n}{2n} (1 - 10\xi^3 + 15\xi^4 - 6\xi^5) + \frac{B}{2n} (10\xi^3 - 15\xi^4 + 6\xi^5)$$

mit $\xi = (\frac{x}{L} - 0,15)/0,35$ für $0,15 \leq \frac{x}{L} \leq 0,5$

und $\xi = (0,85 - \frac{x}{L})/0,35$ für $0,5 \leq \frac{x}{L} \leq 0,85$

und $\frac{B_n}{2n} = \frac{B_s}{2s} = 0,04286$; $\frac{B}{2n} = \frac{B}{2s} = 0,21429$

Profilaufmaße in Tabelle 6.

Die Rudermodelle waren aus Teakholz angefertigt und hatten alle quadratischen Umriß von 0,4 m x 0,4 m Größe. Die Oberfläche war glatt lackiert. Die Ober- und Unterkante der Modelle war ohne Abrundung stumpf abgeschnitten. Die Leitkopfruder-Modelle waren je mit einem Spalt von 3 mm Breite versehen. Der quadratische Umriß galt hier für die ganze Leitkopfruderanordnung. Diese Modelle wurden auch mit abgedichtetem Spalt untersucht. Das Abdichten erfolgte durch Ausfüllen des Spaltes mit einer Dichtungsmasse, so daß Leitkopf und Ruder eine feste Einheit bildeten. So und mit der Rückwärtsanordnung des Ruders IfS 48 BR 15 konnten drei weitere Ruder gewonnen werden.

Durchführung der Versuche

Die Modelle IfS 63 TR 25, IfS 48 BR 15 und IfS 49 BR 15 sind im alten Windkanal und die Modelle IfS 64 LR 22 und NACA 65 LR 22 im neuen Windkanal des Instituts für Schiffbau der Universität Hamburg auf ihre Rudereigenschaften untersucht worden. Eine Beschreibung der Windkanäle findet sich in [6] bzw. [7].

Die Messungen fanden jeweils in einem Freistrahls mit kreisförmigem Querschnitt von 1 m Durchmesser statt. Als Waage wurde eine Dreikomponenten-Federgelenkwaage mit elektrischen Meßgliedern verwendet. Gemessen wurden bei verschiedenen Anströmwinkeln jeweils zwei Widerstandskomponenten und die Querkraft. Die Normal- und Tangentialkraft sowie das Rudermoment und der Druckmittelpunkt konnten daraus berechnet werden [3]. Mit der zur Verfügung stehenden Meßeinrichtung konnten nur die Gesamtkräfte bzw. Gesamtmomente der Leitkopfruder gemessen werden; es wurden an den Leitkopfrudern nur Versuche mit Ruderausschlag Null durchgeführt. (Eine komplette Messung bei mehreren Ruder- und Driftwinkeln sowie mit Ermittlung des für die Dimensionierung der Rudermaschine wichtigen Rudermomentes ist zur Zeit in der Vorbereitung.) Die Messungen erfolgten sowohl bei Anströmung von vorn als auch bei Anströmung von hinten und mit genügend kleinen Intervallen der Anströmwinkel. Die Versuche mit Anströmung von vorn wurden außerdem bei mehreren Reynoldszahlen (etwa $0,4$ bis $0,8 \cdot 10^6$) durchgeführt. Auf die Ausführung der Modelle IfS 64 LR 22 und NACA 65 LR 22 als einteilige Ruder sowie des Modells IfS 48 BR 15 in Rückwärtsstellung wurde bereits hingewiesen.

Die Versuchsdurchführung lag in Händen von Dipl.-Ing. B. Wagner und Ing. P. Malzahn.

Diskussion der Ergebnisse

Die Kräfte und das Moment werden durch die dimensionslosen Koeffizienten c_C , c_D , c_X , c_Y , c_N , die Druckpunktslage durch $\frac{e}{L}$ angegeben. Die durch Ruderschaft und Waage hervorgerufenen Kräfte sind abgezogen. Weitere Korrekturen wurden an den Ergebnissen nicht vorgenommen. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 7 bis 35 festgelegt.

Das Rudermoment ist auf die Hochachse durch den $\frac{L}{4}$ -Punkt der Ruderlänge bezogen; für die Ruder der BR-Reihe außerdem auch noch auf eine zweite Hochachse. Die Umrechnung auf weitere Hochachsen ist einfach möglich. Über die Leitkopfruder enthält dieser Abschnitt die Ergebnisse der Versuche bei Schräganströmung ohne Ruderausschlag in Form von Gesamtkräften und Gesamtmomenten.

In den Bildern 3 bis 9 sind die Kräfte, Momente und Druckpunktlagen in Abhängigkeit vom Anströmwinkel dargestellt; in den Bildern 10 bis 15 das entsprechende bei der Rückwärtsfahrt. Es ist im allgemeinen die größte der untersuchten Reynoldszahlen dargestellt worden. Die Bilder 16 bis 23 zeigen dagegen die Polaren der Ruder bei verschiedenen Reynoldszahlen.

Das Profil IfS 63 TR 25 ist mit $c_{Cmax} = 1,5$ und $c_{Ymax} = 1,7$ nur unwesentlich schlechter als seine Grundform IfS 62 TR 25 und bei größeren Anströmwinkeln besser als das etwas völligere Profil IfS 61 TR 25 (Bild 24, 26). Die Nullage des Modells war im Windkanal offensichtlich ungenau eingestellt; dies ist beim Vergleich der Kurven in den Bildern 24 und 26 zu berücksichtigen. Auch bei der Rückwärtsfahrt (Bild 10) weist das Profil ähnlich günstige Werte wie IfS 62 TR 25 auf. Auf die bis zum Abreißen der Strömung geringe Druckpunktswanderung (Bild 3) sowie die gute Balancierung (Bild 28) wird hingewiesen.

Die Untersuchung des Profils IfS 64 LR 22 mit und ohne Spalt ergab keine Favorisierung einer bestimmten Ausführung, da die Ergebnisse beider Ausführungen sich nur wenig unterscheiden (Bild 4,5). Dasselbe gilt auch für das Profil NACA 65 LR 22, mit der Ausnahme, daß hier etwas größere Höchstwerte von c_C und c_Y bei offenem Spalt gemessen wurden (Bild 6,7). Bei der Rückwärtsfahrt wurden an beiden Profilen größere Höchstwerte von c_C und c_Y bei abgedichtetem Spalt gemessen (Bild 11 bis 14). Das IfS-Profil ist dem NACA-Profil eindeutig überlegen, sowohl in bezug auf die Kräfte (Bild 24,26) als auch in bezug auf die Balancierung bei 25% Drehachsrücklage (Bild 28). Das NACA-Ruder ist bei dieser Drehachslage in einem größeren Anströmwinkelbereich überbalanciert. Die Bilder 24 und 26 zeigen, daß das Profil IfS 64 LR 22 auch im Vergleich zu den anderen IfS-Profilen gut abschneidet. Beim Vergleich darf

jedoch nicht außer acht gelassen werden, daß IfS 64 LR 22 und NACA 65 LR 22 dünner sind als die anderen in den Bildern aufgeführten Profile.

Das Profil IfS 48 BR 15 besitzt in der Rückwärtsstellung merkwürdigerweise größere Höchstwerte von c_c und c_y als in der normalen Vorwärtsstellung. Das Profil ist in Rückwärtsstellung in bezug auf die Höchstwerte von c_c und c_y dem Profil IfS 49 BR 15 etwas überlegen, während es in Vorwärtsstellung diesem unterlegen ist (Bild 8, 9, 15). Eine Erklärung hierfür konnte bisher nicht gegeben werden. Es kann nur vermutet werden, daß das bei der Platte beobachtete Wiederanliegen der abgelösten Strömung durch den Störkörper (hier die Verdickung) je nach dessen Lage unterschiedlich beeinflußt wird. Der Einfluß von Form, Größe und Oberflächenbeschaffenheit des Störkörpers ist für alle drei Ruder gleich. Die Querkräfte bei größeren Anström winkeln sind etwas niedriger als die einer 3 % dicken Rechteckplatte, während der Querkraftanstieg bei $\alpha = 0$ dem der Platte nahezu gleich ist (Bild 25, 27). Die zum Vergleich herangezogenen Profile IfS 57 BR 15 und IfS 56 SR 15 sind nicht besser. Bild 29 zeigt die Balancierung verschiedener Ruder mit plattenförmigen bzw. stumpfen Enden. In diesem Bild ist das Moment c_{N25} für IfS 48 BR 15 in Rückwärtsstellung auf eine im Abstand von 0,25 L vor der Ruderhinterkante gelegte Achse bezogen, während für c_{N25} in Bild 15 aus systematischen Gründen die Achse durch den von der Rudervorderkante gemessenen $\frac{L}{4}$ -Punkt Bezugsachse ist.

Folgerungen

- Das in [1] etwa als Optimum gefundene Profil IfS 62 TR 25 kann ohne nennenswerte Querkrafteinbuße in das Profil IfS 63 TR 25 mit kräftigerer Hinterkante umgewandelt werden.

- Das Leitkopfruder IfS 64 LR 22 weist (bei Ruderwinkel Null) höhere Werte für die Querkraft bzw. Normalkraft auf als das Leitkopfruder NACA 65 LR 22. Die Wanderung des "Gesamt"-Druckpunktes bis zur Strömungsablösung ist bei IfS 64 LR 22 geringer als bei NACA 65 LR 22. Das für einteilige Ruder ungewöhnlich aussehende Profil IfS 64 LR 22 mit hohlen Flanken und Konturknick hat bessere Rudereigenschaften als ein vergleichbares, herkömmliches Profil ohne Vorzeichenwechsel im Konturkrümmungsverlauf.
- Die Plattenruder IfS 48 BR 15 und IfS 49 BR 15 mit örtlicher Verdickung sind in bezug auf die Querkräfte dem einfachen Plattenruder gleicher Kantendicke etwas unterlegen. Die Kräfteveränderung ist bei gleicher Ausführung der Verdickung von der Lage der Verdickung abhängig. Eine Verbesserung der Rudereigenschaften einer Platte durch eine örtliche Verdickung scheint bei richtiger Gestaltung und Anbringung der Verdickung möglich.

Symbole

A_R	Ruderfläche bzw. Gesamtruderfläche beim Leitkopfruder
A_S	Strahlquerschnittsfläche im Windkanal
B	maximale Profildicke bzw. maximale Dicke des Leitkopfes beim Leitkopfruder
B_n	Profilnasendicke
B_R	maximale Dicke des beweglichen Ruders beim Leitkopfruder
B_s	Profilhinterkantendicke
C	Querkraft; positiv nach links, in Anströmrichtung gesehen
$c_C = \frac{C}{g/2 v^2 A_R}$	Querkraftkoeffizient
$c_D = \frac{D}{g/2 v^2 A_R}$	Widerstandskoeffizient
$c_N = \frac{N}{g/2 v^2 A_R L}$	Koeffizient für das Rudermoment. Die zweistellige Zahl hinter dem N gibt die Rücklage der Momentenbezugsachse in % an.
$c_X = \frac{X}{g/2 v^2 A_R}$	Tangentialkraftkoeffizient
$c_Y = \frac{Y}{g/2 v^2 A_R}$	Normalkraftkoeffizient
D	Widerstand; positiv in Anströmrichtung
d_o	Breite des Spaltes in der Mittellinie beim Leitkopfruderprofil
e	Abstand des Druckpunktes von der Profilnase
ε_B	Länge des geraden Teils an der maximalen Profildicke
ε_n	Länge des geraden Teils an der Profilnase
ε_s	Länge des geraden Teils am Profilschwanz

L	Gesamtprofillänge
L_{FO}	Länge des Leitkopfes in der Mittellinie beim Leitkopfruderprofil
L_R	Länge des beweglichen Ruders beim Leitkopfruder
N	Rudermoment; positiv rechtsdrehend von oben gesehen
n	Länge des dickenveränderlichen Teils an der Profilhase bzw. an der Nase des Leitkopfes beim Leitkopfruder
n_R	Länge des dickenveränderlichen Teils an der Nase des beweglichen Ruders beim Leitkopfruder
$R_n = \frac{vL}{\nu}$	Reynoldszahl
r_B	Krümmungsradius der Profilkontur an der maximalen Dicke bzw. an der maximalen Dicke des Leitkopfes beim Leitkopfruder
r_{BR}	Krümmungsradius der Profilkontur an der maximalen Dicke des beweglichen Ruders beim Leitkopfruder
r_n	Profil- bzw. Leitkopfnasenradius
r_{nR}	Nasenradius des beweglichen Ruders beim Leitkopfruder
s	Länge des dickenveränderlichen Teils am Profilschwanz
s_R	Länge des dickenveränderlichen Teils am Schwanz des beweglichen Ruders beim Leitkopfruder
v	Anströmgeschwindigkeit
X	Tangentialkraft; positiv nach vorn
Y	Normalkraft; positiv nach Steuerbord
x,y	rechtwinkliges Koordinatensystem zur Bestimmung der Profilkontur. Nullpunkt in der Profilhase. x in Profillängsrichtung, y quer dazu.
ϵ	Anströmwinkel. Er ist der kleinere Winkel, den die Anströmungsgegenrichtung mit der Schwanz-Nase-Richtung des Ruders einschließt. Positiv bei Anströmung von Backbord.

Λ_R	Seitenverhältnis des Ruders bzw. des ganzen Leitkopfruders
ν	kinematische Zähigkeit des Strömungsmediums
ρ	Dichte des Strömungsmediums

Schrifttum:

- [1] Thieme, H.: Zur Formgebung von Schiffsrudern.
Jahrbuch STG, 1962, S. 381-422
- [2] Malzahn, P. u.
Thieme, H.: Windkanaluntersuchung von Quertriebs-
flächen mit Spantarealkurven-Profil
IfS 56 SR 15 bei verschiedenen
Seitenverhältnissen.
Institut für Schiffbau der Universität
Hamburg, Schrift Nr. 2049 (1966)
- [3] Kwik, K.H.: Windkanaluntersuchungen an einem Modell
eines Schiffsruders mit dem Profil
IfS 51 TR 25.
Hansa 1970, S. 779-784
- [4] Kwik, K.H.: Zur mathematischen Darstellung von
Leitkopfruderprofilen.
Institut für Schiffbau der Universität
Hamburg, Bericht Nr. 217 (1968)
- [5] Riegels, F.W.: Aerodynamische Profile.
R. Oldenbourg, München, 1958
- [6] Wieghardt, K.: Der Windkanal des Instituts für Schiff-
bau der Universität Hamburg.
IfS-Bericht Nr. 26 (1956)
- [7] Kux, J. und
Wieghardt, K.: Der neue Windkanal des Instituts
für Schiffbau.
IfS-Bericht Nr. 169 (1966)

Tabelle 1 : Formparameter von

	JfS 63TR25	JfS 64LR 22	NACA 65LR22	JfS 48 BR15
B/L	0.25	0.22	0.22	0.15
B_R/L	—	0.20	0.211	—
B_s/L	0.05	0.03	0.0044	0.03
B_s/B	0.2	0.13636	0.02	0.2
B_n/L	—	—	—	0.03
B_n/B	—	—	—	0.2
n/L	0.2	0.2	0.3	0.35
n_R/L	—	0.1	0.1055	—
s/L	≈ 0.525	—	—	0.35
s_R/L	—	0.6	0.6	—
g_n/L	—	—	—	0.05
g_s/L	≈ 0.275	0	0	0.25
g_B/L	0	0	0	0
L_{F0}/L	—	0.2925	0.2870	—
d_0/L	—	0.0075	0.0075	—
L_R/L	—	0.7	0.7055	—
r_n/L	$2.68(B/L)^2 = 0.1676$	$2.68(B/L)^2 = 0.1297$	$1.1(B/L)^2 = 0.05324$	0
r_{nR}/L	—	$2.0694(B/L)^2 = 0.1$	$2.1798(B/L)^2 = 0.1055$	—
L/r_B	$5.56 B/L = 1.39$	$5.56 B/L = 1.2232$	$2.6571 B/L = 0.5846$	0
L/r_{BR}	—	$45.45 B/L = 10$	$43.085 B/L = 9.4787$	—
$\left(\frac{dy}{dx}\right)_{r_n = x=0}$	$-2.776 B/L = -0.694$	$-2.776 B/L = -0.6107$	$-0.4758 B/L = -0.1047$	0
$\left(\frac{dy}{dx}\right)_{x=L}$	0	0	$-1.17 B/L = -0.2574$	0
$\left(\frac{d^2y}{dx^2} L\right)_{r_n = x=0}$	$1.183 B/L = 0.296$	$1.183 B/L = 0.260$	$-5.4558 B/L = -1.200$	0
$\left(\frac{d^2y}{dx^2} L\right)_{x=L}$	0	0	$-0.6858 B/L = -0.1509$	0
$\int_0^1 (y/L) d(x/L)$	$\approx 0.278 B/L = 0.0695$	$\approx 0.309 B/L = 0.068$	$\approx 0.3427 B/L = 0.0754$	$0.24 B/L = 0.0360$

Ruderprofilen

Jf5 49 BR 15	Jf5 61TR25[1]	Jf5 62TR25[1]	Jf5 56SR15[2]	Jf5 57 BR15 [1]
0.15	0.25	0.25	0.15	0.15
—	—	—	—	—
0.03	0.05	0.015	0.015	0.015
0.2	0.2	0.06	0.1	0.1
0.03	—	—	0.015	0.015
0.2	—	—	0.1	0.1
0.35	0.2	0.2	0.4175	0.5
—	—	—	—	—
0.35	0.7	0.75	0.4175	0.5
—	—	—	—	—
0.15	—	—	0	0
0.15	0.1	0.05	0	0
0	0	0	0.165	0
—	—	—	—	—
—	—	—	—	—
—	—	—	—	—
0	$2.68(B/L)^2 = 0.1676$	$2.68(B/L)^2 = 0.1676$	0	0
—	—	—	—	—
0	$5.56 B/L = 1.39$	$5.56 B/L = 1.39$	0	$10.8 B/L = 1.62$
—	—	—	—	—
0	$-2.776 B/L = -0.694$	$-2.776 B/L = -0.694$	0	0
0	0	0	0	0
0	$1.183 B/L = 0.296$	$1.183 B/L = 0.296$	$40.16 B/L = 6.024$	$10.8 B/L = 1.62$
0	0	0	$40.16 B/L = 6.024$	$10.8 B/L = 1.62$
$0.24 B/L = 0.0360$	$0.288 B/L = 0.0720$	$0.2648 B/L = 0.0662$	$0.3608 B/L = 0.0541$	$0.275 B/L = 0.04125$

Tabelle 2

Aufmaße des Ruderprofils JfS 63TR25

$\frac{x}{L}$	$\frac{y}{L}$
0	0
0.004	0.0337
0.01	0.0510
0.02	0.0681
0.04	0.0884
0.06	0.1008
0.08	0.1092
0.12	0.1192
0.16	0.1237
0.20	0.1250
0.275	0.1212
0.350	0.1102
0.425	0.0938
0.5	0.0742
0.575	0.0541
0.650	0.0358
0.725	0.0250
1.0	0.0250

Tabelle 3

Aufmaße des Ruderprofils Jfs 64 LR 22

$\frac{x}{L}$	$\frac{y}{L}$
Leitkopf :	
0	0
0.005	0.0330
0.01	0.0448
0.02	0.0599
0.04	0.0776
0.06	0.0886
0.08	0.0960
0.12	0.1048
0.16	0.1089
0.20	0.1100
0.25	0.1085
0.30	0.1041
0.35	0.0972
Ruder :	
0.30	0
0.31	0.0436
0.32	0.0600
0.34	0.0800
0.36	0.0917
0.38	0.0980
0.40	0.1000
0.43	0.0987
0.46	0.0953
0.52	0.0843
0.58	0.0700
0.64	0.0551
0.70	0.0413
0.76	0.0301
0.82	0.0220
0.88	0.0173
0.94	0.0153
1.00	0.0150

Tabelle 4

Aufmaße des Ruderprofils NACA 65 LR 22

$\frac{x}{L}$	$\frac{y}{L}$
Leitkopf:	
0	0
0.0125	0.0351
0.025	0.0486
0.050	0.0663
0.075	0.0784
0.10	0.0873
0.15	0.0993
0.20	0.1059
0.25	0.1091
0.30	0.1100
0.35	0.1093
Ruder:	
0.2945	0
0.30	0.0336
0.32	0.0688
0.34	0.0868
0.36	0.0976
0.38	0.1036
0.40	0.1055
0.42	0.1051
0.44	0.1042
0.46	0.1028
0.48	0.1011
0.50	0.0991
0.60	0.0865
0.70	0.0698
0.80	0.0498
0.90	0.0271
0.95	0.0149
1.00	0.0022

Tabelle 5

Aufmaße des Ruderprofils Jf5 48 BR15

$\frac{x}{L}$	$\frac{y}{L}$
0	0.0150
0.05	0.0150
0.10	0.0164
0.15	0.0237
0.20	0.0371
0.25	0.0529
0.30	0.0663
0.35	0.0736
0.40	0.0750
0.45	0.0736
0.50	0.0663
0.55	0.0529
0.60	0.0371
0.65	0.0237
0.70	0.0164
0.75	0.0150
1.00	0.0150

Tabelle 6

Aufmaße des Ruderprofils Jf5 49 BR 15

$\frac{x}{L}$	$\frac{y}{L}$
0	0.0150
0.15	0.0150
0.20	0.0164
0.25	0.0237
0.30	0.0371
0.35	0.0529
0.40	0.0663
0.45	0.0736
0.50	0.0750
0.55	0.0736
0.60	0.0663
0.65	0.0529
0.70	0.0371
0.75	0.0237
0.80	0.0164
0.85	0.0150
1.00	0.0150

Tabelle 7

Versuchsergebnisse IfS 63 TR 25

$$\Lambda_R = 1 \quad R_n = 0,356 \cdot 10^6$$

ε°	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{N25}	$\frac{e}{L}$
-2.0	0.025	0.045	-0.044	-0.027	-0.0057	
0.0	0.040	0.045	-0.045	0.040	-0.0057	
2.0	0.091	0.050	-0.047	0.092	-0.0038	0.291
5.0	0.141	0.055	-0.043	0.145	-0.0057	0.289
10.0	0.367	0.075	-0.011	0.375	-0.0094	0.275
15.0	0.538	0.126	0.018	0.552	-0.0265	0.298
20.0	0.744	0.201	0.066	0.768	-0.0473	0.312
25.0	0.931	0.317	0.106	0.977	-0.0794	0.331
27.0	1.011	0.362	0.136	1.065	-0.0983	0.342
28.0	0.714	0.483	-0.091	0.857	-0.1740	0.453
30.0	0.760	0.533	-0.082	0.924	-0.1853	0.450
35.0	0.820	0.639	-0.053	1.038	-0.1985	0.441
40.0	0.815	0.684	-0.000	1.064	-0.2024	0.440
42.0	0.760	0.709	-0.019	1.039	-0.2043	0.447
44.0	0.734	0.719	-0.007	1.028	-0.2043	0.449
45.0	0.709	0.714	-0.004	1.007	-0.1985	0.447
50.0	0.664	0.744	0.030	0.997	-0.1985	0.449
55.0	0.589	0.790	0.029	0.984	-0.2043	0.457
60.0	0.528	0.815	0.050	0.970	-0.2060	0.462
70.0	0.372	0.820	0.069	0.898	-0.2004	0.473
80.0	0.241	0.830	0.094	0.859	-0.2004	0.483
90.0	0.086	0.976	0.085	0.976	-0.2666	0.523

Tabelle 8

Versuchsergebnisse IfS 63 TR 25

$$\Lambda_R = 1 \quad R_n = 0,522 \cdot 10^6$$

ε°	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{N25}	$\frac{e}{L}$
-2.0	-0.084	0.048	-0.045	-0.085	-0.0054	0.187
0.0	-0.007	0.043	-0.043	-0.007	-0.0054	
2.0	0.053	0.043	-0.041	0.054	-0.0054	
5.0	0.131	0.045	-0.034	0.135	-0.0045	0.283
10.0	0.299	0.067	-0.014	0.306	-0.0081	0.276
15.0	0.466	0.105	0.019	0.477	-0.0198	0.291
20.0	0.667	0.172	0.066	0.685	-0.0378	0.305
25.0	0.848	0.289	0.096	0.891	-0.0630	0.321
30.0	1.054	0.387	0.192	1.106	-0.0954	0.336
35.0	1.231	0.554	0.252	1.326	-0.1349	0.352
40.0	1.336	0.684	0.335	1.463	-0.1448	0.349
41.0	1.346	0.707	0.349	1.480	-0.1529	0.353
41.0	0.801	0.698	-0.001	1.062	-0.2050	0.443
45.0	0.724	0.707	0.012	1.012	-0.1997	0.447
50.0	0.667	0.724	0.045	0.983	-0.1969	0.450
55.0	0.609	0.774	0.055	0.984	-0.2015	0.455
60.0	0.552	0.808	0.074	0.976	-0.2051	0.460
70.0	0.399	0.832	0.091	0.918	-0.2068	0.475
80.0	0.263	0.891	0.104	0.924	-0.2276	0.496
90.0	0.108	0.961	0.108	0.961	-0.2555	0.516

Tabelle 9

Versuchsergebnisse IfS 63 TR 25

$$\Lambda_R = 1 \quad R_n = 0,729 \cdot 10^6$$

ϵ°	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{N25}	$\frac{e}{L}$
-2.0	-0.079	0.047	-0.044	-0.080	-0.0049	0.189
0.0	-0.013	0.042	-0.042	-0.013	-0.0049	
2.0	0.042	0.042	-0.040	0.043	-0.0049	
5.0	0.136	0.043	-0.031	0.139	-0.0049	0.285
10.0	0.286	0.063	-0.013	0.292	-0.0077	0.276
15.0	0.477	0.105	0.022	0.488	-0.0184	0.288
20.0	0.658	0.167	0.068	0.676	-0.0360	0.303
25.0	0.851	0.264	0.120	0.883	-0.0634	0.322
30.0	1.049	0.391	0.186	1.104	-0.0945	0.336
35.0	1.222	0.534	0.264	1.308	-0.1235	0.344
40.0	1.347	0.686	0.340	1.473	-0.1444	0.348
41.0	1.362	0.718	0.352	1.499	-0.1501	0.350
42.0	1.386	0.749	0.371	1.532	-0.1564	0.352
43.0	1.410	0.784	0.388	1.566	-0.1639	0.355
44.0	1.422	0.807	0.408	1.583	-0.1668	0.355
45.0	1.446	0.835	0.432	1.613	-0.1731	0.357
46.0	1.470	0.878	0.447	1.653	-0.1803	0.359
47.0	1.476	0.903	0.463	1.667	-0.1860	0.362
48.0	1.494	0.945	0.478	1.702	-0.1929	0.363
49.0	0.690	0.729	0.042	1.003	-0.1994	0.449
50.0	0.684	0.725	0.057	0.995	-0.1955	0.447
55.0	0.625	0.774	0.068	0.993	-0.2003	0.452
60.0	0.565	0.805	0.087	0.980	-0.2033	0.457
70.0	0.406	0.821	0.101	0.910	-0.2036	0.474
80.0	0.272	0.870	0.117	0.904	-0.2213	0.495
90.0	0.118	0.949	0.118	0.949	-0.2553	0.519

Tabelle 10

Versuchsergebnisse IfS 63 TR 25

rückwärts

$$\Lambda_R = 1 \quad R_n = 0,515 \cdot 10^6$$

$180^\circ - \varepsilon^\circ$	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{N25}	$1 - \frac{e}{L}$
0.0	-0.017	0.088	0.088	0.017	-0.0135	
5.0	-0.163	0.108	0.093	0.171	-0.0926	0.209
10.0	-0.308	0.158	0.102	0.331	-0.1700	0.237
15.0	-0.440	0.234	0.112	0.485	-0.2374	0.261
20.0	-0.686	0.416	0.156	0.787	-0.3038	0.364
25.0	-0.815	0.528	0.134	0.962	-0.3708	0.365
30.0	-0.899	0.643	0.107	1.100	-0.4132	0.374
35.0	-0.951	0.789	0.100	1.232	-0.4336	0.398
40.0	-0.992	0.942	0.084	1.365	-0.4611	0.412
41.0	-0.987	0.966	0.081	1.378	-0.4635	0.414
42.0	-0.638	0.741	0.124	0.970	-0.3391	0.400
45.0	-0.624	0.779	0.110	0.992	-0.3421	0.405
50.0	-0.562	0.853	0.118	1.015	-0.3427	0.412
55.0	-0.480	0.899	0.122	1.012	-0.3361	0.418
60.0	-0.392	0.939	0.130	1.009	-0.3283	0.425
70.0	-0.229	0.994	0.124	1.013	-0.3110	0.443

Tabelle 11

Versuchsergebnisse IfS 64 LR 22

Ruderausschlag 0, Spalt offen

$$\Lambda_R = 1 \quad R_n = 0,530 \cdot 10^6$$

ε°	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{N25}	$\frac{e}{L}$
-5.0	-0.158	0.042	-0.028	-0.161	0.0046	0.279
-2.0	-0.060	0.031	-0.029	-0.061	0.0061	0.351
0.0	0.000	0.026	-0.026	0.000	0.0018	
2.0	0.060	0.026	-0.024	0.061	0.0020	0.217
5.0	0.153	0.039	-0.025	0.156	0.0061	0.211
10.0	0.312	0.066	-0.011	0.318	-0.0004	0.251
15.0	0.489	0.117	0.014	0.503	-0.0037	0.257
20.0	0.673	0.185	0.056	0.696	-0.0320	0.296
25.0	0.872	0.293	0.103	0.914	-0.0510	0.306
30.0	1.053	0.426	0.158	1.125	-0.0835	0.324
31.0	1.103	0.462	0.172	1.184	-0.0861	0.323
32.0	1.140	0.487	0.191	1.225	-0.0929	0.326
33.0	1.154	0.512	0.199	1.247	-0.0967	0.328
34.0	1.216	0.557	0.219	1.319	-0.1087	0.332
35.0	1.241	0.583	0.235	1.351	-0.1258	0.343
36.0	1.278	0.617	0.252	1.397	-0.1335	0.346
37.0	0.800	0.641	-0.030	1.025	-0.1598	0.406
38.0	0.812	0.668	-0.026	1.052	-0.1692	0.411
39.0	0.812	0.683	-0.020	1.061	-0.1710	0.411
40.0	0.812	0.696	-0.011	1.070	-0.1772	0.416
50.0	0.666	0.771	0.014	1.019	-0.1689	0.416
60.0	0.557	0.850	0.057	1.014	-0.1770	0.424
70.0	0.407	0.894	0.077	0.980	-0.1775	0.431
80.0	0.258	0.904	0.097	0.935	-0.1991	0.463
90.0	0.094	0.919	0.094	0.919	-0.2579	0.531

Tabelle 12

Versuchsergebnisse IfS 64 LR 22

Ruderausschlag 0, Spalt offen

$$\Lambda_R = 1 \quad R_n = 0,673 \cdot 10^6$$

ε°	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{N25}	$\frac{e}{L}$
-5.0	-0.160	0.049	-0.035	-0.163	0.0044	0.277
-2.0	-0.062	0.040	-0.038	-0.063	0.0013	0.270
0.0	0.000	0.038	-0.038	0.000	0.0006	
2.0	0.060	0.040	-0.038	0.062	0.0001	0.248
5.0	0.149	0.045	-0.032	0.153	0.0083	0.195
10.0	0.308	0.076	-0.021	0.317	-0.0009	0.253
15.0	0.486	0.124	0.006	0.501	-0.0122	0.274
20.0	0.678	0.198	0.046	0.705	-0.0269	0.288
25.0	0.874	0.305	0.093	0.921	-0.0693	0.325
30.0	1.054	0.437	0.149	1.131	-0.0921	0.331
35.0	1.234	0.595	0.221	1.352	-0.1321	0.348
36.0	1.289	0.627	0.250	1.412	-0.1506	0.357
37.0	1.313	0.663	0.260	1.448	-0.1539	0.356
38.0	1.352	0.693	0.286	1.492	-0.1701	0.364
39.0	1.367	0.742	0.284	1.529	-0.1444	0.344
40.0	1.391	0.768	0.306	1.559	-0.1584	0.352
41.0	1.391	0.809	0.302	1.580	-0.1595	0.351
42.0	0.875	0.735	0.039	1.143	-0.1891	0.415
43.0	0.781	0.746	-0.013	1.081	-0.1711	0.408
44.0	0.766	0.740	-0.000	1.065	-0.1686	0.408
45.0	0.719	0.735	-0.012	1.028	-0.1716	0.417
50.0	0.665	0.781	0.008	1.025	-0.1754	0.421
60.0	0.555	0.859	0.052	1.022	-0.2001	0.446
70.0	0.411	0.912	0.074	0.998	-0.2390	0.490
80.0	0.260	0.920	0.096	0.951	-0.1909	0.451
90.0	0.096	0.925	0.096	0.925	-0.2283	0.497

Tabelle 13

Versuchsergebnisse IfS 64 LR 22

Ruderausschlag 0, Spalt offen

$$\Lambda_R = 1 \quad R_n = 0,746 \cdot 10^6$$

ε°	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{N25}	$\frac{e}{L}$
-5.0	-0.156	0.047	-0.033	-0.159	0.0171	0.357
-2.0	-0.061	0.039	-0.037	-0.062	0.0085	0.387
0.0	-0.001	0.036	-0.036	-0.001	0.0088	
2.0	0.061	0.036	-0.034	0.062	0.0111	0.071
5.0	0.152	0.044	-0.030	0.156	0.0086	0.195
10.0	0.316	0.070	-0.014	0.323	0.0064	0.230
15.0	0.494	0.120	0.011	0.508	-0.0038	0.257
20.0	0.688	0.193	0.054	0.712	-0.0279	0.289
25.0	0.882	0.304	0.097	0.928	-0.0512	0.305
30.0	1.058	0.427	0.159	1.129	-0.0855	0.326
35.0	1.240	0.595	0.224	1.357	-0.1214	0.339
40.0	1.403	0.777	0.307	1.574	-0.1583	0.351
41.0	1.417	0.802	0.324	1.595	-0.1620	0.352
42.0	1.429	0.826	0.343	1.615	-0.1631	0.351
43.0	0.789	0.745	-0.007	1.086	-0.1665	0.403
44.0	0.777	0.752	-0.001	1.081	-0.1541	0.393
45.0	0.739	0.745	-0.004	1.050	-0.1847	0.426
50.0	0.664	0.770	0.014	1.017	-0.1804	0.427
60.0	0.558	0.852	0.058	1.017	-0.1917	0.438
70.0	0.404	0.901	0.072	0.985	-0.1856	0.438
80.0	0.254	0.919	0.091	0.949	-0.2160	0.478
90.0	0.092	0.922	0.092	0.922	-0.2452	0.516

Tabelle 14

Versuchsergebnisse IfS 64 LR 22

Ruderausschlag 0, Spalt offen

$$\Lambda_R = 1 \quad R_n = 0,823 \cdot 10^6$$

ε°	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{N25}	$\frac{e}{L}$
10.0	0.324	0.073	-0.015	0.331	0.0026	0.242
15.0	0.491	0.118	0.013	0.505	-0.0117	0.273
20.0	0.679	0.192	0.052	0.703	-0.0355	0.300
25.0	0.893	0.309	0.098	0.940	-0.0562	0.310
30.0	1.087	0.439	0.164	1.161	-0.0885	0.326
35.0	1.245	0.603	0.220	1.366	-0.1053	0.327
40.0	1.413	0.772	0.317	1.579	-0.1472	0.343
41.0	1.424	0.809	0.324	1.606	-0.1501	0.343
42.0	1.435	0.834	0.341	1.624	-0.1653	0.352
43.0	1.456	0.867	0.359	1.656	-0.1630	0.348
44.0	0.775	0.728	0.015	1.063	-0.1631	0.403
45.0	0.755	0.742	0.009	1.058	-0.1765	0.417
50.0	0.682	0.778	0.022	1.035	-0.1738	0.418
60.0	0.568	0.858	0.063	1.027	-0.1862	0.431
70.0	0.415	0.909	0.079	0.996	-0.2005	0.451
80.0	0.264	0.925	0.099	0.957	-0.2048	0.464
90.0	0.096	0.913	0.096	0.913	-0.2375	0.510

Tabelle 15

Versuchsergebnisse IfS 64 LR 22

rückwärts, Ruderausschlag 0, Spalt offen

$$\Lambda_R = 1 \quad R_n = 0,534 \cdot 10^6$$

$180^\circ - \epsilon^\circ$	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{N25}	$1 - \frac{e}{L}$
0.0	0.025	0.066	0.066	-0.025	0.0046	
10.0	-0.282	0.108	0.057	0.296	-0.1666	0.188
20.0	-0.569	0.256	0.046	0.622	-0.3104	0.251
25.0	-0.743	0.404	0.052	0.844	-0.3309	0.358
30.0	-0.817	0.542	0.060	0.979	-0.3754	0.366
35.0	-0.657	0.586	0.103	0.875	-0.3045	0.402
40.0	-0.646	0.648	0.081	0.912	-0.3162	0.403
50.0	-0.558	0.778	0.073	0.954	-0.3021	0.433

Tabelle 16

Versuchsergebnisse IfS 64 LR 22

rückwärts, Ruderausschlag 0, Spalt offen

$$\Lambda_R = 1 \quad R_n = 0,673 \cdot 10^6$$

$180^\circ - \varepsilon^\circ$	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{N25}	$1 - \frac{e}{L}$
0.0	0.030	0.062	0.062	-0.030	0.0105	
10.0	-0.202	0.098	0.061	0.216	-0.1572	0.022
20.0	-0.623	0.305	0.073	0.690	-0.2939	0.324
25.0	-0.717	0.404	0.063	0.821	-0.3424	0.333
30.0	-0.803	0.540	0.066	0.966	-0.3762	0.360
35.0	-0.632	0.579	0.112	0.850	-0.3036	0.393
40.0	-0.616	0.646	0.099	0.888	-0.3255	0.383
50.0	-0.524	0.773	0.095	0.929	-0.3435	0.380

Tabelle 17

Versuchsergebnisse IfS 64 LR 22

Ruderausschlag 0, Spalt abgedichtet

$$\Lambda_R = 1 \quad R_n = 0,540 \cdot 10^6$$

ε°	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{N25}	$\frac{e}{L}$
-5.0	-0.149	0.063	-0.050	-0.154	-0.0227	0.103
-2.0	-0.058	0.039	-0.036	-0.060	0.0058	0.347
0.0	0.000	0.037	-0.037	0.000	0.0085	
2.0	0.062	0.040	-0.038	0.063	0.0129	0.046
5.0	0.150	0.046	-0.033	0.154	0.0109	0.179
10.0	0.312	0.073	-0.018	0.320	0.0133	0.208
15.0	0.472	0.118	0.008	0.487	0.0058	0.238
20.0	0.648	0.189	0.044	0.674	-0.0030	0.254
25.0	0.842	0.286	0.097	0.884	-0.0229	0.276
30.0	1.036	0.406	0.166	1.100	-0.0559	0.301
33.0	1.137	0.499	0.200	1.225	-0.0792	0.315
35.0	1.229	0.566	0.241	1.331	-0.1108	0.333
36.0	0.839	0.648	-0.032	1.060	-0.1793	0.419
40.0	0.865	0.740	-0.011	1.138	-0.1792	0.407
50.0	0.665	0.768	0.016	1.015	-0.1659	0.413
60.0	0.534	0.839	0.043	0.993	-0.1853	0.437
70.0	0.390	0.875	0.067	0.955	-0.1920	0.451
80.0	0.240	0.884	0.083	0.913	-0.2139	0.484
90.0	0.086	0.901	0.086	0.901	-0.2195	0.494

Tabelle 18

Versuchsergebnisse IfS 64 LR 22

Ruderausschlag 0, Spalt abgedichtet

$$\Lambda_R = 1 \quad R_n = 0,760 \cdot 10^6$$

ε°	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{N25}	$\frac{e}{L}$
-5.0	-0.147	0.040	-0.027	-0.150	-0.0019	0.237
-2.0	-0.054	0.035	-0.033	-0.055	0.0004	0.258
0.0	0.000	0.034	-0.034	0.000	-0.0008	
2.0	0.067	0.033	-0.030	0.068	0.0079	0.134
5.0	0.154	0.041	-0.028	0.157	0.0085	0.196
10.0	0.326	0.071	-0.013	0.334	0.0036	0.239
15.0	0.491	0.117	0.014	0.505	-0.0008	0.252
20.0	0.675	0.188	0.055	0.699	-0.0210	0.280
25.0	0.863	0.293	0.099	0.906	-0.0358	0.290
30.0	1.064	0.412	0.175	1.128	-0.0696	0.312
35.0	1.240	0.576	0.240	1.346	-0.1075	0.330
38.0	1.328	0.688	0.276	1.470	-0.1192	0.331
39.0	1.366	0.723	0.298	1.517	-0.1318	0.337
40.0	1.392	0.759	0.313	1.554	-0.1453	0.344
41.0	1.404	0.797	0.320	1.582	-0.1552	0.348
42.0	1.417	0.831	0.331	1.609	-0.1670	0.354
43.0	0.865	0.807	-0.000	1.183	-0.1802	0.402
44.0	0.814	0.794	-0.006	1.138	-0.1968	0.423
45.0	0.752	0.769	-0.012	1.075	-0.1868	0.424
50.0	0.664	0.782	0.006	1.026	-0.1796	0.425
60.0	0.527	0.827	0.043	0.980	-0.1618	0.415
70.0	0.379	0.901	0.048	0.976	-0.1843	0.439
80.0	0.234	0.881	0.077	0.908	-0.1617	0.428
90.0	0.084	0.916	0.084	0.916	-0.2323	0.504

Tabelle 19

Versuchsergebnisse IfS 64 LR 22

rückwärts, Ruderausschlag 0, Spalt abgedichtet

$$\Lambda_R = 1 \quad R_n = 0,540 \cdot 10^6$$

$180^\circ - \varepsilon^\circ$	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{N25}	$1 - \frac{e}{L}$
0.0	-0.010	0.056	0.056	0.010	-0.0004	
10.0	-0.289	0.099	0.048	0.302	-0.1696	0.189
20.0	-0.681	0.314	0.062	0.747	-0.3049	0.342
25.0	-0.793	0.422	0.048	0.897	-0.3650	0.343
30.0	-0.927	0.557	0.019	1.081	-0.4286	0.353
35.0	-0.988	0.703	0.009	1.212	-0.4564	0.373
40.0	-0.696	0.657	0.056	0.955	-0.3581	0.375
50.0	-0.558	0.765	0.065	0.945	-0.3566	0.373

Tabelle 20

Versuchsergebnisse NACA 65 LR 22

Ruderausschlag 0, Spalt offen

$$\Lambda_R = 1 \quad R_n = 0,534 \cdot 10^6$$

ϵ°	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{N25}	$\frac{e}{L}$
-5.0	-0.140	0.037	-0.025	-0.143	-0.0024	0.233
-2.0	-0.056	0.030	-0.028	-0.057	0.0033	0.309
0.0	0.000	0.026	-0.026	0.000	0.0064	
2.0	0.061	0.030	-0.028	0.062	0.0039	0.186
5.0	0.135	0.036	-0.024	0.138	0.0179	0.120
10.0	0.257	0.078	-0.032	0.267	-0.0168	0.313
15.0	0.398	0.088	0.018	0.407	0.0413	0.148
20.0	0.549	0.143	0.054	0.565	0.0300	0.197
25.0	0.711	0.232	0.090	0.742	0.0103	0.236
30.0	0.884	0.344	0.144	0.938	-0.0222	0.274
35.0	1.080	0.492	0.216	1.166	-0.0675	0.308
38.0	1.163	0.578	0.261	1.272	-0.0973	0.326
40.0	1.205	0.642	0.283	1.336	-0.0992	0.324
41.0	1.242	0.668	0.311	1.376	-0.1082	0.329
42.0	1.255	0.703	0.317	1.403	-0.1037	0.324
43.0	1.280	0.738	0.333	1.439	-0.1288	0.340
44.0	1.318	0.775	0.358	1.487	-0.1322	0.339
45.0	0.593	0.631	-0.027	0.865	-0.1184	0.387
50.0	0.568	0.711	-0.022	0.909	-0.1222	0.384
60.0	0.482	0.801	0.017	0.935	-0.1493	0.410
70.0	0.357	0.850	0.044	0.920	-0.1693	0.434
80.0	0.209	0.850	0.058	0.873	-0.1902	0.468
90.0	0.070	0.872	0.070	0.872	-0.2281	0.512

Tabelle 21

Versuchsergebnisse NACA 65 LR 22

Ruderausschlag 0, Spalt offen

$$\Lambda_R = 1 \quad R_n = 0,754 \cdot 10^6$$

ε°	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{N25}	$\frac{e}{L}$
-5.0	-0.143	0.034	-0.021	-0.145	-0.0046	0.219
-2.0	-0.056	0.029	-0.027	-0.057	0.0046	0.329
0.0	0.000	0.029	-0.029	0.000	0.0005	
2.0	0.057	0.031	-0.029	0.058	0.0070	0.130
5.0	0.136	0.036	-0.024	0.139	0.0147	0.144
10.0	0.247	0.053	-0.009	0.253	0.0360	0.108
15.0	0.393	0.088	0.016	0.403	0.0347	0.164
20.0	0.543	0.145	0.050	0.560	0.0212	0.212
25.0	0.738	0.233	0.100	0.767	-0.0160	0.271
30.0	0.926	0.354	0.157	0.979	-0.0369	0.288
35.0	1.102	0.492	0.229	1.185	-0.0857	0.322
40.0	1.240	0.659	0.293	1.374	-0.1183	0.336
44.0	1.354	0.792	0.371	1.524	-0.1490	0.348
45.0	1.366	0.819	0.387	1.546	-0.1435	0.343
46.0	1.392	0.855	0.407	1.581	-0.1450	0.342
47.0	1.366	0.867	0.408	1.566	-0.1429	0.341
48.0	0.564	0.670	-0.029	0.875	-0.1111	0.377
50.0	0.558	0.701	-0.024	0.896	-0.1267	0.391
60.0	0.477	0.802	0.012	0.933	-0.1560	0.417
70.0	0.360	0.871	0.041	0.941	-0.1707	0.431
80.0	0.216	0.863	0.063	0.888	-0.1742	0.446
90.0	0.067	0.880	0.067	0.880	-0.2064	0.485

Tabelle 22

Versuchsergebnisse NACA 65 LR 22

Ruderausschlag 0, Spalt offen

$$\Lambda_R = 1 \quad R_n = 0,824 \cdot 10^6$$

ε°	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{N25}	$\frac{e}{L}$
-5.0	0.147	0.037	-0.024	0.149	-0.0007	0.245
-2.0	0.058	0.031	-0.029	0.059	0.0014	0.273
0.0	0.000	0.030	-0.030	0.000	0.0013	
2.0	0.060	0.030	-0.028	0.061	0.0058	0.154
15.0	0.396	0.089	0.017	0.406	0.0348	0.164
20.0	0.564	0.149	0.052	0.581	0.0156	0.223
25.0	0.752	0.241	0.099	0.783	-0.0145	0.269
30.0	0.920	0.349	0.158	0.971	-0.0436	0.295
35.0	1.109	0.509	0.219	1.200	-0.0803	0.317
40.0	1.267	0.667	0.303	1.399	-0.1084	0.327
45.0	1.373	0.822	0.389	1.552	-0.1432	0.342
46.0	1.394	0.862	0.404	1.589	-0.1457	0.342
47.0	1.373	0.868	0.412	1.572	-0.1551	0.349
48.0	1.331	0.900	0.387	1.559	-0.1520	0.347
49.0	0.588	0.699	-0.015	0.913	-0.1197	0.381
50.0	0.578	0.712	-0.015	0.917	-0.1108	0.371
60.0	0.484	0.814	0.012	0.947	-0.1354	0.393
70.0	0.368	0.871	0.048	0.945	-0.1859	0.447
80.0	0.234	0.897	0.074	0.924	-0.1911	0.457
90.0	0.070	0.885	0.070	0.885	-0.2047	0.481

Tabelle 23

Versuchsergebnisse NACA 65 LR 22

rückwärts, Ruderausschlag 0, Spalt offen

$$\Lambda_R = 1 \quad R_n = 0,534 \cdot 10^6$$

$180^\circ - \epsilon^\circ$	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{N25}	$1 - \frac{e}{L}$
0.0	0.000	0.039	0.039	0.000	0.0015	
10.0	-0.287	0.070	0.019	0.295	-0.1686	0.178
20.0	-0.512	0.185	-0.001	0.544	-0.2961	0.206
25.0	-0.668	0.344	0.029	0.751	-0.3360	0.303
30.0	-0.676	0.443	0.046	0.807	-0.3421	0.326
35.0	-0.558	0.519	0.105	0.755	-0.3006	0.352
40.0	-0.547	0.586	0.098	0.796	-0.3131	0.356
50.0	-0.486	0.719	0.090	0.863	-0.3475	0.347

Tabelle 24

Versuchsergebnisse NACA 65 LR 22

Ruderausschlag 0, Spalt abgedichtet

$$\Lambda_R = 1 \quad R_n = 0,540 \cdot 10^6$$

ϵ°	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{N25}	$\frac{e}{L}$
-5.0	-0.137	0.031	-0.019	-0.139	-0.0053	0.212
-2.0	-0.052	0.026	-0.024	-0.053	0.0005	0.259
0.0	0.000	0.025	-0.025	0.000	0.0041	
2.0	0.060	0.025	-0.023	0.060	0.0043	0.179
5.0	0.140	0.027	-0.015	0.142	0.0152	0.143
10.0	0.280	0.052	-0.003	0.284	0.0257	0.160
15.0	0.427	0.092	0.022	0.437	0.0344	0.171
20.0	0.584	0.152	0.057	0.600	0.0361	0.190
25.0	0.755	0.241	0.101	0.786	0.0197	0.225
30.0	0.902	0.333	0.163	0.947	0.0071	0.243
35.0	1.055	0.462	0.226	1.129	-0.0424	0.288
40.0	1.217	0.650	0.285	1.350	-0.0874	0.315
41.0	1.255	0.677	0.312	1.391	-0.0990	0.321
42.0	1.280	0.723	0.319	1.435	-0.1090	0.326
43.0	0.616	0.630	-0.040	0.880	-0.1039	0.374
44.0	0.604	0.625	-0.030	0.868	-0.1258	0.395
50.0	0.535	0.688	-0.032	0.871	-0.1438	0.421
60.0	0.455	0.796	-0.004	0.917	-0.1558	0.420
70.0	0.334	0.847	0.024	0.910	-0.1630	0.429
80.0	0.201	0.835	0.053	0.857	-0.1780	0.458
90.0	0.063	0.889	0.063	0.889	-0.2170	0.494

Tabelle 25

Versuchsergebnisse NACA 65 LR 22

Ruderausschlag 0, Spalt abgedichtet

$$\Lambda_R = 1 \quad R_n = 0,754 \cdot 10^6$$

ε°	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{N25}	$\frac{e}{L}$
-5.0	-0.134	0.033	-0.021	-0.137	-0.0024	0.233
-2.0	-0.050	0.028	-0.026	-0.051	0.0013	0.275
0.0	0.000	0.024	-0.024	0.000	0.0054	
2.0	0.058	0.024	-0.022	0.059	0.0117	0.052
5.0	0.138	0.030	-0.018	0.140	0.0182	0.120
10.0	0.279	0.053	-0.004	0.283	0.0265	0.156
15.0	0.427	0.089	0.025	0.436	0.0285	0.185
20.0	0.581	0.144	0.063	0.595	0.0218	0.213
25.0	0.763	0.229	0.115	0.788	0.0081	0.240
30.0	0.926	0.329	0.178	0.967	-0.0025	0.253
35.0	1.077	0.466	0.236	1.150	-0.0406	0.285
40.0	1.240	0.642	0.305	1.363	-0.0855	0.313
45.0	1.341	0.807	0.378	1.519	-0.1391	0.342
46.0	0.588	0.654	-0.031	0.879	-0.0947	0.358
47.0	0.582	0.670	-0.031	0.887	-0.1129	0.377
48.0	0.564	0.683	-0.038	0.885	-0.1128	0.377
50.0	0.545	0.699	-0.032	0.886	-0.1204	0.386
60.0	0.464	0.802	0.001	0.927	-0.1313	0.392
70.0	0.335	0.852	0.023	0.915	-0.1307	0.393
80.0	0.205	0.863	0.051	0.886	-0.1738	0.446
90.0	0.070	0.873	0.070	0.873	-0.1935	0.472

Tabelle 26

Versuchsergebnisse NACA 65 LR 22

rückwärts, Ruderausschlag 0, Spalt abgedichtet

$$\Lambda_R = 1 \quad R_n = 0,540 \cdot 10^6$$

$180^\circ - \varepsilon^\circ$	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{N25}	$1 - \frac{e}{L}$
0.0	-0.025	0.067	0.067	0.025	0.0041	
10.0	-0.394	0.111	0.040	0.407	-0.1609	0.355
20.0	-0.643	0.256	0.020	0.692	-0.2992	0.318
25.0	-0.701	0.359	0.029	0.787	-0.3413	0.316
30.0	-0.765	0.478	0.032	0.902	-0.3553	0.343
35.0	-0.893	0.648	0.019	1.104	-0.4366	0.354
40.0	-0.894	0.802	0.040	1.201	-0.4315	0.391
45.0	-0.560	0.676	0.082	0.874	-0.3271	0.376
50.0	-0.511	0.729	0.078	0.887	-0.3373	0.370

Tabelle 27

Versuchsergebnisse IfS 48 BR 15

$$\Lambda_R = 1 \quad R_n = 0,379 \cdot 10^6$$

ε°	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{N40}	c_{N25}
-2.0	-0.065	0.050	-0.048	-0.067	-0.0094	0.0006
0.0	0.000	0.045	-0.045	0.000	0.0000	0.0000
2.0	0.060	0.045	-0.043	0.062	0.0113	0.0021
5.0	0.160	0.060	-0.046	0.165	0.0208	-0.0039
10.0	0.315	0.095	-0.039	0.327	0.0322	-0.0169
15.0	0.470	0.155	-0.028	0.494	0.0283	-0.0458
20.0	0.630	0.245	-0.015	0.676	0.0170	-0.0844
25.0	0.755	0.395	-0.039	0.851	-0.0019	-0.1296
30.0	0.870	0.535	-0.028	1.021	-0.0113	-0.1644
35.0	0.970	0.710	-0.025	1.202	-0.0283	-0.2086
40.0	0.990	0.850	-0.015	1.305	-0.0586	-0.2543
42.0	0.805	0.715	0.007	1.077	-0.0453	-0.2068
45.0	0.705	0.750	-0.032	1.029	-0.0453	-0.1997
50.0	0.655	0.820	-0.025	1.049	-0.0567	-0.2141
55.0	0.570	0.855	-0.024	1.027	-0.0586	-0.2127
60.0	0.490	0.890	-0.021	1.016	-0.0624	-0.2147
70.0	0.325	0.930	-0.013	0.985	-0.0624	-0.2101
80.0	0.170	0.950	0.002	0.965	-0.0907	-0.2354
90.0	0.010	1.035	0.010	1.035	-0.1191	-0.2743

Tabelle 28

Versuchsergebnisse IfS 48 BR 15

$$\Lambda_R = 1 \quad R_n = 0,548 \cdot 10^6$$

ε°	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{N40}	c_{N25}
-2.0	-0.069	0.050	-0.048	-0.071	-0.0099	0.0007
0.0	-0.007	0.048	-0.048	-0.007	0.0000	0.0011
2.0	0.060	0.048	-0.045	0.061	0.0090	-0.0002
5.0	0.145	0.050	-0.037	0.149	0.0234	0.0010
10.0	0.319	0.086	-0.029	0.329	0.0315	-0.0178
15.0	0.476	0.152	-0.024	0.499	0.0270	-0.0479
20.0	0.628	0.252	-0.022	0.677	0.0153	-0.0862
25.0	0.747	0.378	-0.027	0.837	-0.0045	-0.1301
30.0	0.890	0.540	-0.023	1.041	-0.0117	-0.1678
35.0	1.004	0.697	0.005	1.223	-0.0288	-0.2122
40.0	1.016	0.857	-0.003	1.329	-0.0585	-0.2578
41.0	1.028	0.862	0.024	1.341	-0.0602	-0.2614
42.0	0.790	0.716	-0.004	1.067	-0.0468	-0.2067
45.0	0.743	0.752	-0.007	1.057	-0.0504	-0.2089
50.0	0.657	0.809	-0.017	1.042	-0.0531	-0.2094
55.0	0.528	0.838	-0.048	0.989	-0.0531	-0.2015
60.0	0.505	0.871	0.001	1.007	-0.0576	-0.2086
70.0	0.324	0.928	-0.013	0.983	-0.0675	-0.2149
80.0	0.169	0.964	-0.001	0.979	-0.0881	-0.2349
90.0	0.012	1.021	0.012	1.021	-0.1160	-0.2692

Tabelle 29

Versuchsergebnisse IfS 48 BR 15

$$\Lambda_R = 1 \quad R_n = 0,768 \cdot 10^6$$

ε°	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{N40}	c_{N25}
-2.0	-0.067	0.061	-0.058	-0.069	-0.0049	0.0054
0.0	-0.004	0.044	-0.044	-0.004	0.0004	0.0010
2.0	0.063	0.058	-0.056	0.065	0.0049	-0.0048
5.0	0.157	0.049	-0.035	0.161	0.0247	0.0006
10.0	0.324	0.086	-0.028	0.334	0.0328	-0.0172
15.0	0.480	0.152	-0.023	0.503	0.0243	-0.0511
20.0	0.628	0.248	-0.018	0.675	0.0117	-0.0896
25.0	0.754	0.383	-0.028	0.846	-0.0058	-0.1327
30.0	0.890	0.540	-0.023	1.041	-0.0117	-0.1679
35.0	0.997	0.704	-0.005	1.221	-0.0243	-0.2074
40.0	1.015	0.851	0.001	1.325	-0.0531	-0.2517
41.0	0.997	0.875	-0.006	1.326	-0.0567	-0.2556
42.0	0.801	0.722	-0.001	1.078	-0.0495	-0.2113
45.0	0.747	0.749	-0.001	1.058	-0.0490	-0.2077
50.0	0.659	0.793	-0.004	1.031	-0.0486	-0.2032
55.0	0.581	0.858	-0.016	1.036	-0.0558	-0.2112
60.0	0.507	0.890	-0.006	1.024	-0.0611	-0.2148
70.0	0.328	0.923	-0.007	0.980	-0.0656	-0.2126
80.0	0.176	0.945	0.009	0.961	-0.0827	-0.2268
90.0	0.011	1.017	0.011	1.017	-0.1120	-0.2646

Tabelle 30

Versuchsergebnisse IfS 48 BR 15

rückwärts

$$\Lambda_R = 1 \quad R_n = 0,374 \cdot 10^6$$

$180^\circ + \varepsilon^\circ$	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{N40}	c_{N25}
-2.0	-0.065	0.055	0.053	0.067	-0.0264	-0.0365
0.0	0.000	0.050	0.050	0.000	-0.0019	-0.0019
2.0	0.065	0.055	0.053	-0.067	0.0227	0.0327
5.0	0.145	0.060	0.047	-0.150	0.0586	0.0810
10.0	0.300	0.095	0.041	-0.312	0.1096	0.1564
15.0	0.445	0.155	0.035	-0.470	0.1567	0.2272
20.0	0.605	0.245	0.023	-0.652	0.1984	0.2963
25.0	0.795	0.390	0.017	-0.885	0.2380	0.3708
30.0	0.935	0.535	-0.004	-1.077	0.2644	0.4260
35.0	1.060	0.725	-0.014	-1.284	0.2795	0.4721
40.0	1.140	0.925	-0.024	-1.468	0.3021	0.5222
41.0	1.140	0.950	-0.031	-1.484	0.2964	0.5190
42.0	1.140	0.970	-0.042	-1.496	0.2926	0.5171
43.0	1.170	1.015	-0.056	-1.548	0.3002	0.5324
44.0	1.130	1.020	-0.051	-1.521	0.2870	0.5152
45.0	1.120	1.045	-0.053	-1.531	0.2776	0.5072
46.0	1.080	1.070	-0.034	-1.520	0.2644	0.4924
47.0	0.730	0.825	0.029	-1.101	0.1909	0.3561
50.0	0.670	0.840	0.027	-1.074	0.1851	0.3463
55.0	0.605	0.890	0.015	-1.076	0.1738	0.3352
60.0	0.510	0.930	0.023	-1.060	0.1681	0.3272
70.0	0.345	0.990	0.014	-1.048	0.1454	0.3026
80.0	0.175	1.005	0.002	-1.020	0.1265	0.2796
90.0	0.000	1.010	0.000	-1.010	0.0982	0.2497

Tabelle 31

Versuchsergebnisse IfS 48 BR 15

rückwärts

$$\Lambda_R = 1 \quad R_n = 0,541 \cdot 10^6$$

$180^\circ + \varepsilon^\circ$	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{N40}	c_{N25}
-2.0	-0.057	0.055	0.053	0.059	-0.0243	-0.0331
0.0	0.000	0.050	0.050	0.000	-0.0009	-0.0009
2.0	0.062	0.055	0.053	-0.064	0.0225	0.0320
5.0	0.150	0.062	0.049	-0.155	0.0585	0.0817
10.0	0.290	0.088	0.036	-0.301	0.1061	0.1513
15.0	0.443	0.155	0.035	-0.468	0.1537	0.2238
20.0	0.614	0.245	0.020	-0.661	0.1944	0.2935
25.0	0.790	0.386	0.016	-0.879	0.2347	0.3666
30.0	0.919	0.533	0.002	-1.062	0.2607	0.4201
35.0	1.019	0.721	0.006	-1.248	0.2790	0.4662
40.0	1.152	0.902	-0.049	-1.462	0.2933	0.5127
45.0	1.123	1.047	-0.054	-1.535	0.2772	0.5074
46.0	1.042	1.069	-0.008	-1.493	0.2688	0.4927
47.0	0.719	0.828	0.039	-1.096	0.1800	0.3444
50.0	0.666	0.828	0.022	-1.063	0.1788	0.3382
55.0	0.585	0.890	0.031	-1.065	0.1698	0.3296
60.0	0.505	0.938	0.032	-1.064	0.1653	0.3250
70.0	0.340	0.978	-0.015	-1.036	0.1420	0.2974
80.0	0.167	1.004	0.010	-1.018	0.1214	0.2741
90.0	0.000	0.988	0.000	-0.988	0.1008	0.2489

Tabelle 32

Versuchsergebnisse IfS 48 BR 15

rückwärts

$$\Lambda_R = 1 \quad R_n = 0,764 \cdot 10^6$$

$180^\circ + \epsilon^\circ$	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{N40}	c_{N25}
-2.0	-0.056	0.058	0.056	0.058	-0.0238	-0.0325
0.0	0.000	0.057	0.057	0.000	0.0000	0.0000
2.0	0.062	0.057	0.055	-0.064	0.0243	0.0339
5.0	0.154	0.062	0.048	-0.158	0.0576	0.0813
10.0	0.288	0.090	0.039	-0.299	0.1084	0.1533
15.0	0.440	0.158	0.039	-0.466	0.1543	0.2242
20.0	0.609	0.246	0.023	-0.657	0.1921	0.2906
25.0	0.800	0.388	0.014	-0.889	0.2326	0.3659
30.0	0.934	0.538	-0.001	-1.078	0.2610	0.4227
35.0	1.057	0.733	-0.006	-1.286	0.2799	0.4728
40.0	1.114	0.908	-0.020	-1.437	0.2905	0.5060
42.0	1.119	0.962	-0.034	-1.475	0.2866	0.5078
45.0	1.057	1.028	-0.020	-1.474	0.2610	0.4822
46.0	1.050	1.063	-0.017	-1.494	0.2586	0.4827
47.0	0.719	0.803	0.022	-1.078	0.1840	0.3457
50.0	0.657	0.832	0.031	-1.059	0.1778	0.3367
55.0	0.585	0.885	0.028	-1.061	0.1706	0.3297
60.0	0.509	0.923	0.021	-1.054	0.1603	0.3184
70.0	0.336	0.994	0.025	-1.049	0.1444	0.3017
80.0	0.163	1.020	0.017	-1.033	0.1254	0.2803
90.0	0.000	0.983	0.000	-0.983	0.0945	0.2419

Tabelle 33

Versuchsergebnisse IfS 49 BR 15

$$\Lambda_R = 1 \quad R_n = 0,375 \cdot 10^6$$

ε°	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{N50}	c_{N25}
-2.0	-0.065	0.050	-0.048	-0.066	-0.0169	-0.0003
0.0	0.000	0.050	-0.050	0.000	-0.0019	-0.0019
2.0	0.065	0.050	-0.048	0.066	0.0132	-0.0034
5.0	0.154	0.055	-0.041	0.159	0.0376	-0.0020
10.0	0.304	0.090	-0.036	0.315	0.0696	-0.0091
15.0	0.418	0.154	-0.041	0.444	0.0884	-0.0226
20.0	0.618	0.239	-0.013	0.662	0.1053	-0.0602
25.0	0.802	0.374	0.000	0.885	0.1072	-0.1139
30.0	0.926	0.523	0.010	1.064	0.1279	-0.1380
35.0	1.036	0.722	0.003	1.263	0.1204	-0.1953
40.0	1.086	0.876	0.026	1.395	0.1109	-0.2378
41.0	1.096	0.916	0.027	1.428	0.1034	-0.2536
42.0	1.086	0.931	0.034	1.430	0.1034	-0.2540
43.0	1.086	0.966	0.034	1.453	0.0978	-0.2654
44.0	0.792	0.762	0.002	1.099	0.0621	-0.2127
45.0	0.752	0.777	-0.018	1.081	0.0639	-0.2063
50.0	0.677	0.822	-0.009	1.065	0.0583	-0.2079
55.0	0.593	0.862	-0.009	1.046	0.0546	-0.2068
60.0	0.513	0.901	-0.006	1.037	0.0451	-0.2141
70.0	0.339	0.951	-0.007	1.010	0.0264	-0.2260
80.0	0.169	0.961	-0.000	0.976	0.0094	-0.2346
90.0	0.010	1.016	0.010	1.016	-0.0075	-0.2615

Tabelle 34

Versuchsergebnisse IfS 49 BR 15

$$\Lambda_R = 1 \quad R_n = 0,543 \cdot 10^6$$

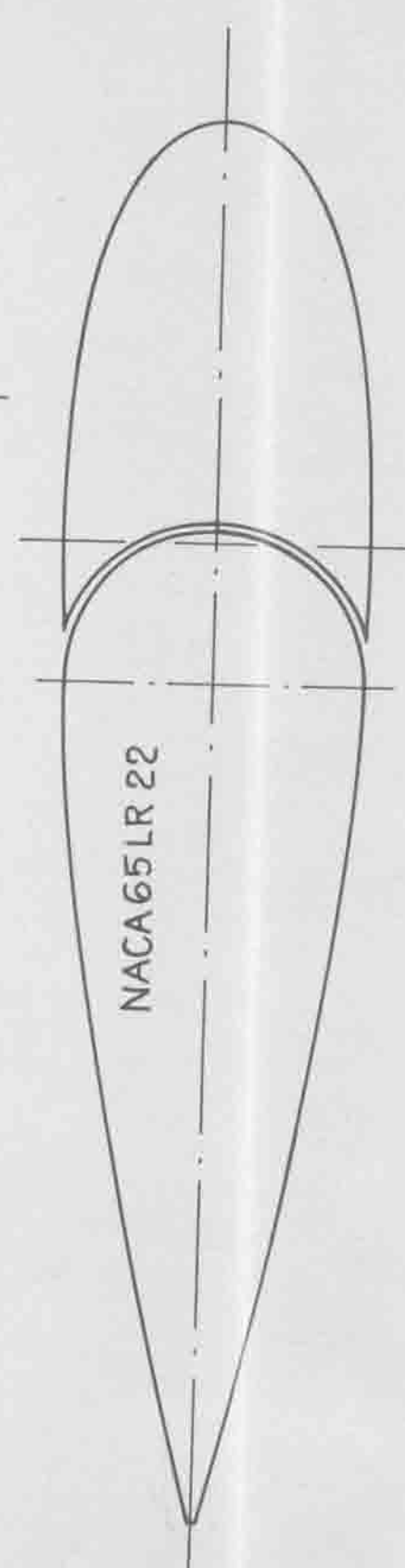
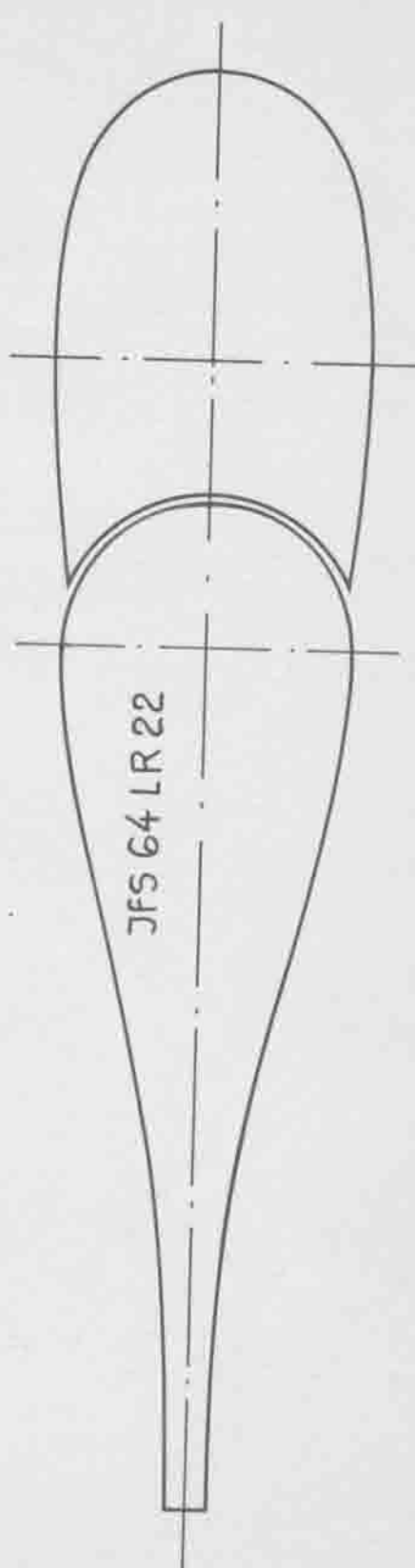
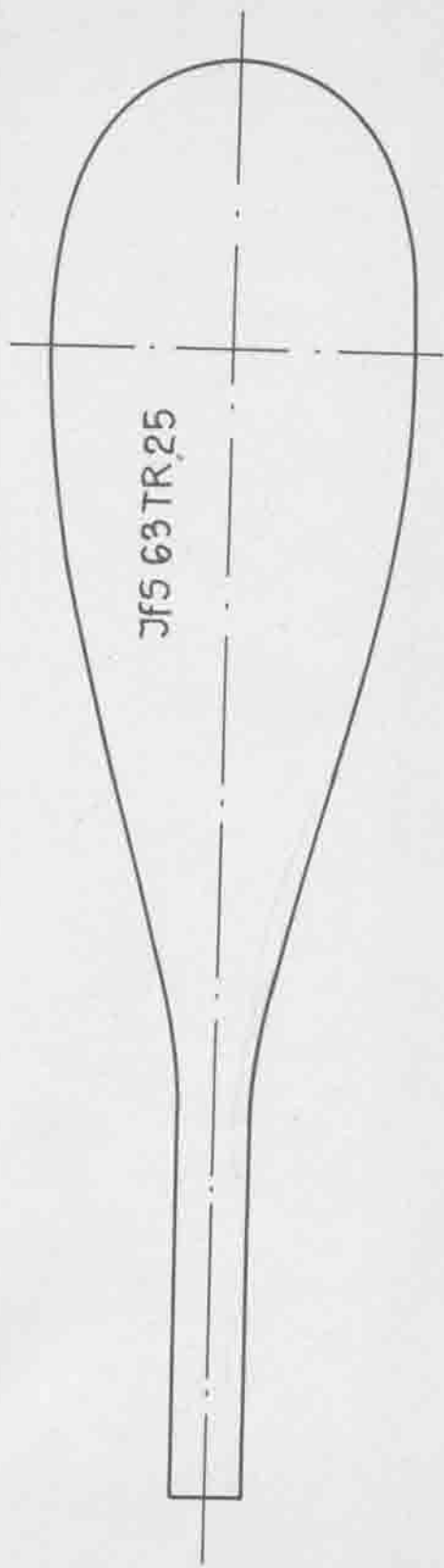
ε°	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{N50}	c_{N25}
-2.0	-0.064	0.052	-0.050	-0.066	-0.0161	0.0003
0.0	0.000	0.947	-0.047	0.000	0.0000	0.0000
2.0	0.062	0.050	-0.048	0.063	0.0152	-0.0006
5.0	0.156	0.057	-0.043	0.161	0.0384	-0.0018
10.0	0.306	0.088	-0.033	0.316	0.0680	-0.0111
15.0	0.453	0.147	-0.025	0.475	0.0840	-0.0348
20.0	0.621	0.239	-0.013	0.665	0.1037	-0.0627
25.0	0.792	0.374	-0.005	0.876	0.1045	-0.1144
30.0	0.910	0.517	0.008	1.046	0.1233	-0.1384
35.0	1.048	0.709	0.020	1.265	0.1197	-0.1964
40.0	1.102	0.882	0.033	1.411	0.1081	-0.2446
42.0	1.102	0.941	0.038	1.449	0.0983	-0.2638
43.0	1.074	0.965	0.027	1.443	0.0939	-0.2669
44.0	0.773	0.756	-0.007	1.081	0.0581	-0.2122
45.0	0.754	0.766	-0.008	1.074	0.0617	-0.2069
50.0	0.621	0.813	-0.047	1.022	0.0554	-0.2001
55.0	0.588	0.867	-0.016	1.048	0.0473	-0.2146
60.0	0.493	0.898	-0.022	1.024	0.0420	-0.2141
70.0	0.337	0.969	-0.015	1.026	0.0286	-0.2279
80.0	0.168	0.967	-0.002	0.981	0.0063	-0.2391
90.0	0.007	1.000	0.007	1.000	-0.0107	-0.2608

Tabelle 35

Versuchsergebnisse IfS 49 BR 15

$$\Lambda_R = 1 \quad R_n = 0,758 \cdot 10^6$$

ε°	c_C	c_D	c_X	c_Y	c_{N50}	c_{N25}
-2.0	-0.063	0.050	-0.048	-0.065	-0.0170	-0.0008
0.0	0.000	0.050	-0.050	0.000	-0.0027	-0.0027
2.0	0.057	0.047	-0.045	0.058	0.0143	-0.0003
5.0	0.150	0.057	-0.044	0.155	0.0384	-0.0003
10.0	0.305	0.089	-0.035	0.315	0.0705	-0.0083
15.0	0.460	0.148	-0.024	0.482	0.0852	-0.0354
20.0	0.621	0.244	-0.017	0.667	0.1054	-0.0613
25.0	0.798	0.373	-0.001	0.881	0.1063	-0.1138
30.0	0.935	0.530	0.009	1.075	0.1255	-0.1432
35.0	1.051	0.720	0.013	1.274	0.1206	-0.1980
40.0	1.096	0.890	0.023	1.412	0.1063	-0.2466
42.0	1.090	0.936	0.034	1.437	0.0950	-0.2641
43.0	1.076	0.966	0.027	1.446	0.0924	-0.2690
44.0	0.787	0.760	0.000	1.094	0.0612	-0.2122
45.0	0.773	0.777	-0.003	1.096	0.0590	-0.2150
50.0	0.683	0.824	-0.007	1.070	0.0541	-0.2134
55.0	0.601	0.876	-0.010	1.062	0.0509	-0.2146
60.0	0.510	0.910	-0.014	1.043	0.0429	-0.2179
70.0	0.339	0.960	-0.010	1.018	0.0268	-0.2277
80.0	0.168	0.972	-0.003	0.986	0.0080	-0.2385
90.0	0.002	1.001	0.002	1.001	-0.0112	-0.2615



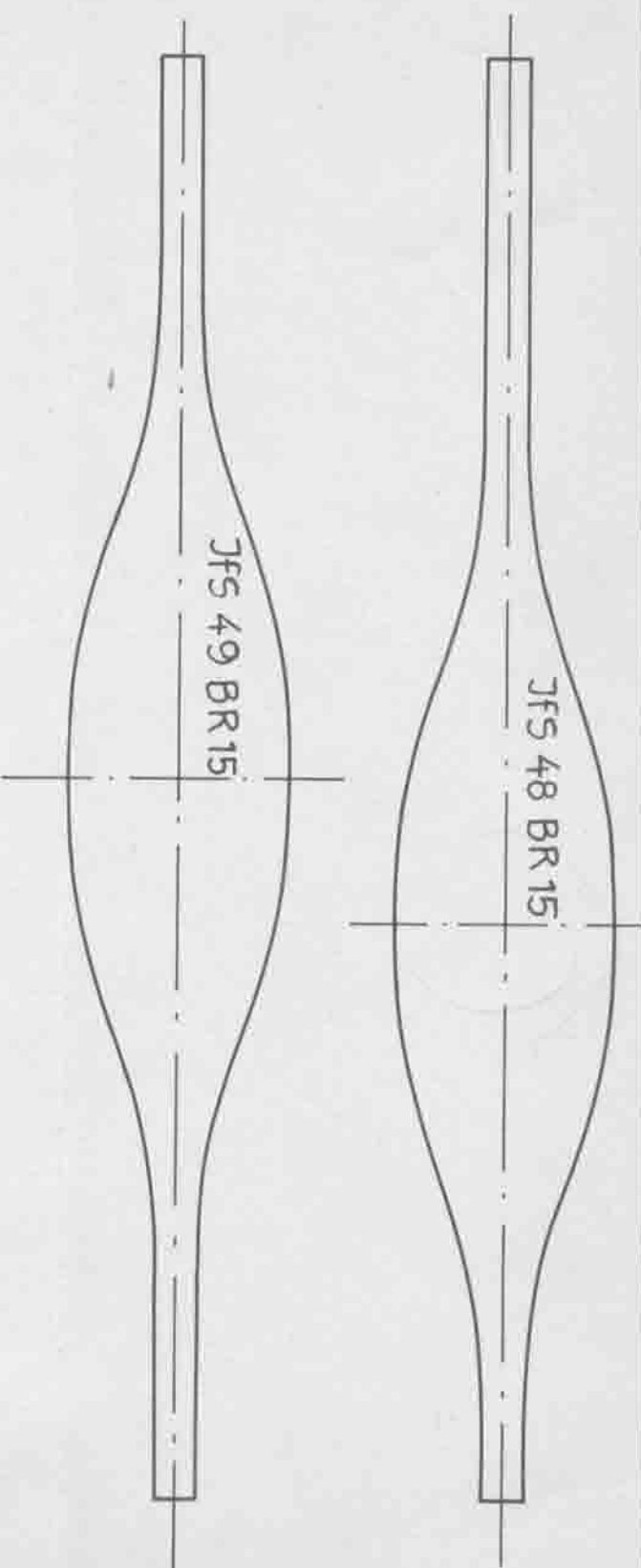
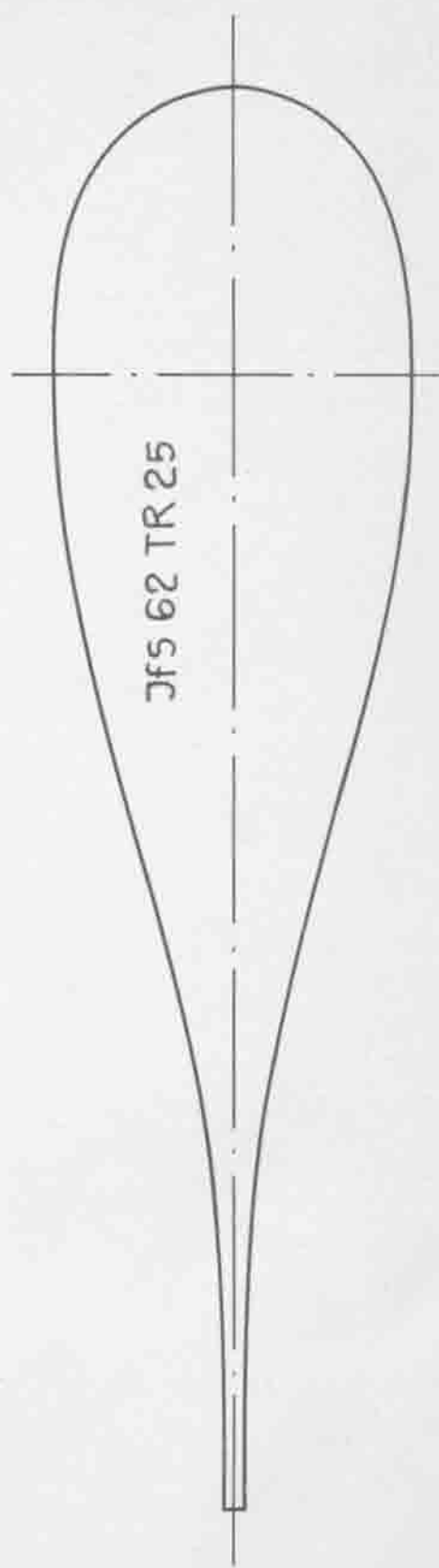
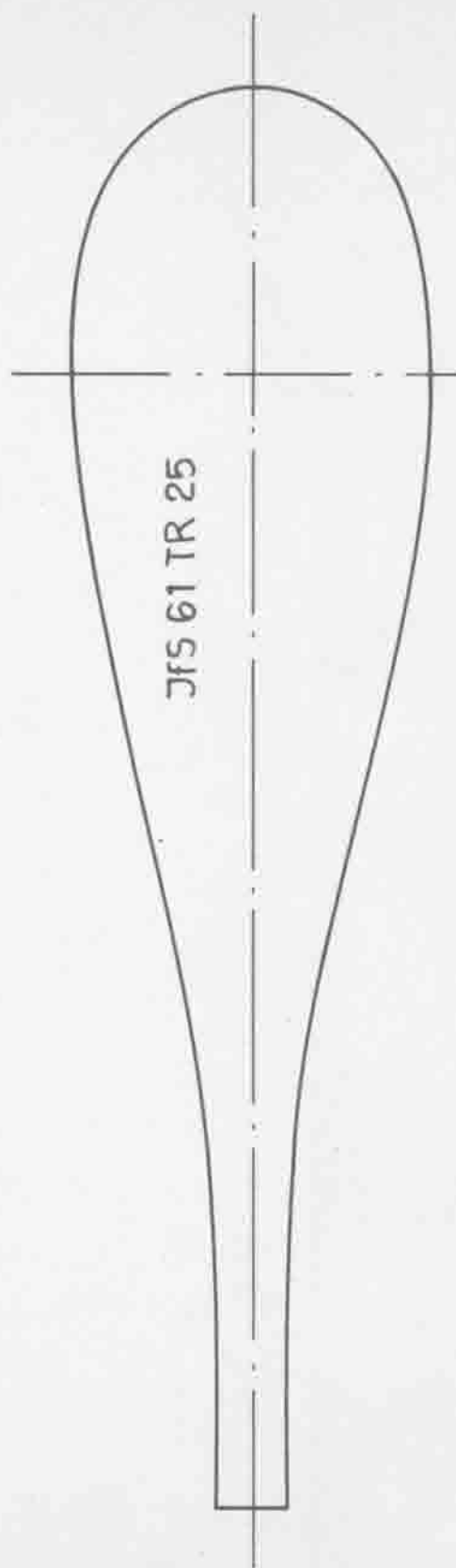


Bild 1

Die neuen Ruderprofile



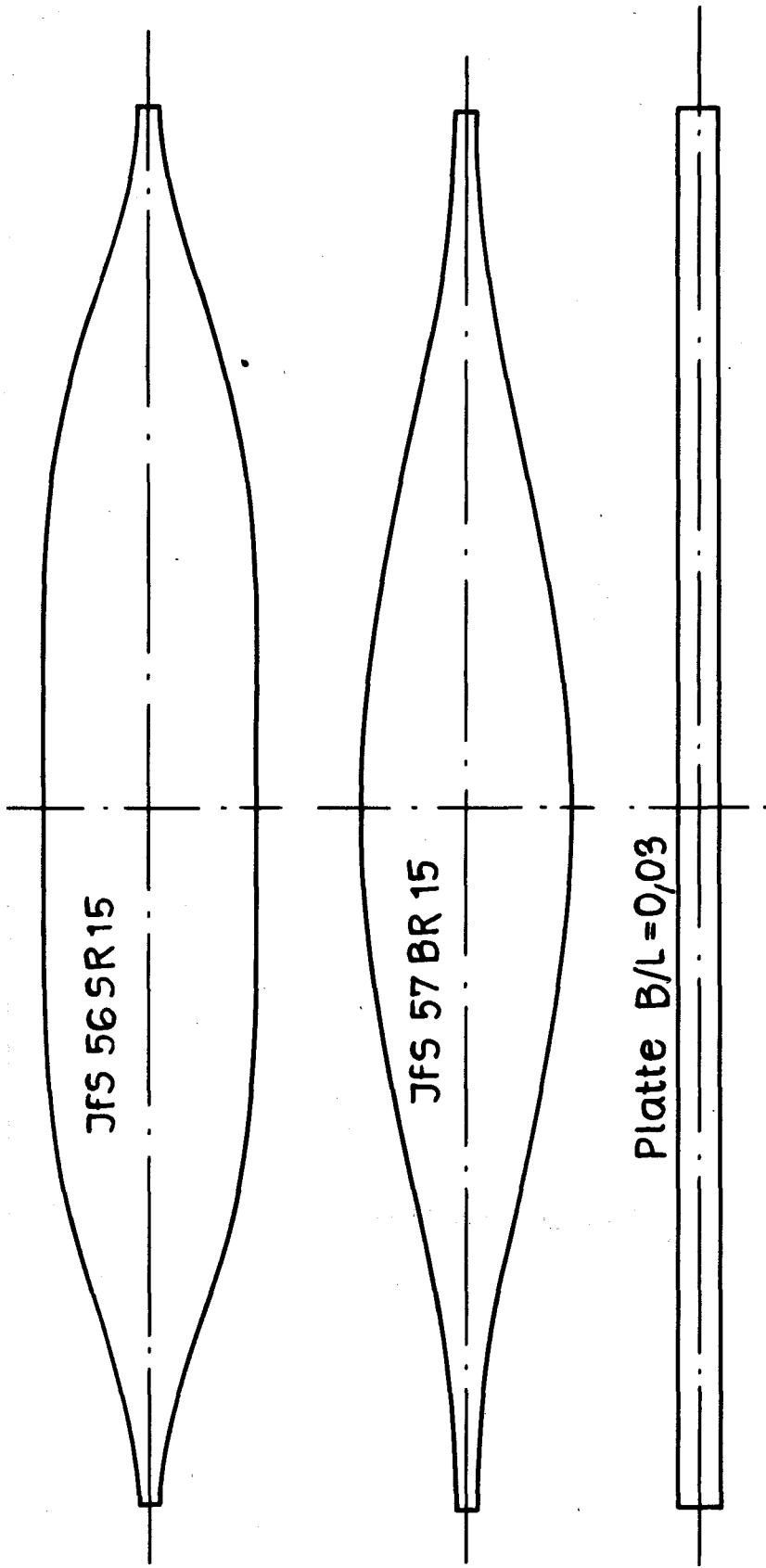


Bild 2
Ruderprofile aus [1] [2] zum Vergleich



$-C_{N25}$
 e/L

c_c
 c_D 1,8
 $-c_X$
 c_Y 1,6

1,4
1,2
1,0
0,8
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0

10°

30°

40°

$-c_X$

0,5

0,4

0,3

0,2

0,1

0

-0,2

-0,4

-0,6

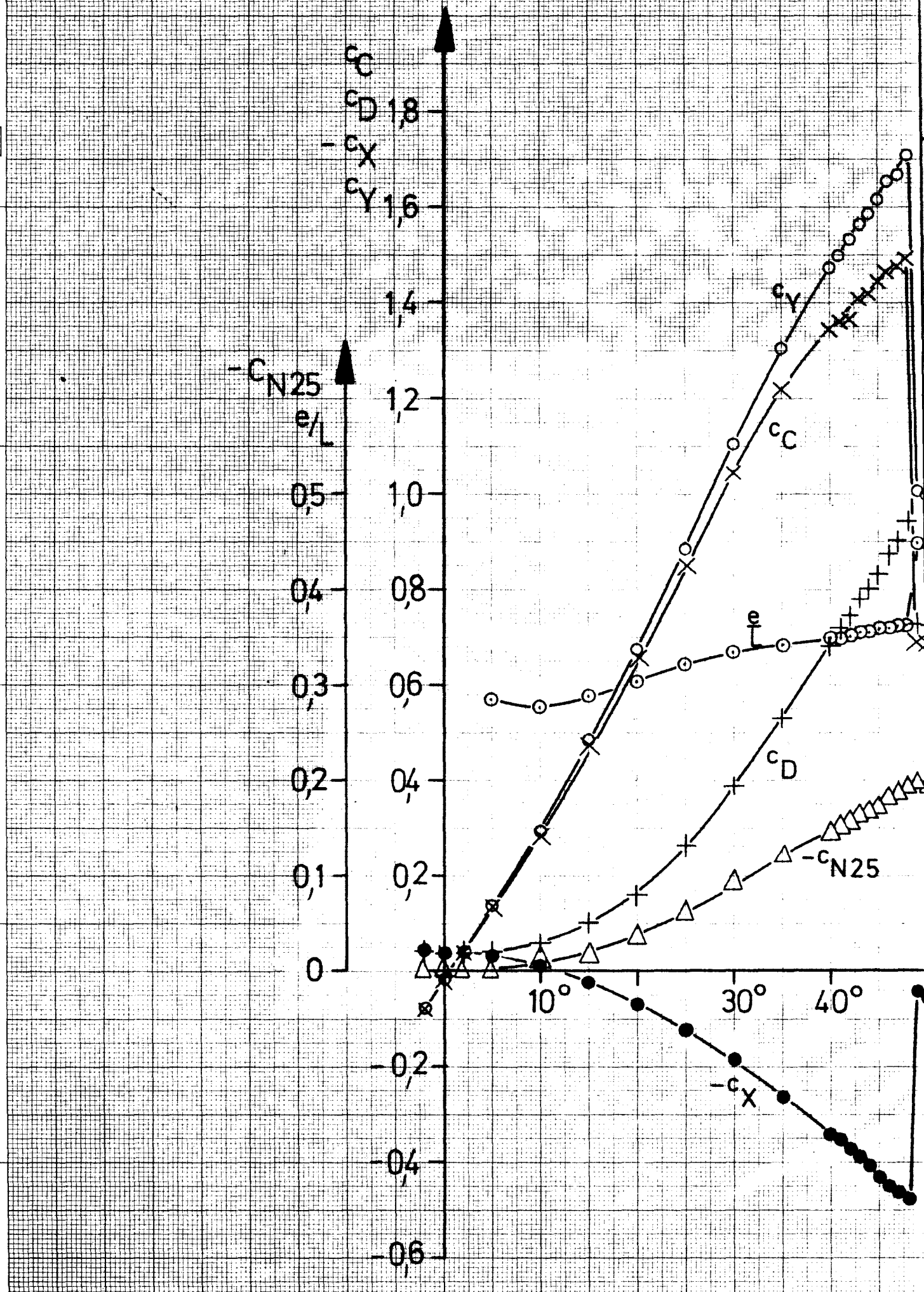
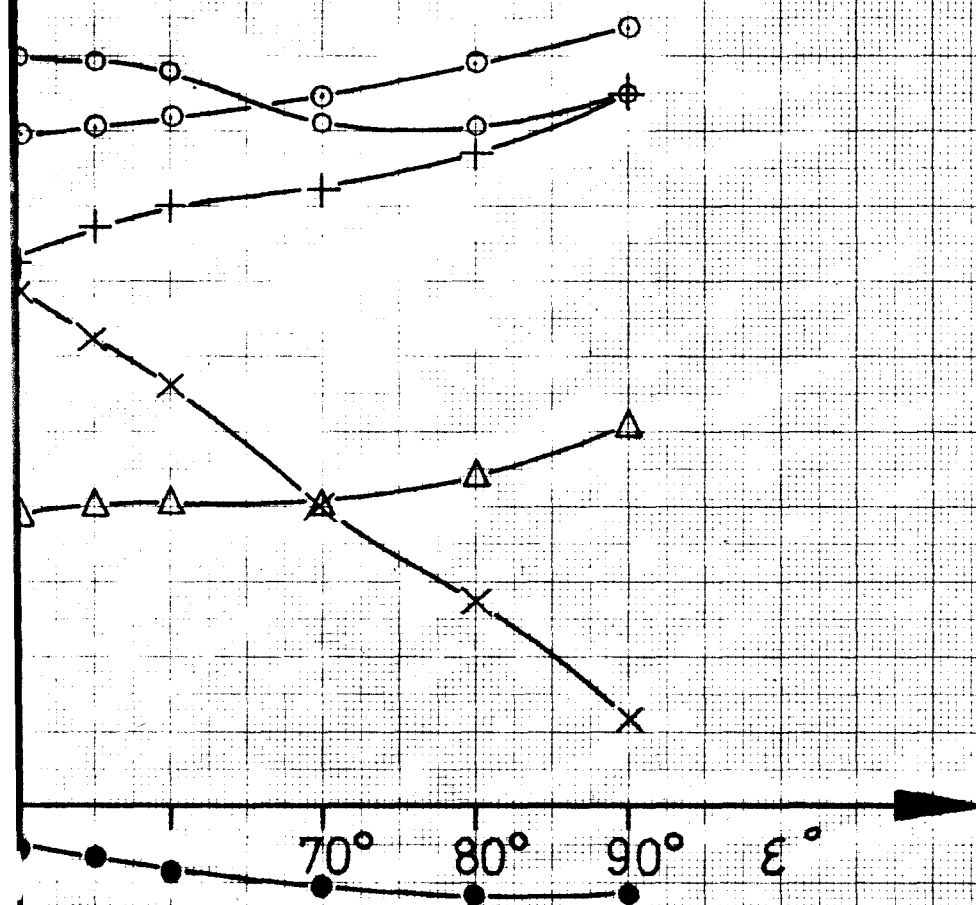


Bild 3

Stromungskräfte am Rechteckruder JfS 63 TR 25

$\Lambda_R=1$, $R_n=0,729 \cdot 10^6$

JfS-Windkanalmessung, unkorrigiert, $A_R/A_S=0,204$



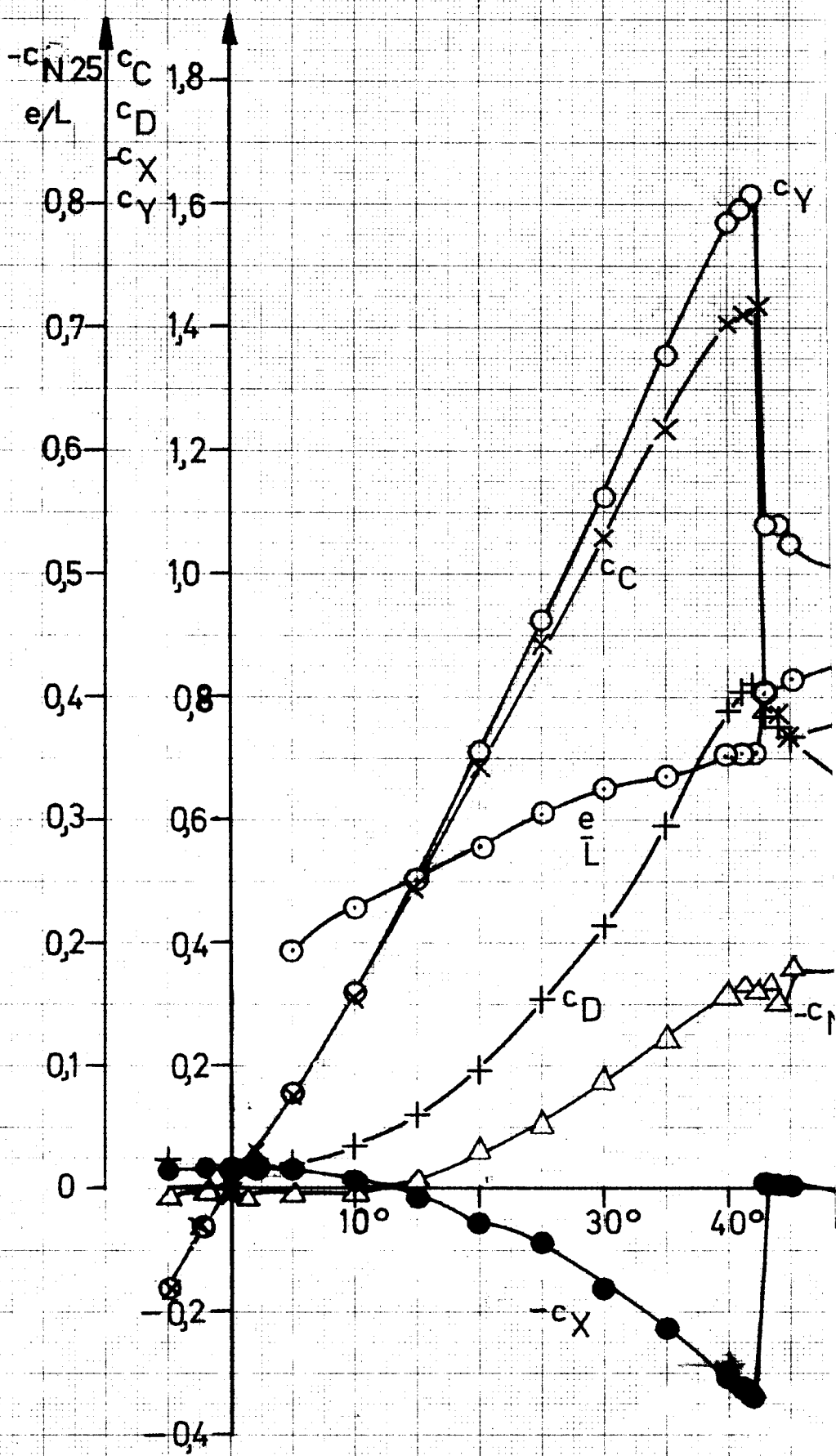


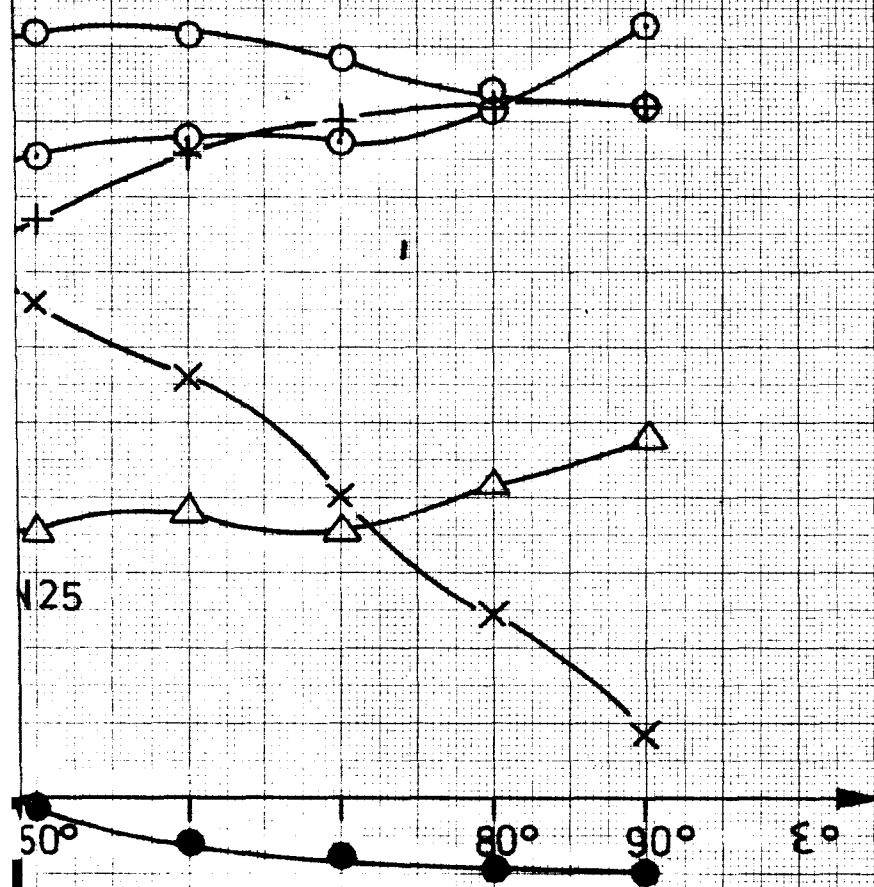
Bild 4

Strömungskräfte am Leitkopfruder JfS 64 LR 22

Ruderausschlag 0 - Spalt offen

$$\Lambda_R = 1, R_n = 0,746 \cdot 10^6$$

JfS - Windkanalmessung, unkorrigiert, $A_R/A_S = 0,204$



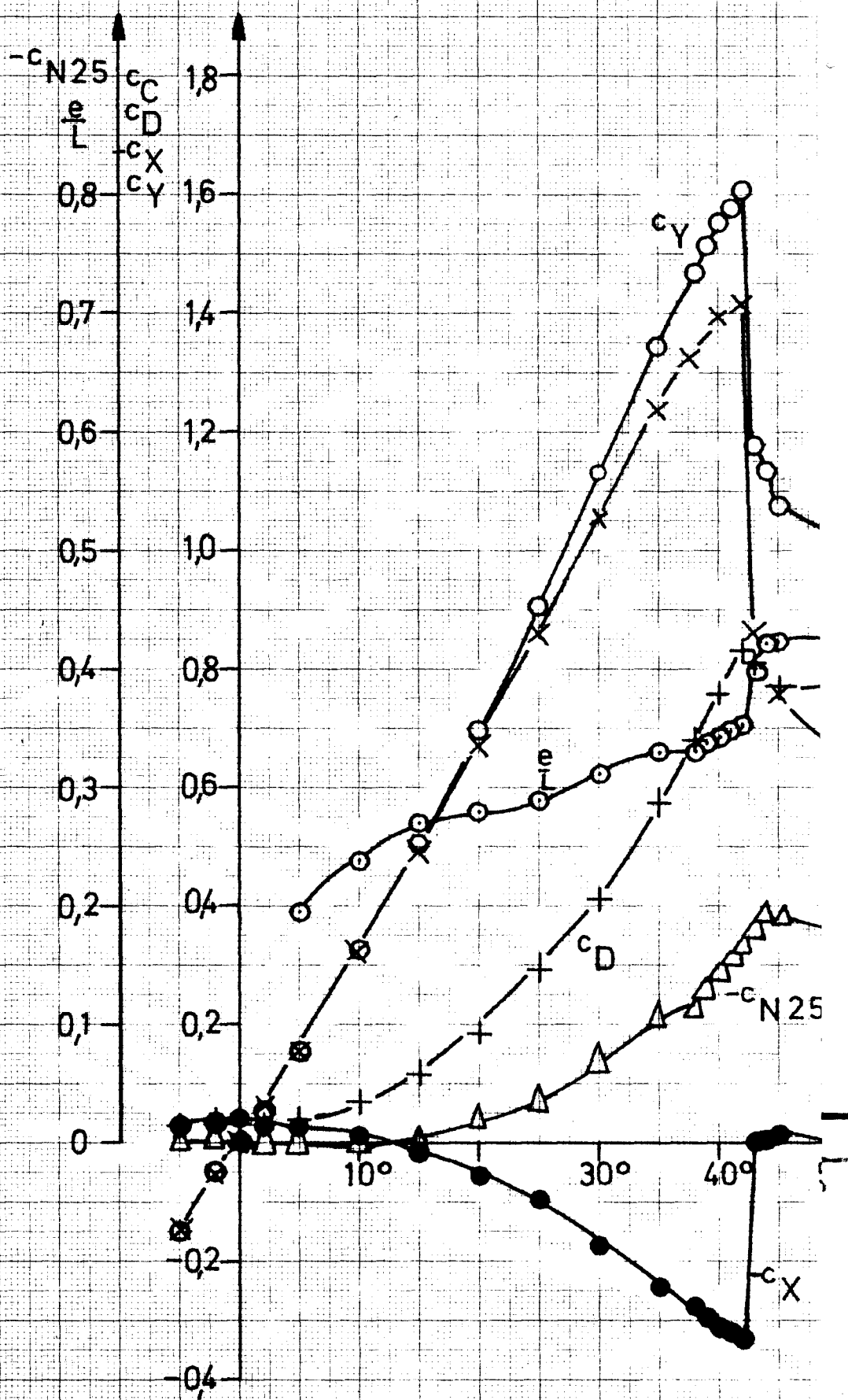
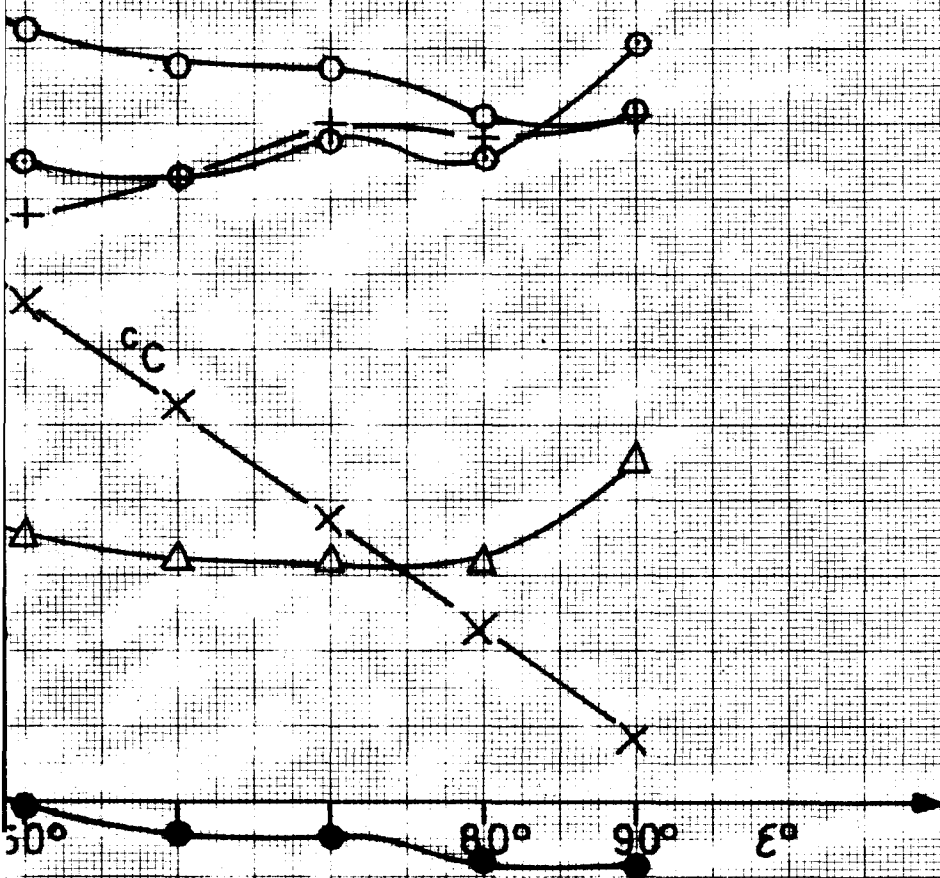


Bild 5

Strömungskräfte am Leitkopfruder JfS 64 LR22
 Ruderausschlag 0. Spalt abgedichtet

$$\Lambda_R = 1, R_n = 0,760 \cdot 10^6$$

JfS-Windkanalmessung, unkorrigiert, $A_R/A_S = 0,204$



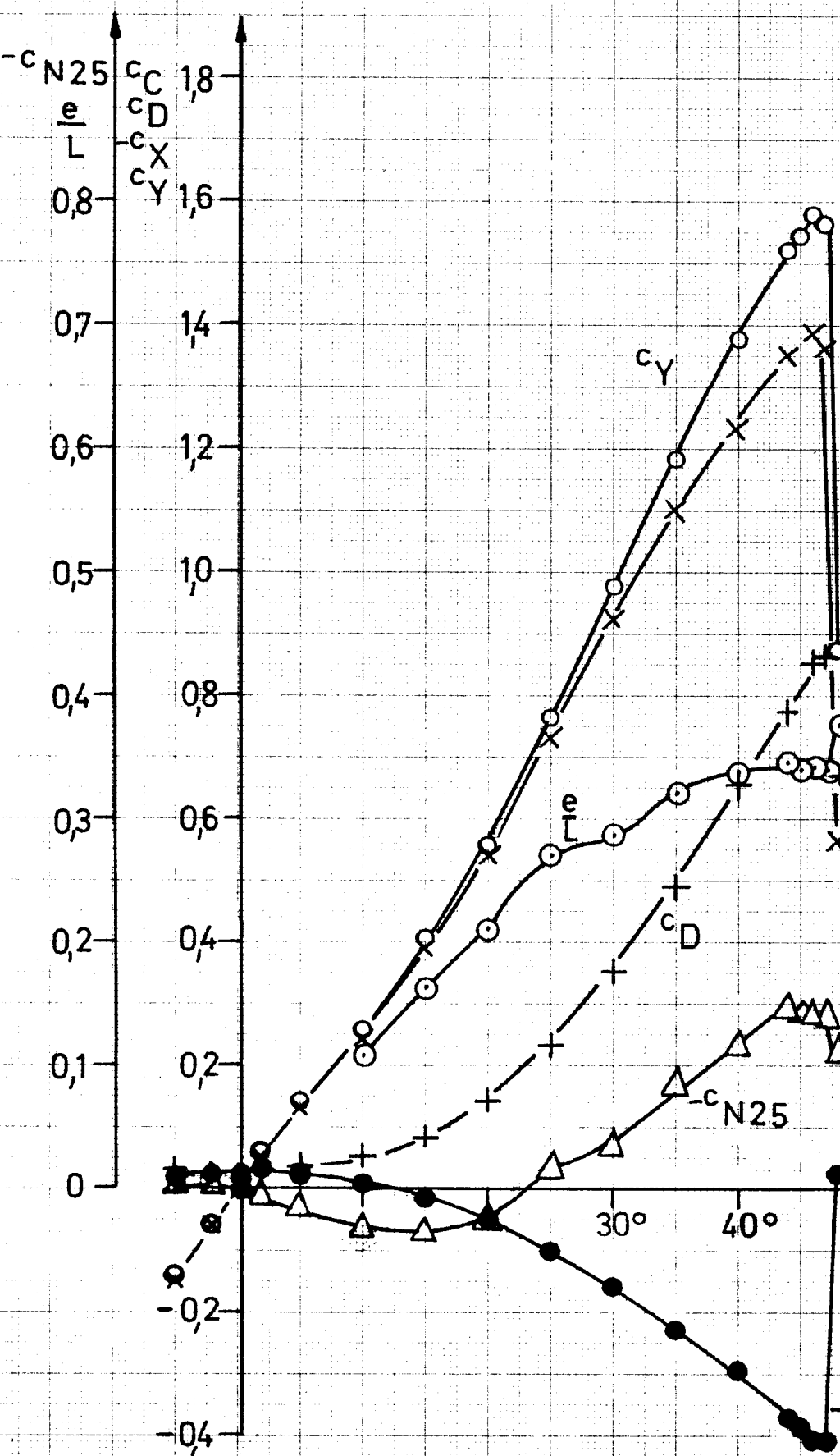


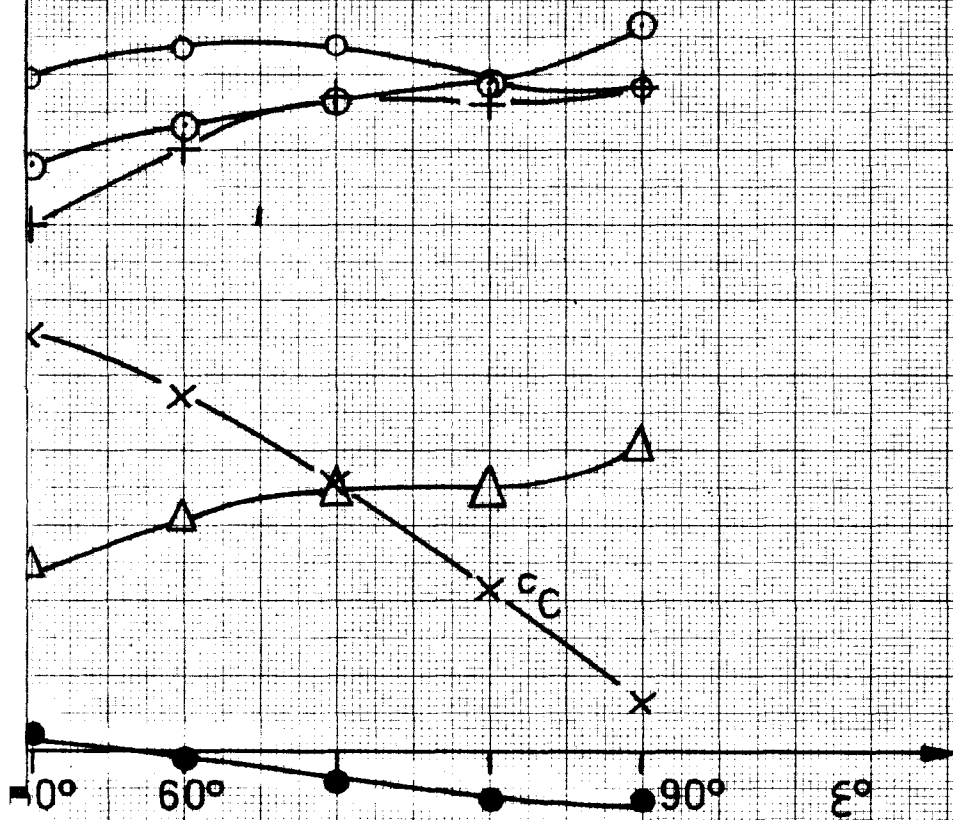
Bild 6

Strömungskräfte am Leitkopfruder NACA 65LR 22

Ruderausschlag 0. Spalt offen

$$\Lambda_R = 1, \quad R_n = 0,754 \cdot 10^6$$

JfS - Windkanalmessung, unkorrigiert, $A_R/A_S = 0,20$



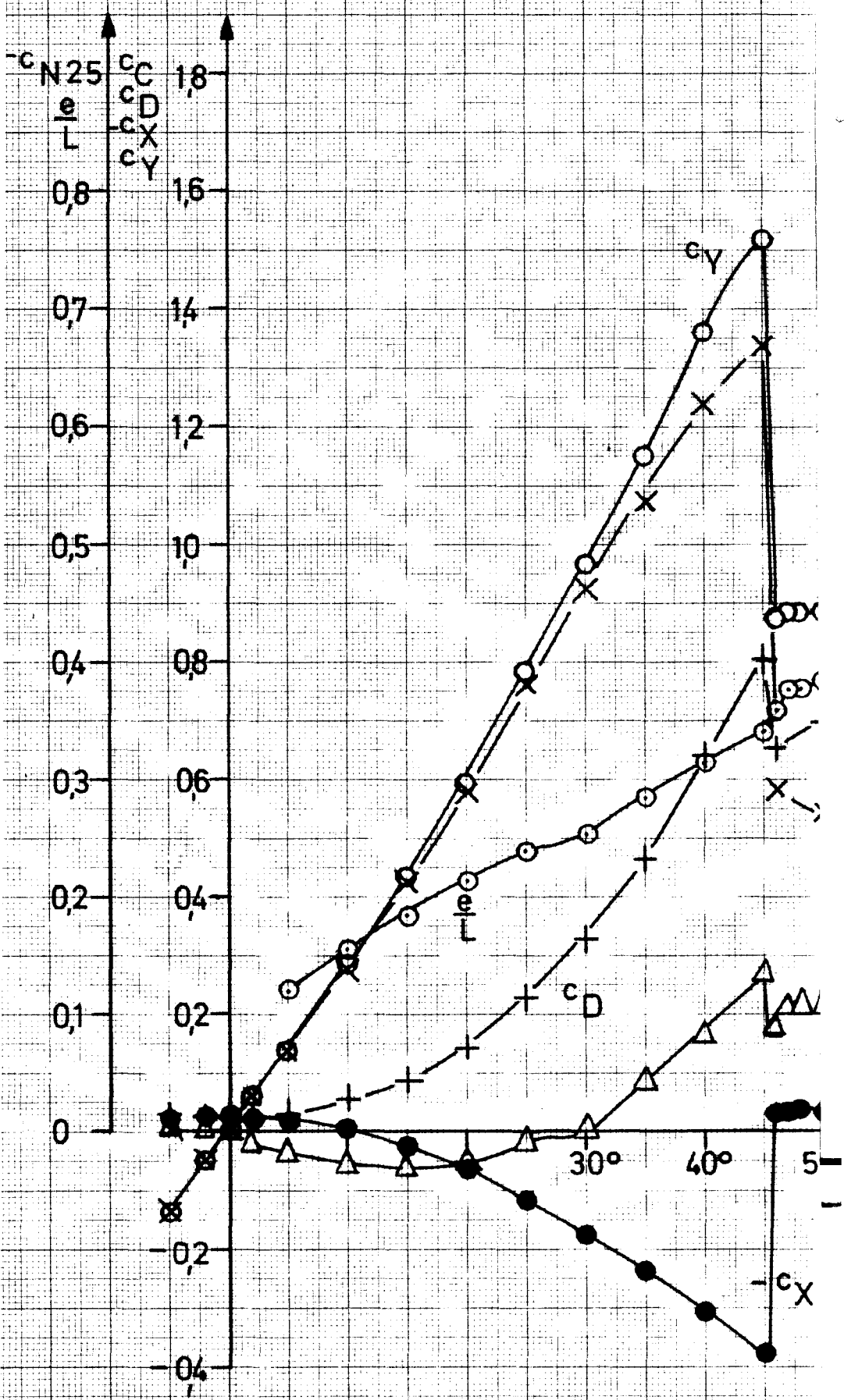


Bild 7
 Strömungskräfte am Leitkopfruder NACA65 LR 22
 Ruderausschlag 0. Spalt abgedichtet
 $A_R=1$, $R_n=0,754 \cdot 10^6$
 JfS-Windkanalmessung, unkorrigiert, $A_R/A_S=0,204$

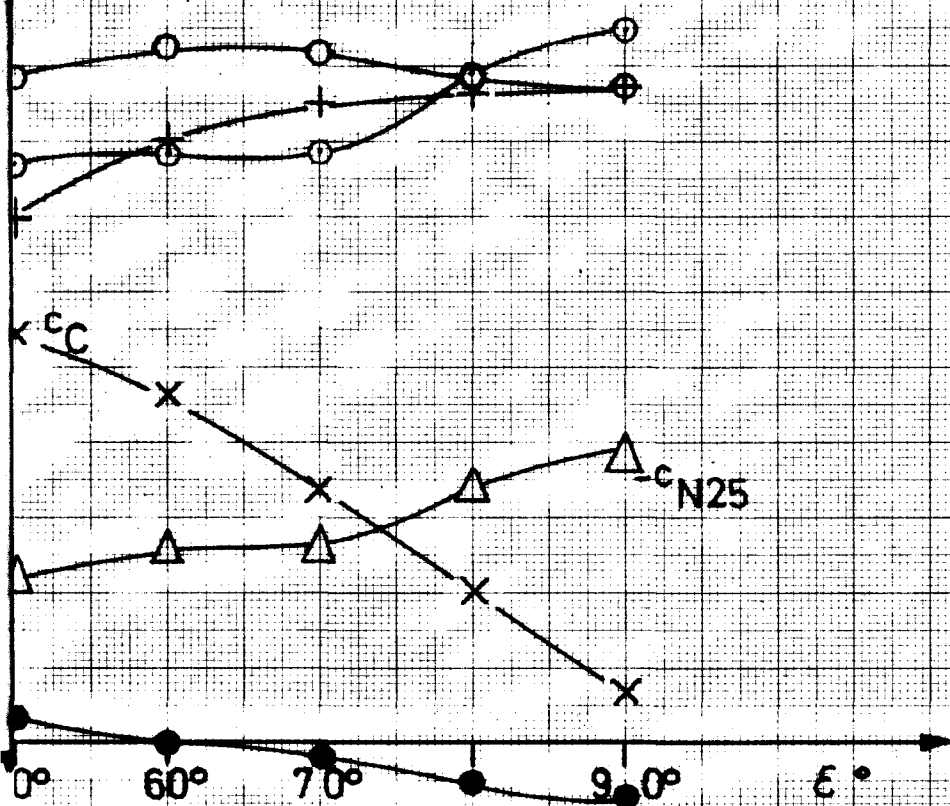
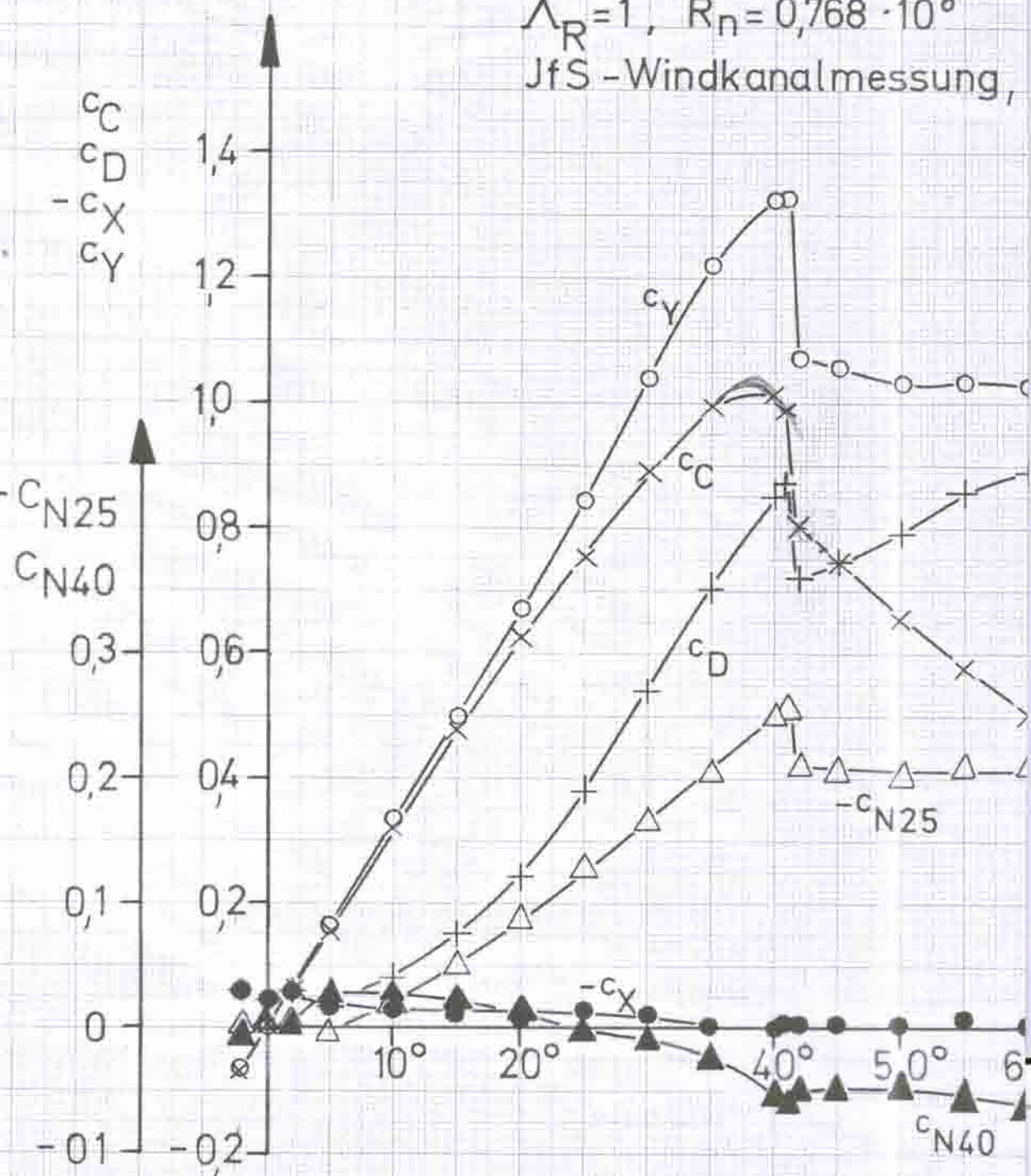


Bild 8

Strömungskräfte am Bu

$$\Lambda_R = 1, R_n = 0,768 \cdot 10^6$$

JfS - Windkanalmessung,



äfte am Bugruder JfS 48 BR 15

$0,768 \cdot 10^6$

almessung, unkorrigiert, $A_R/A_S=0,204$

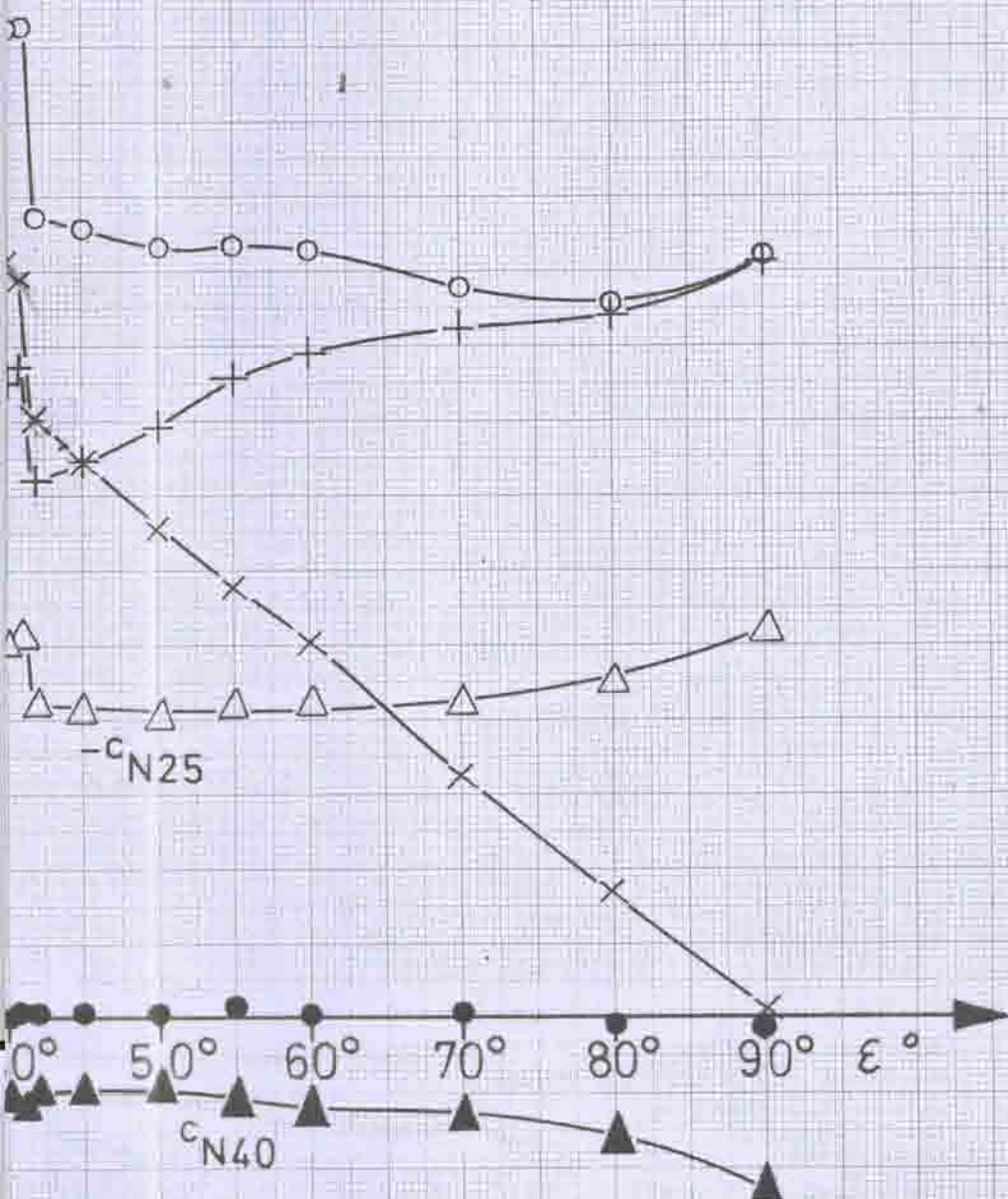
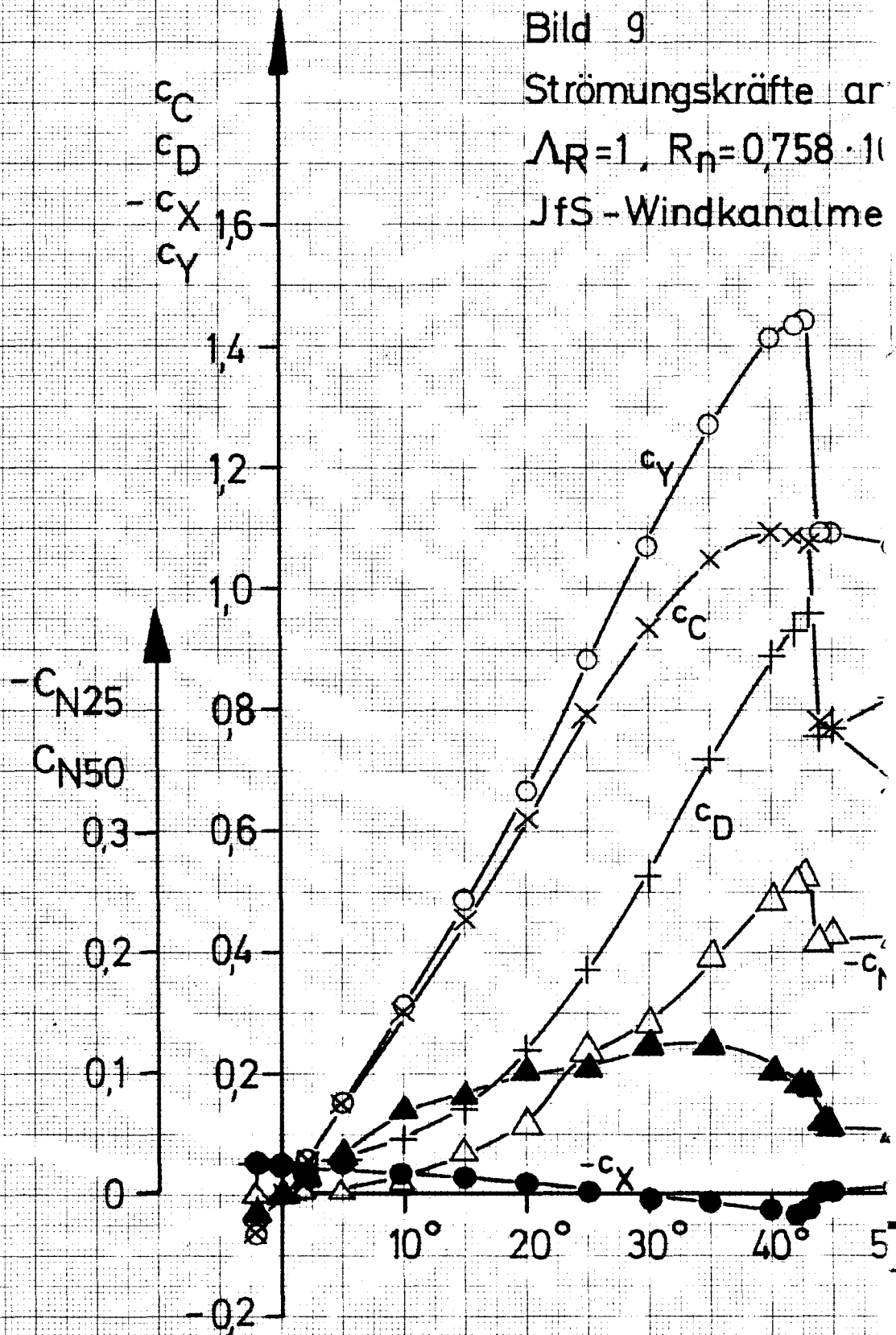


Bild 9

Strömungskräfte an
 $\Lambda_R=1$, $R_n=0,758 \cdot 10^6$
 JfS - Windkanalme



n Bugruder JfS 49 BR 15

γ^6

ssung, unkorrigiert, $A_R/A_S = 0,204$

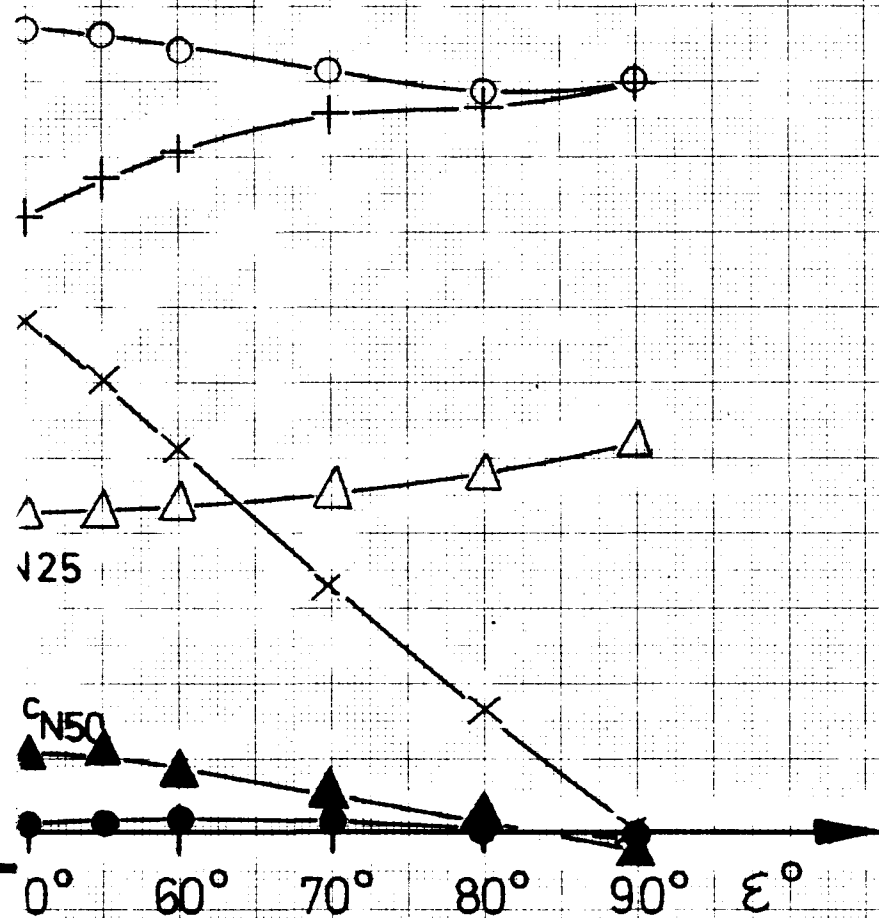


Bild 10

Strömungskräfte am Rechteckruder JfS 63 TR 25

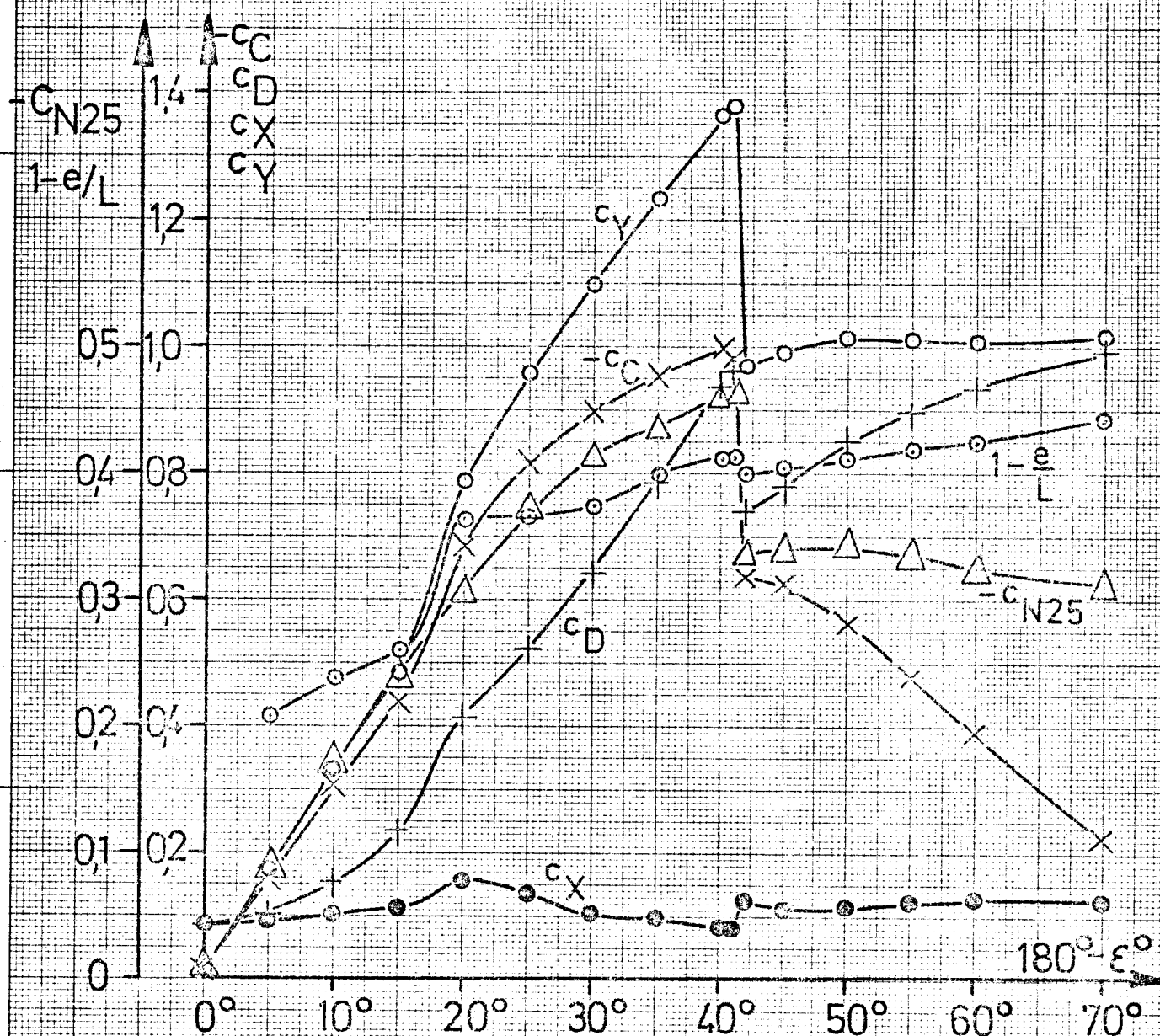
Rückwärtsfahrt, $\Lambda_R=1$, $R_n=0,515 \cdot 10^6$ JfS-Windkanalmessung, unkorrigiert, $A_R/A_S=0,204$ 

Bild 11 Strömungskräfte am Leitkopfruder JfS 64 LR 22
Rückwärtsfahrt, Ruderausschlag 0, Spalt offen

$$\Delta_R = 1, R_H = 0,534 \cdot 10^6$$

JfS-Windkanalmessung, unkorrigiert, $A_R/A_S = 0,204$

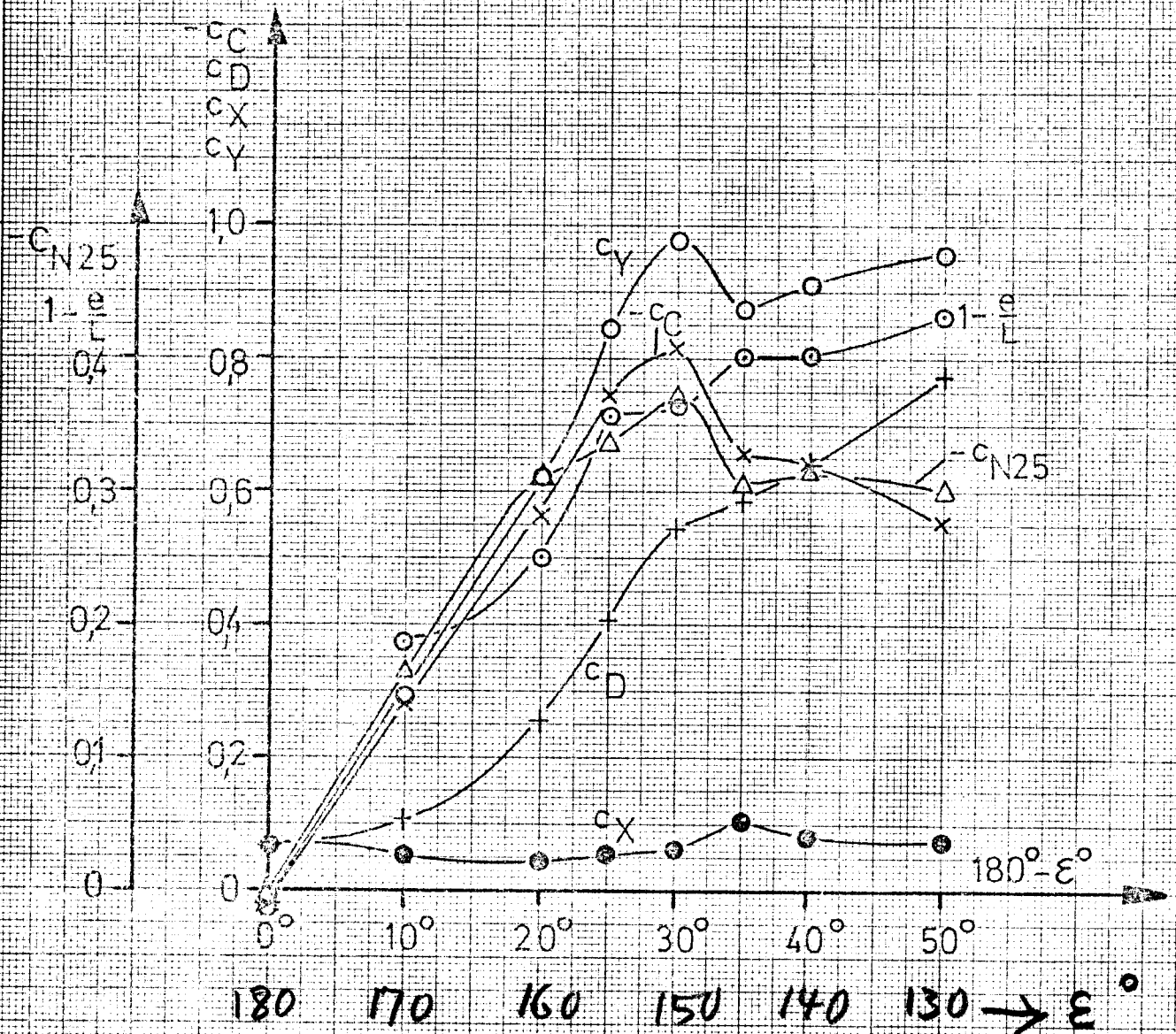


Bild 12 Strömungskräfte am Leitkopfruder JfS 64 LR 22
Rückwärtsfahrt, Ruderausschlag 0, Spalt abgedichtet

$$\Lambda_R = 1, \quad R_n = 0,540 \cdot 10^6$$

JfS-Windkanalmessung, unkorrigiert, $A_R/A_S = 0,204$

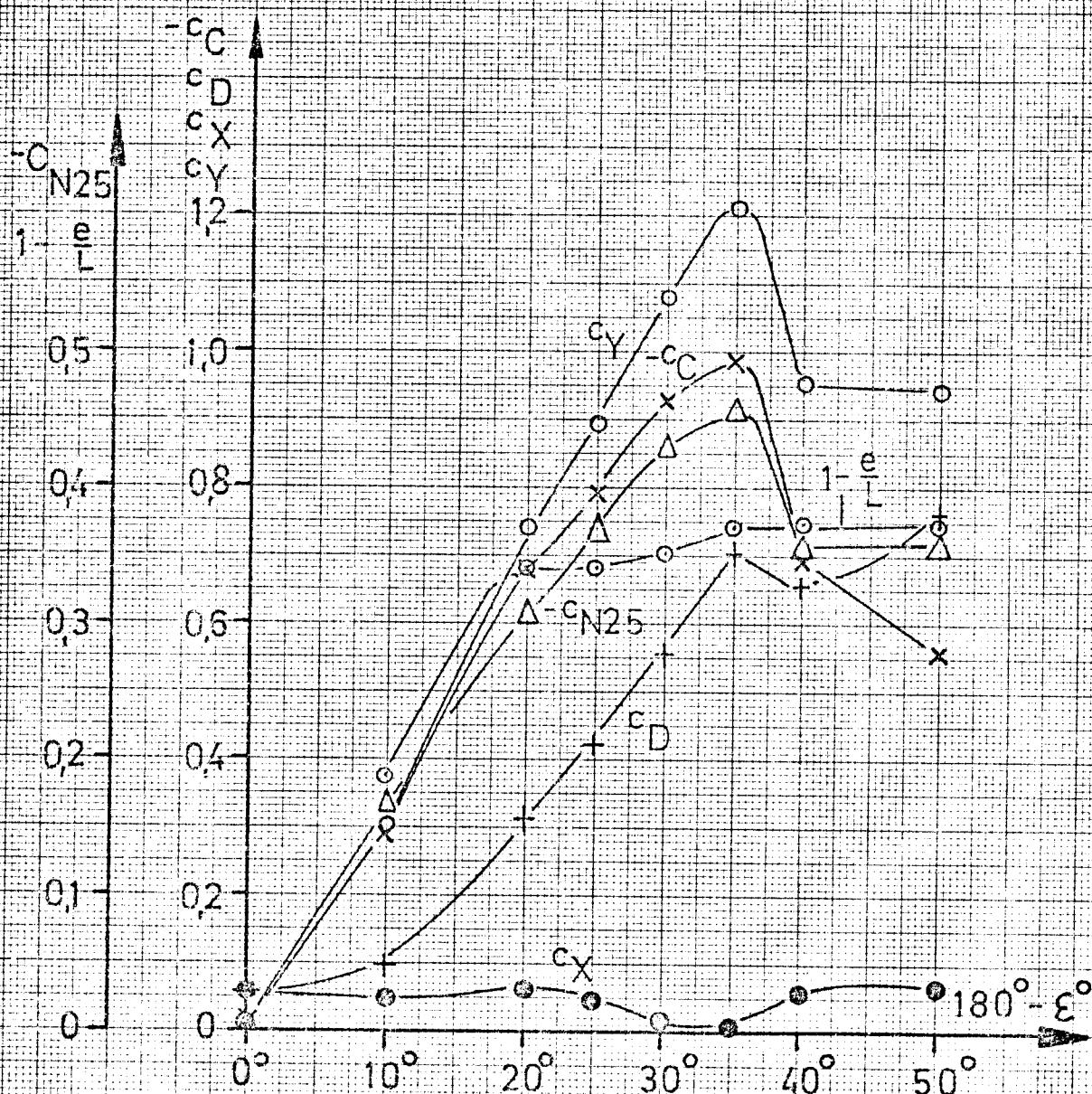


Bild 13 Strömungskräfte am Leitkopfruder NACA 65 LR 22

Rückwärtsfahrt Ruderausschlag 0 Spalt offen

$$\Lambda_R = 1 \quad R_n = 0,534 \cdot 10^6$$

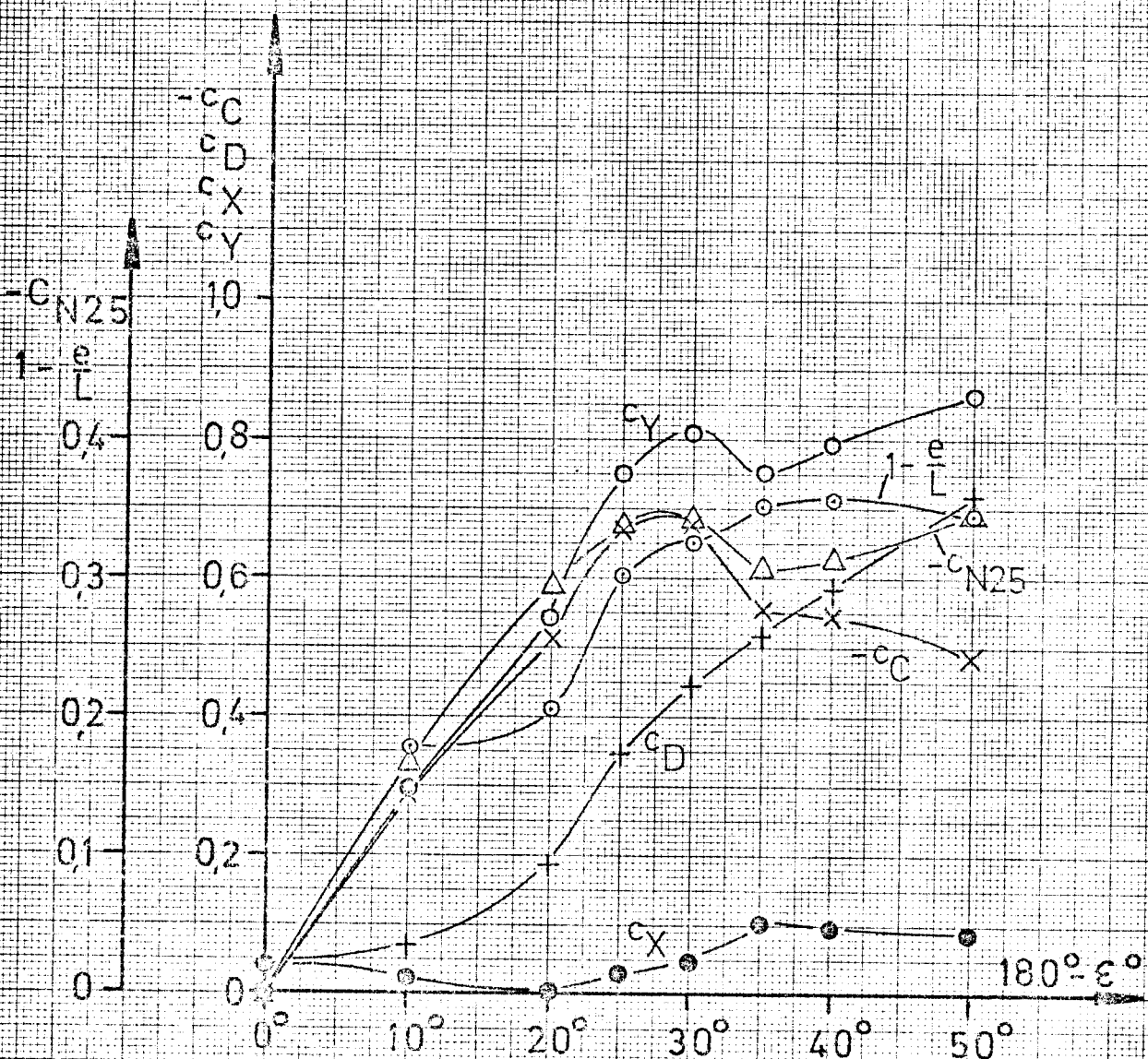
JfS-Windkanalmessung, unkorrigiert, $A_R/A_S = 0,204$ 

Bild 14 Strömungskräfte am Leitkopfruder NACA 65 LR 22
 Rückwärtsfahrt, Ruderausschlag 0, Spalt abgedichtet
 $\Lambda_R = 1$ $R_n = 0,540 \cdot 10^6$
 JfS - Windkanalmessung, unkorrigiert, $A_R/A_S = 0,204$

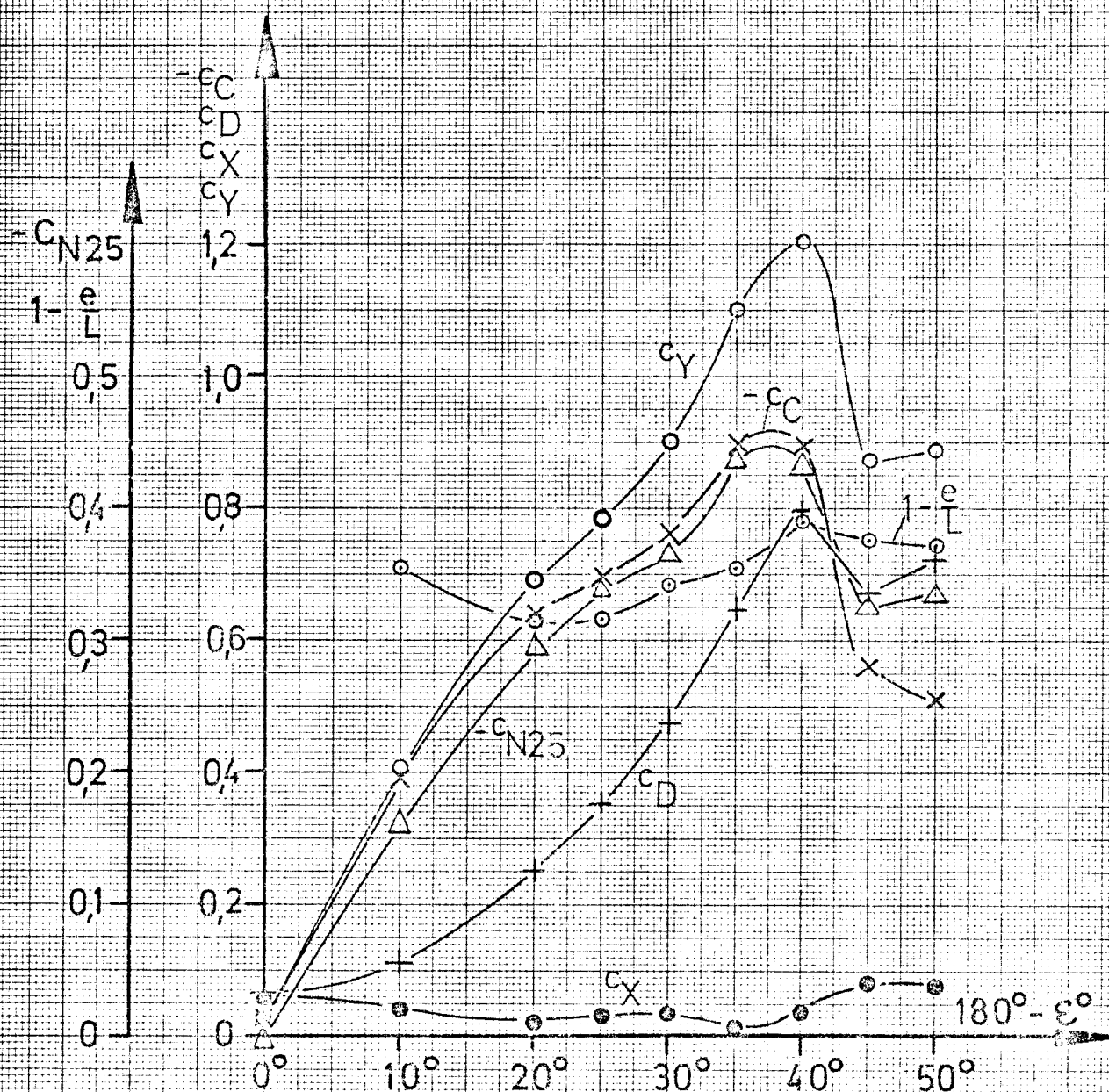
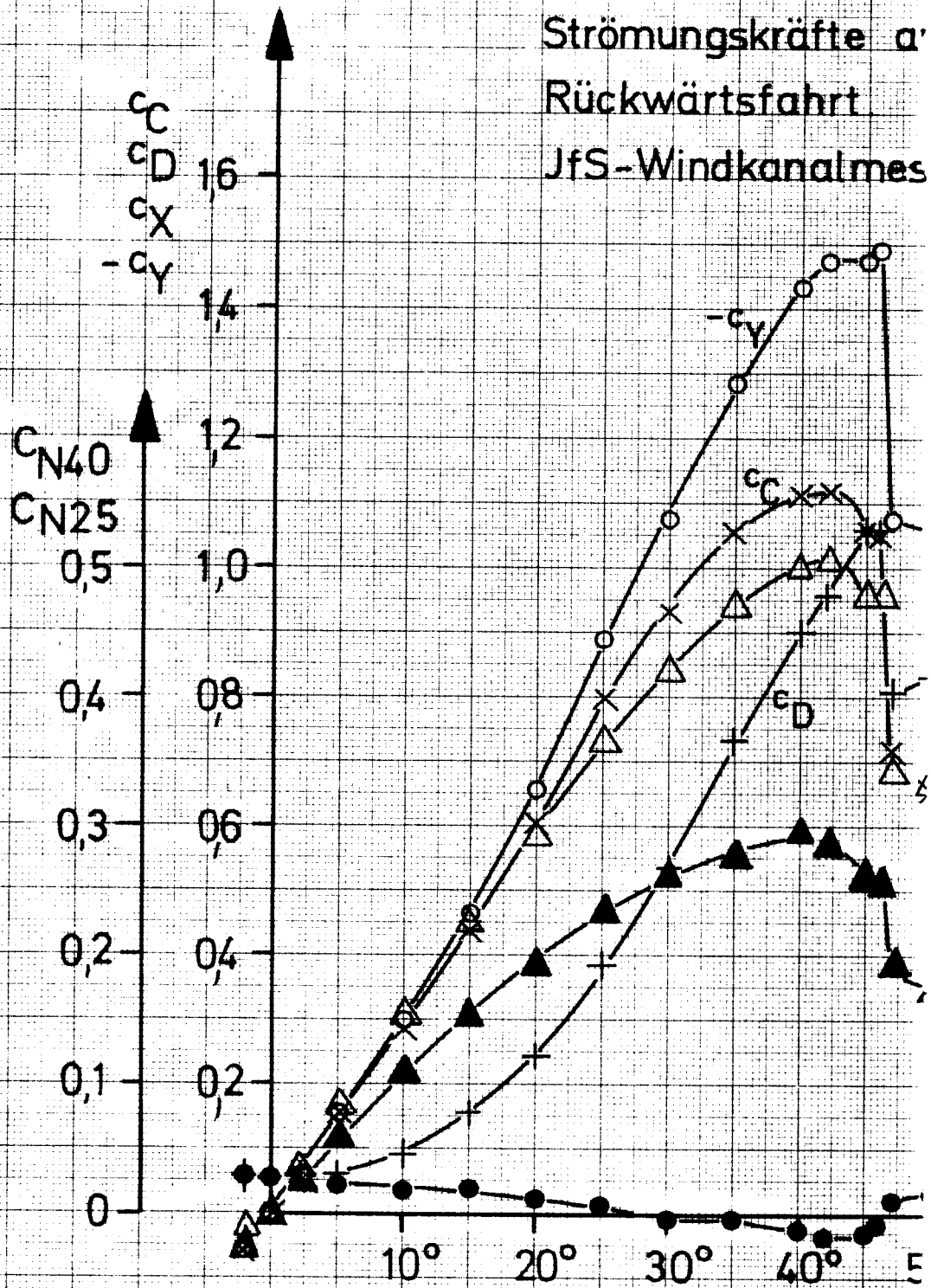


Bild 15

Strömungskräfte a'

Rückwärtsfahrt

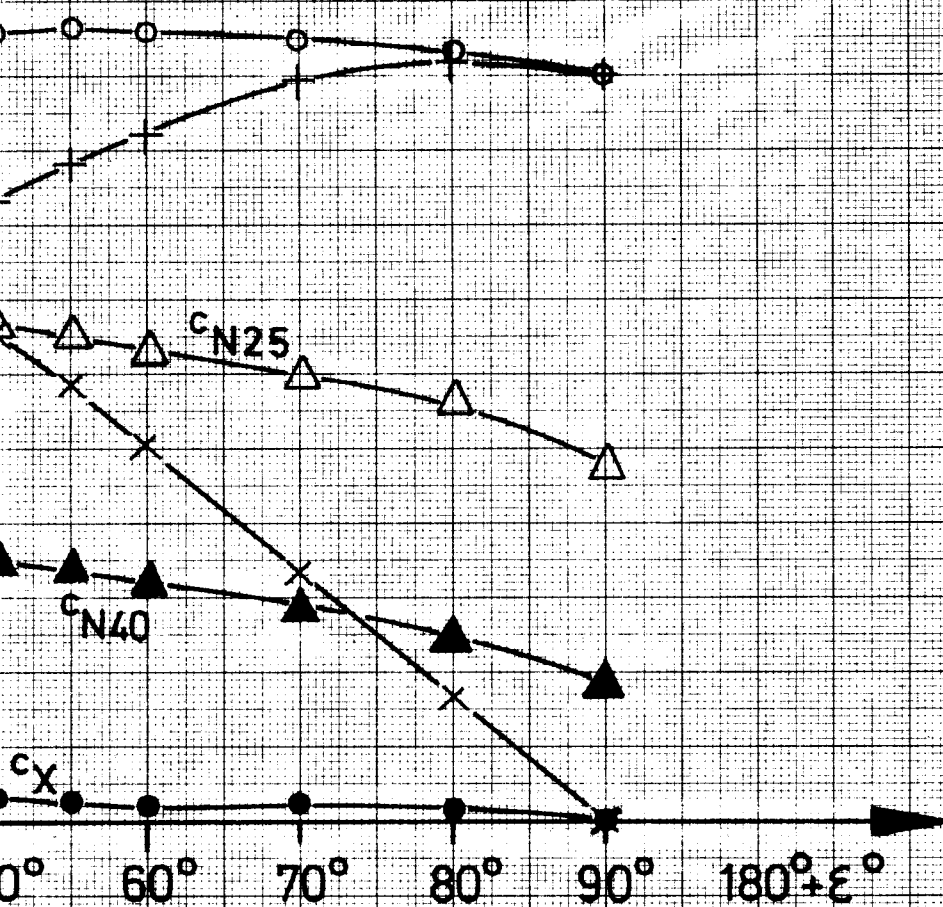
JfS-Windkanalmes



h Bugruder JfS 48 BR 15

$$\Lambda_R = 1, R_H = 0,764 \cdot 10^6$$

lung, unkorrigiert, $A_R/A_S = 0,204$



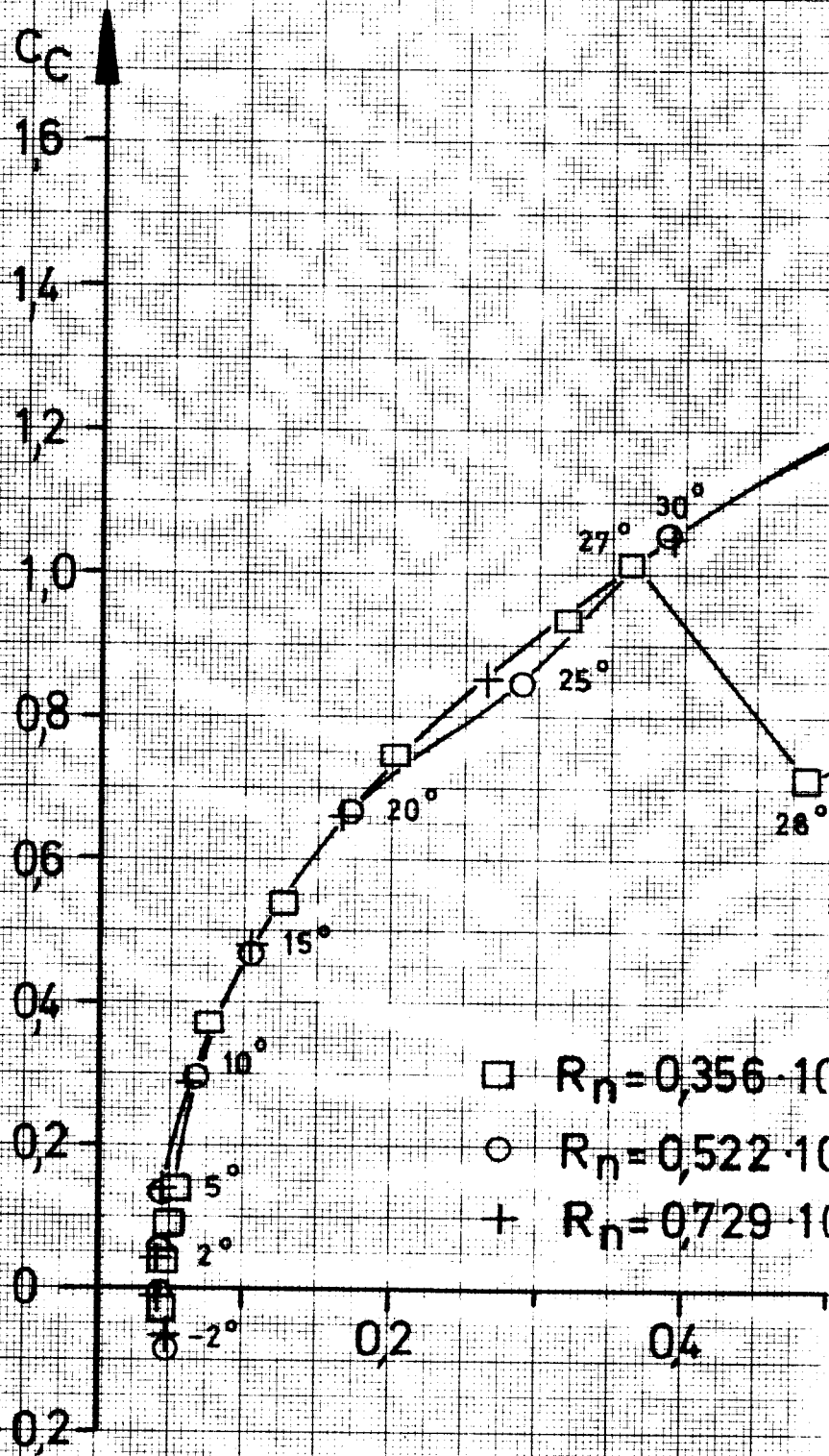
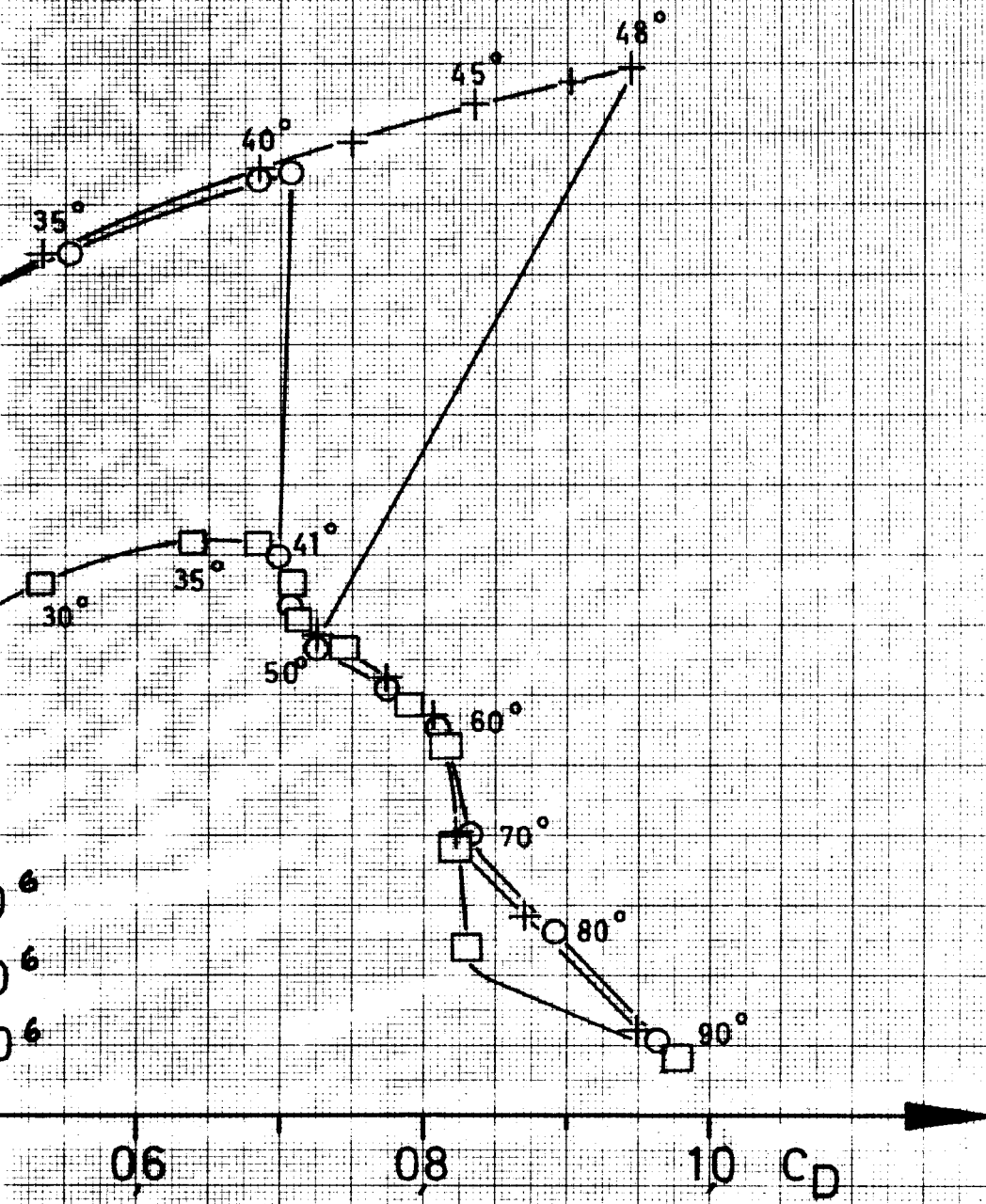


Bild 16 Polaren des Ru



ders JfS 63 TR 25. $\Lambda_R = 1$

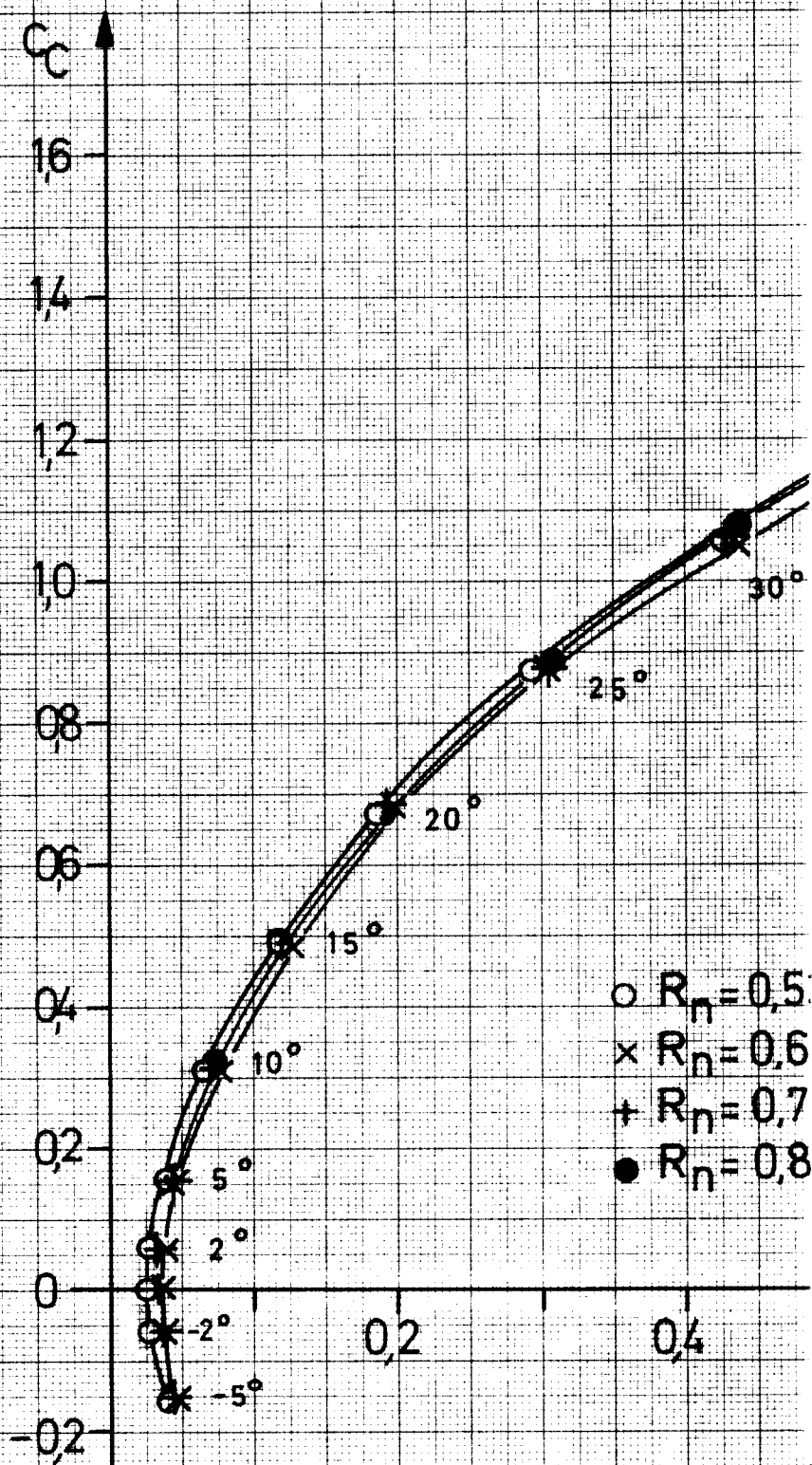
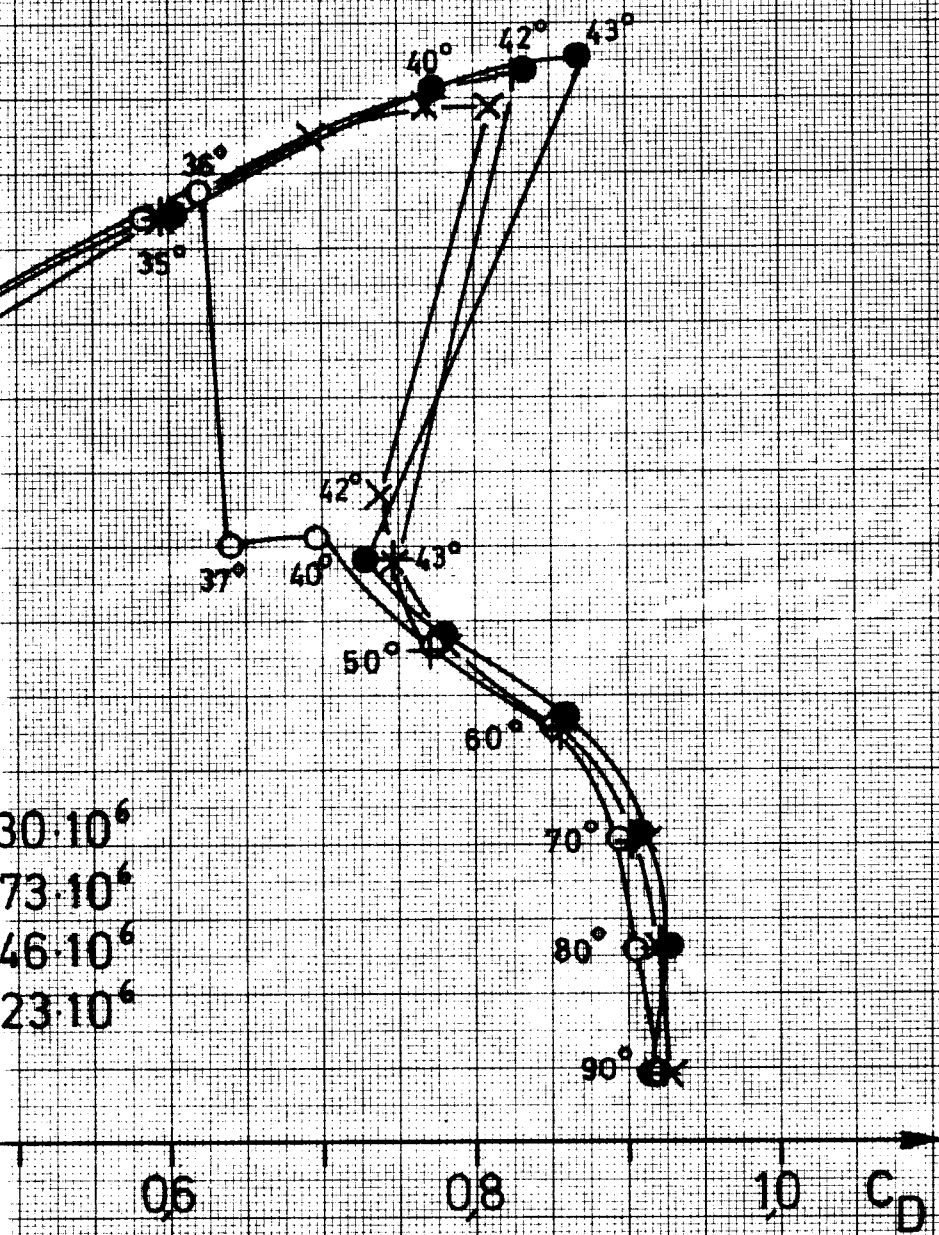


Bild 17



Polaren des Leitkopfruders JfS 64 LR22

Ruderausschlag 0, Spalt offen

$\Lambda_R=1$

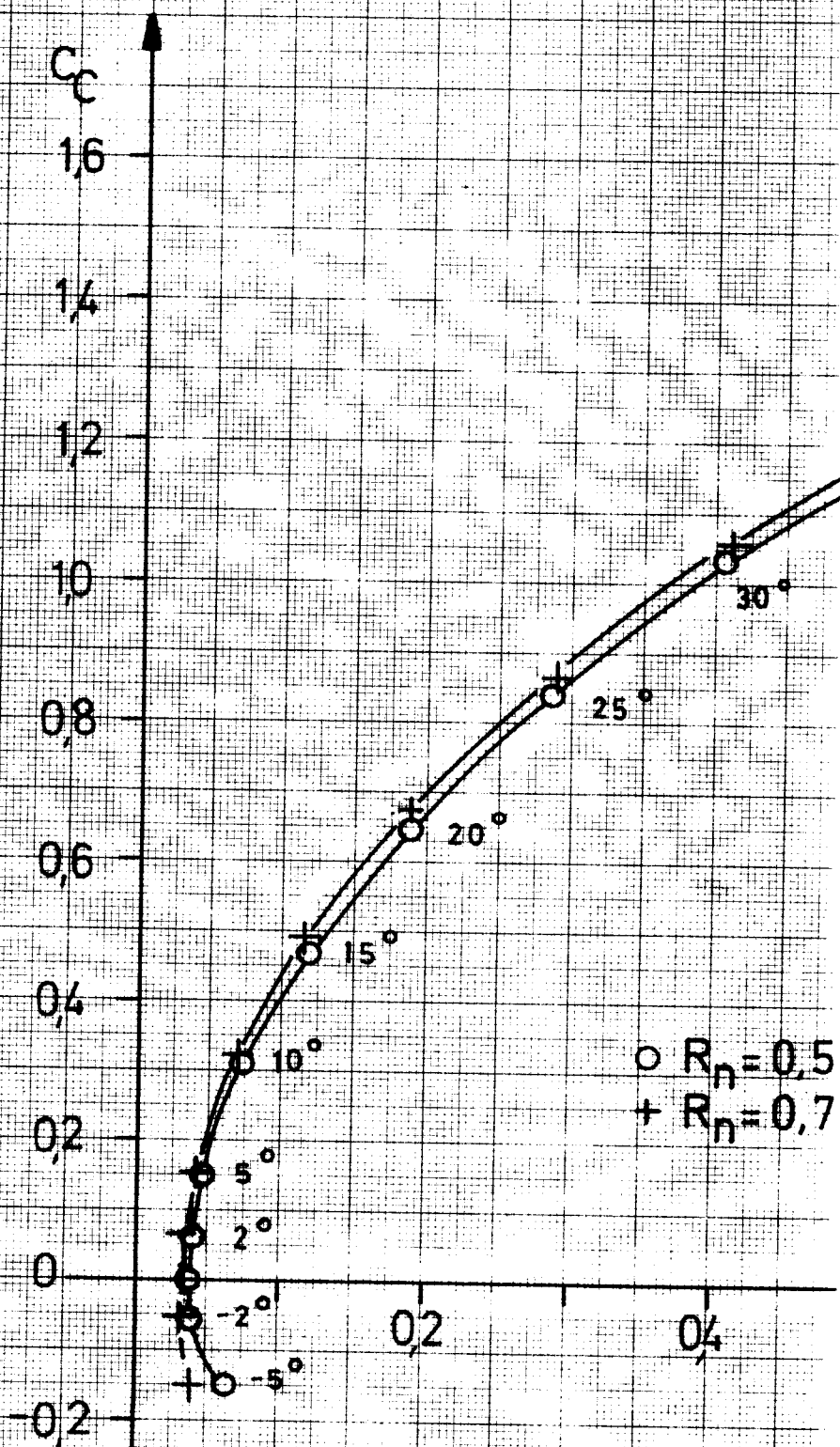
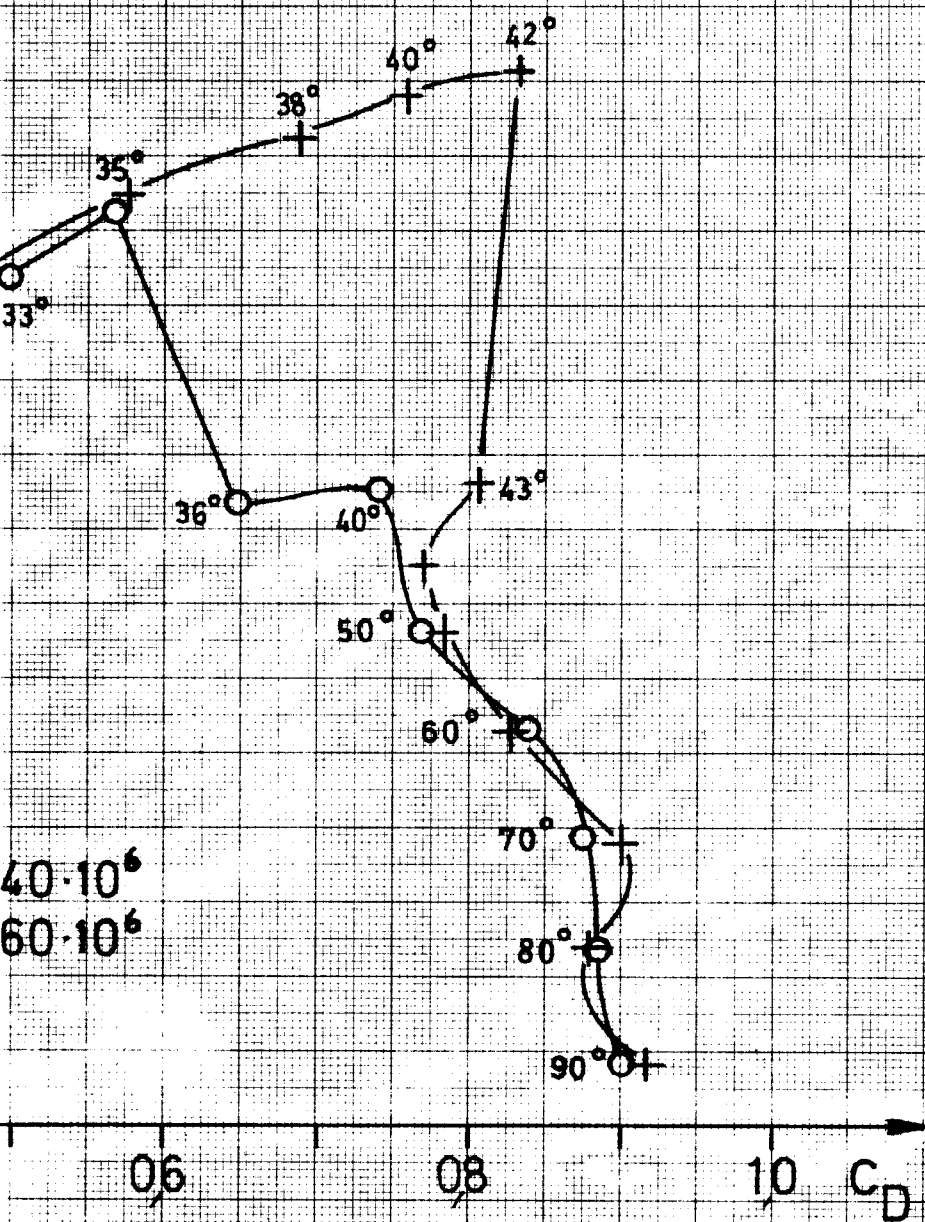


Bild 18

P

R

α



Polaren des Leitkopfruders JfS 64 LR22

Ruderausschlag 0, Spalt abgedichtet

$Re = 1$

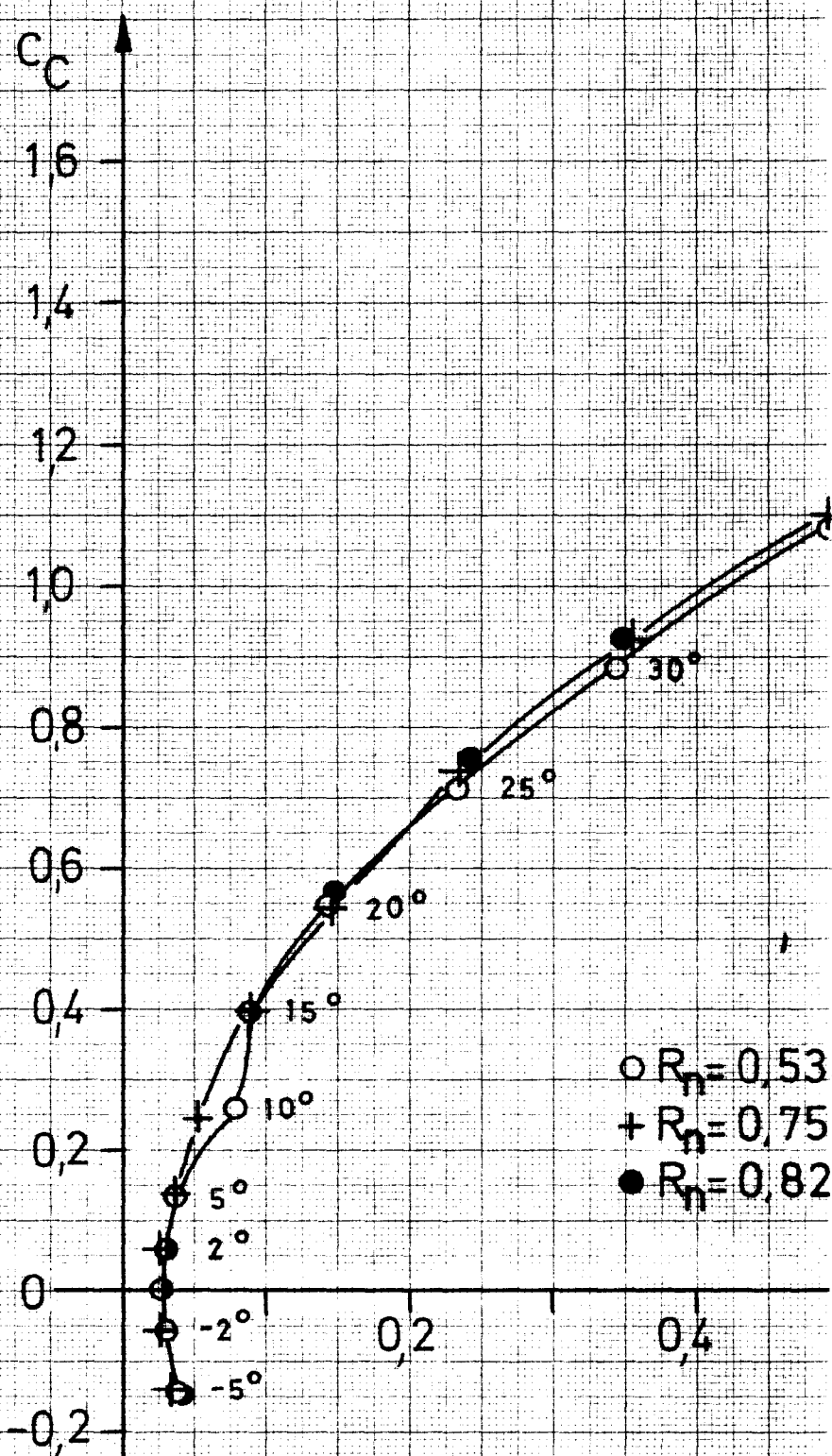
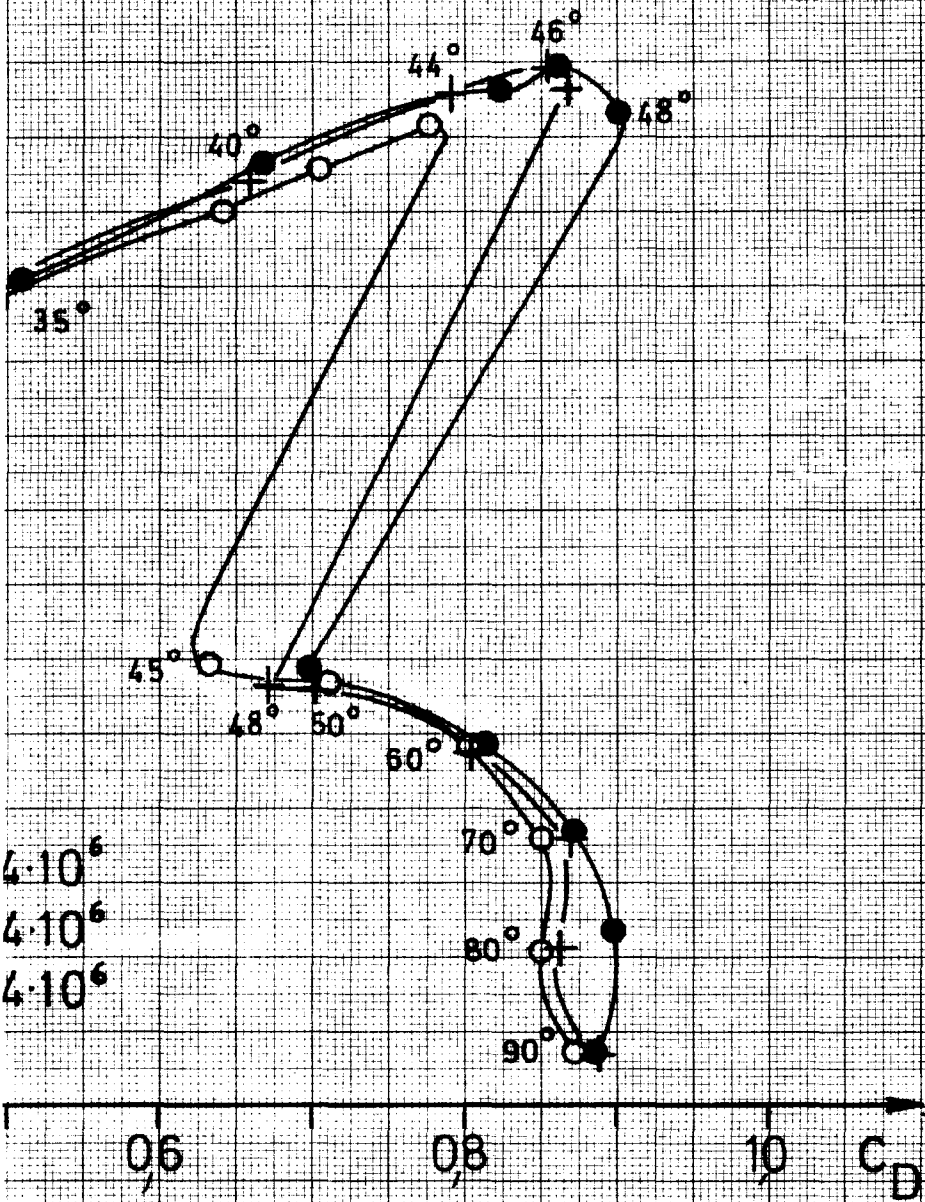


Bild 19



Polaren des Leitkopfruders NACA 65 LR22

Flügelauerschlag 0, Spalt offen

$M_R=1$

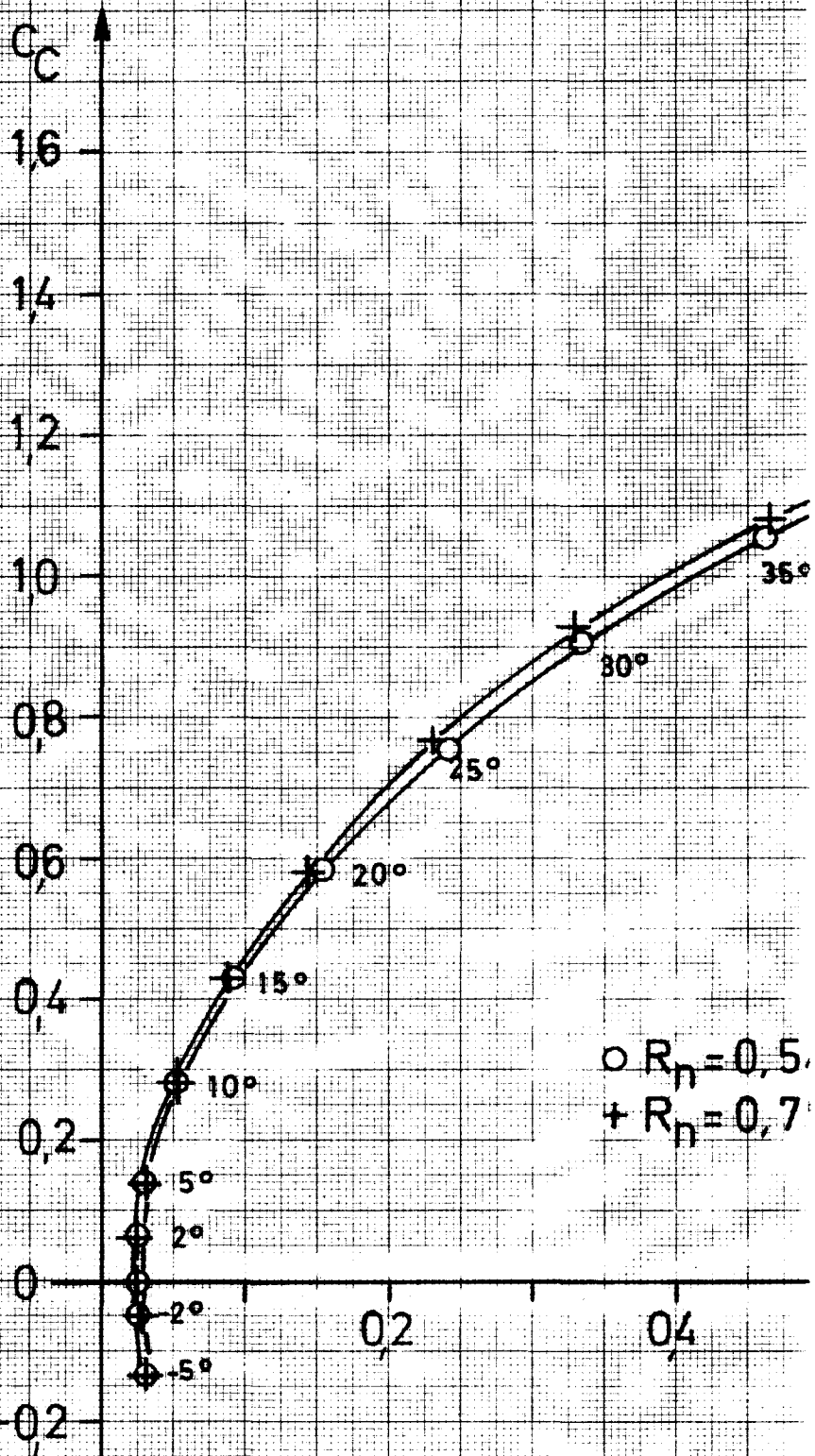
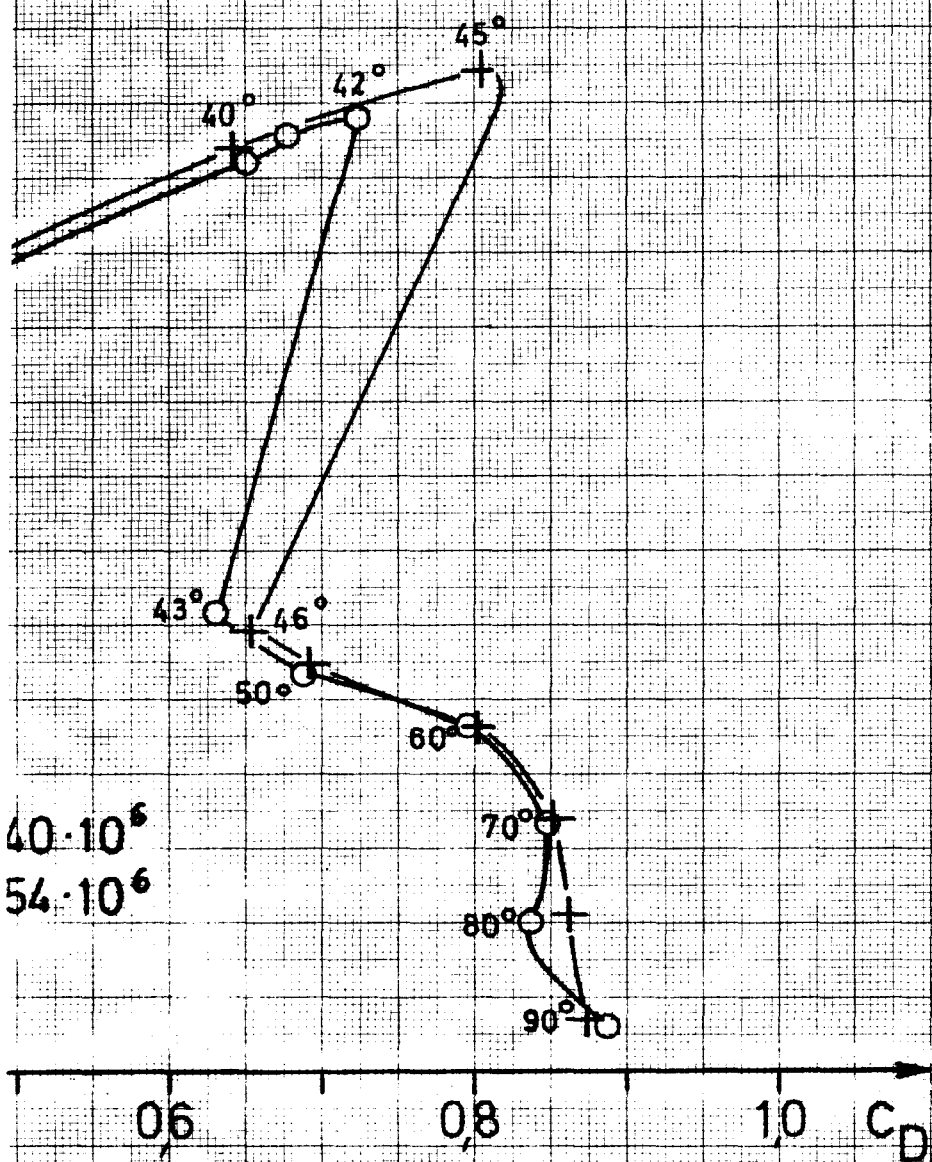


Bild 20 F
R



Polaren des Leitkopfruders NACA 65 LR 22

Ruderausschlag 0, Spalt abgedichtet

$\Delta_R = 1$

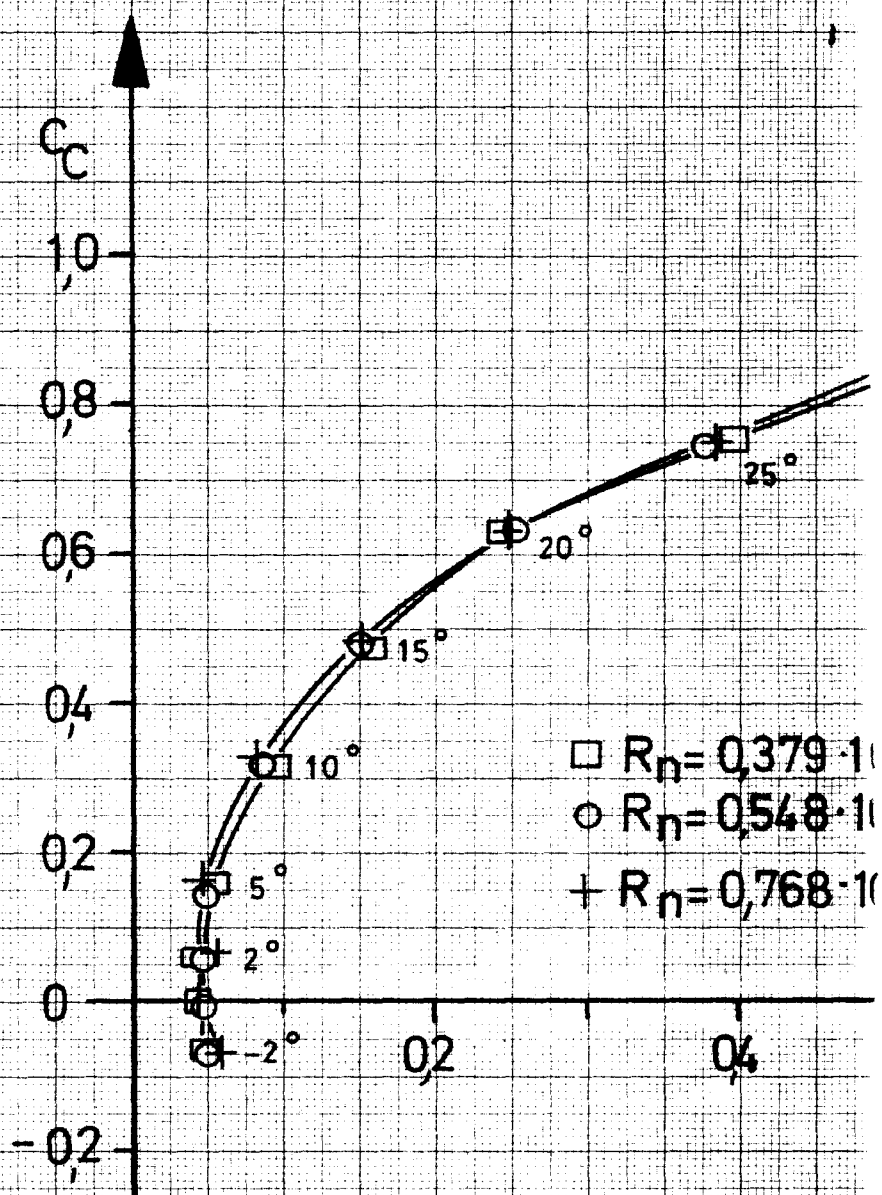
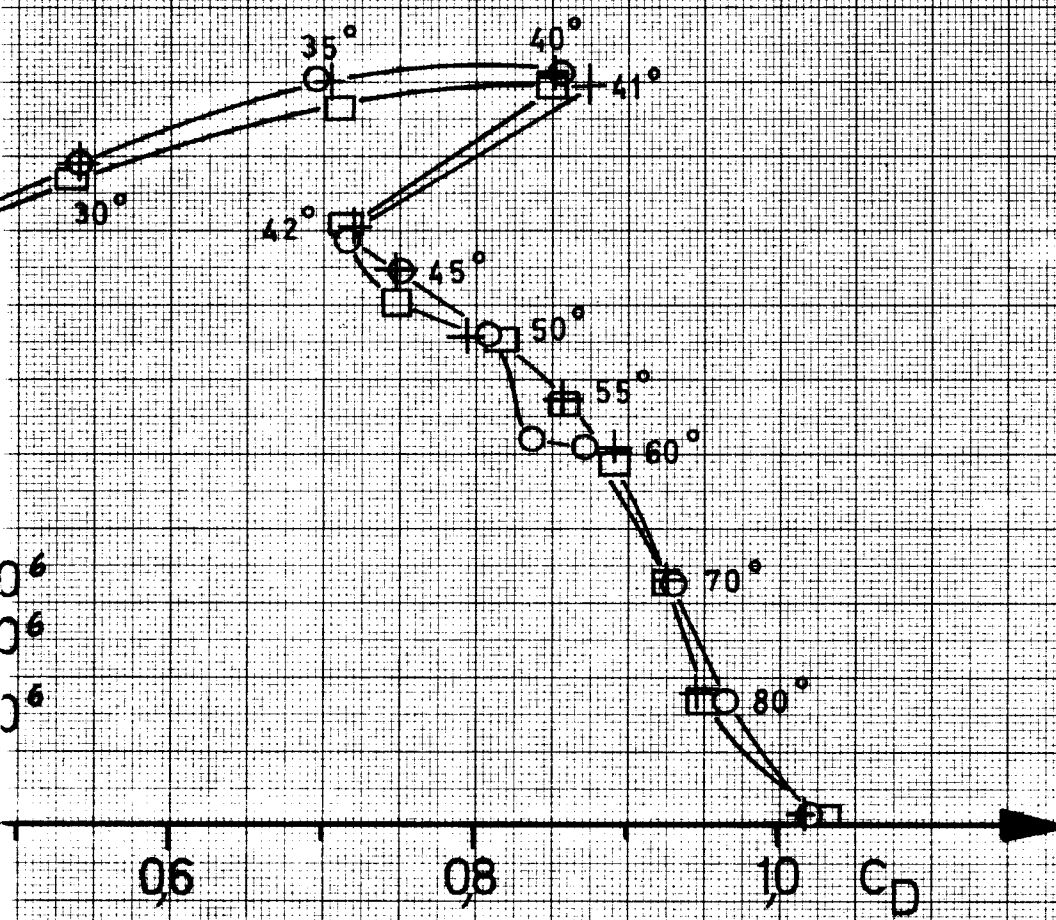


Bild 21 Polaren des Bu



gruders JfS 48 BR 15. $Re=1$

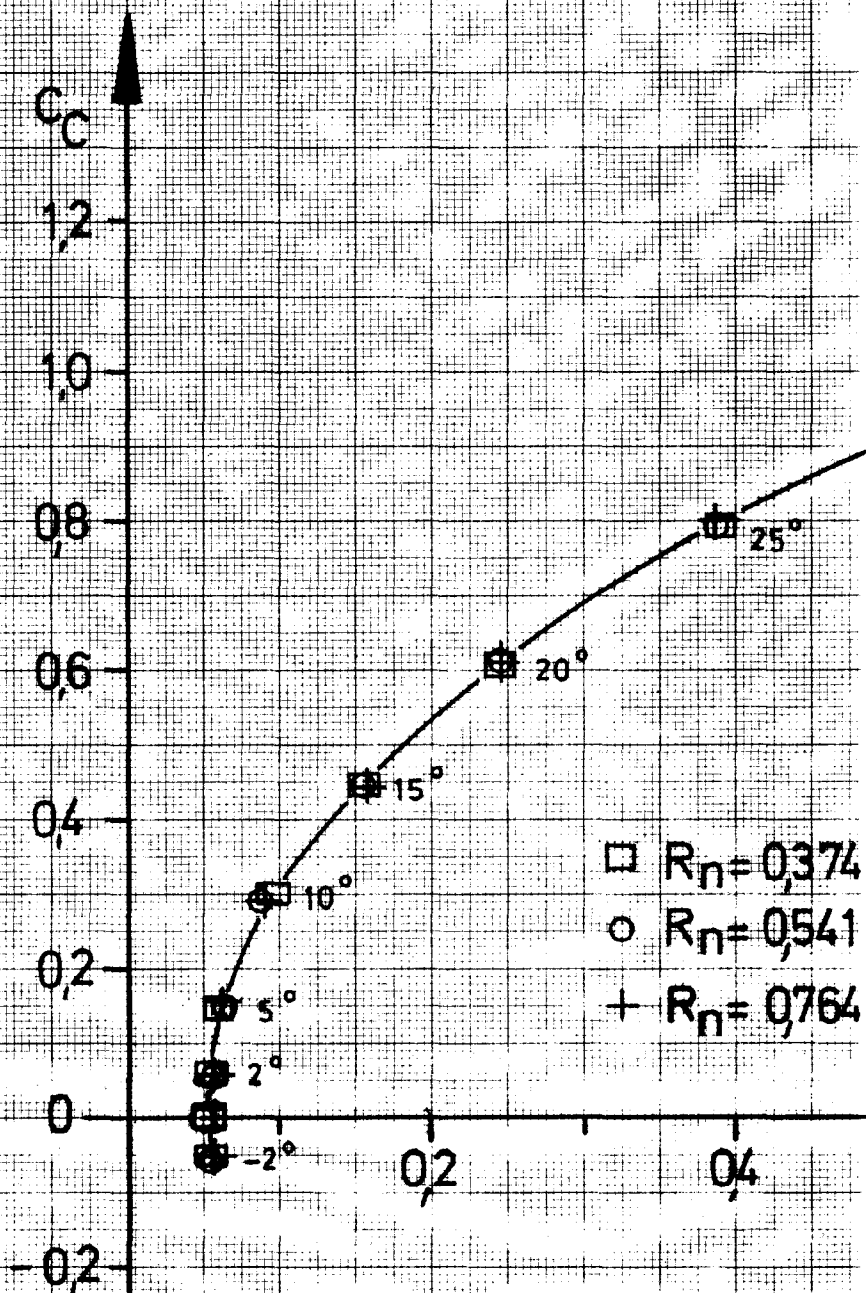
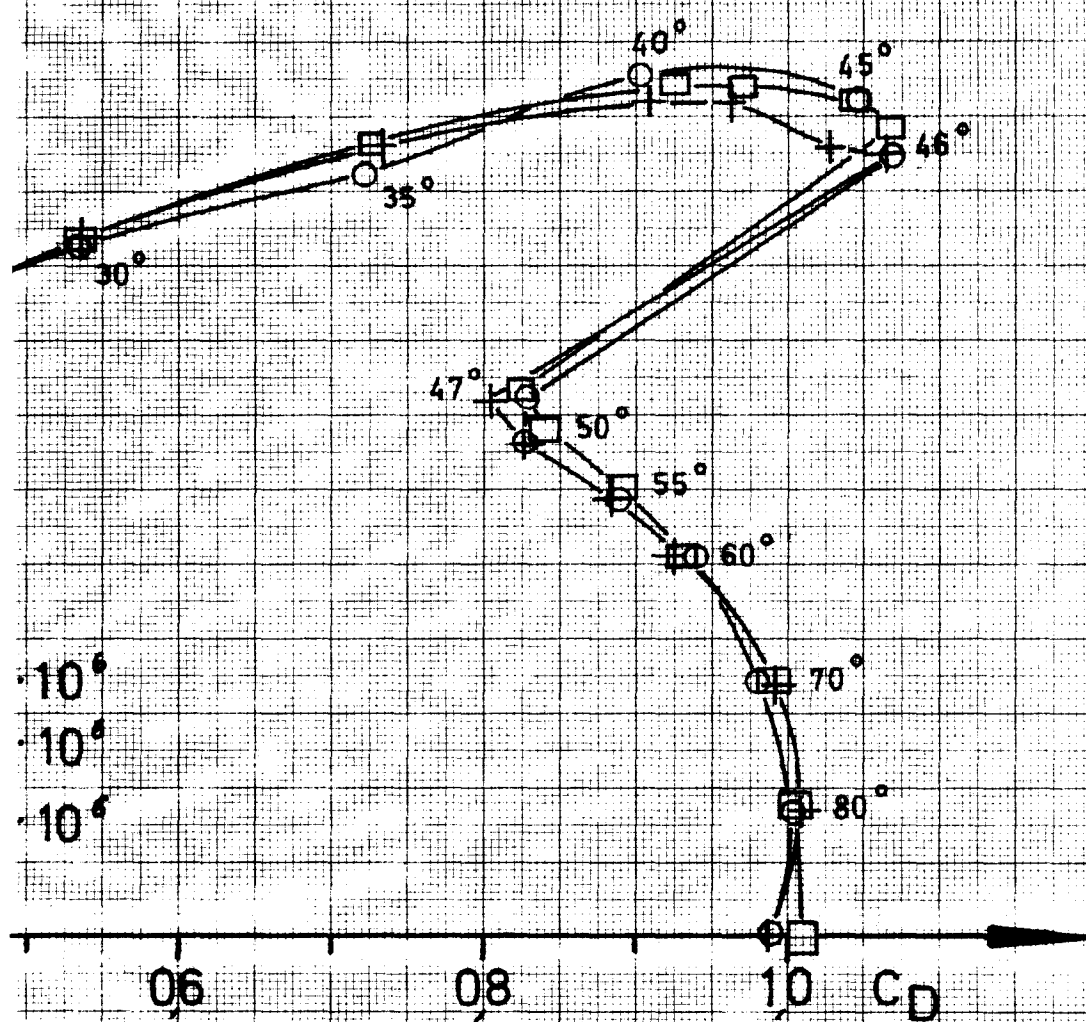


Bild 22 Polaren des Bug bei Anströmung



ruders JfS 48 BR 15
von hinten. $\Lambda_R = 1$

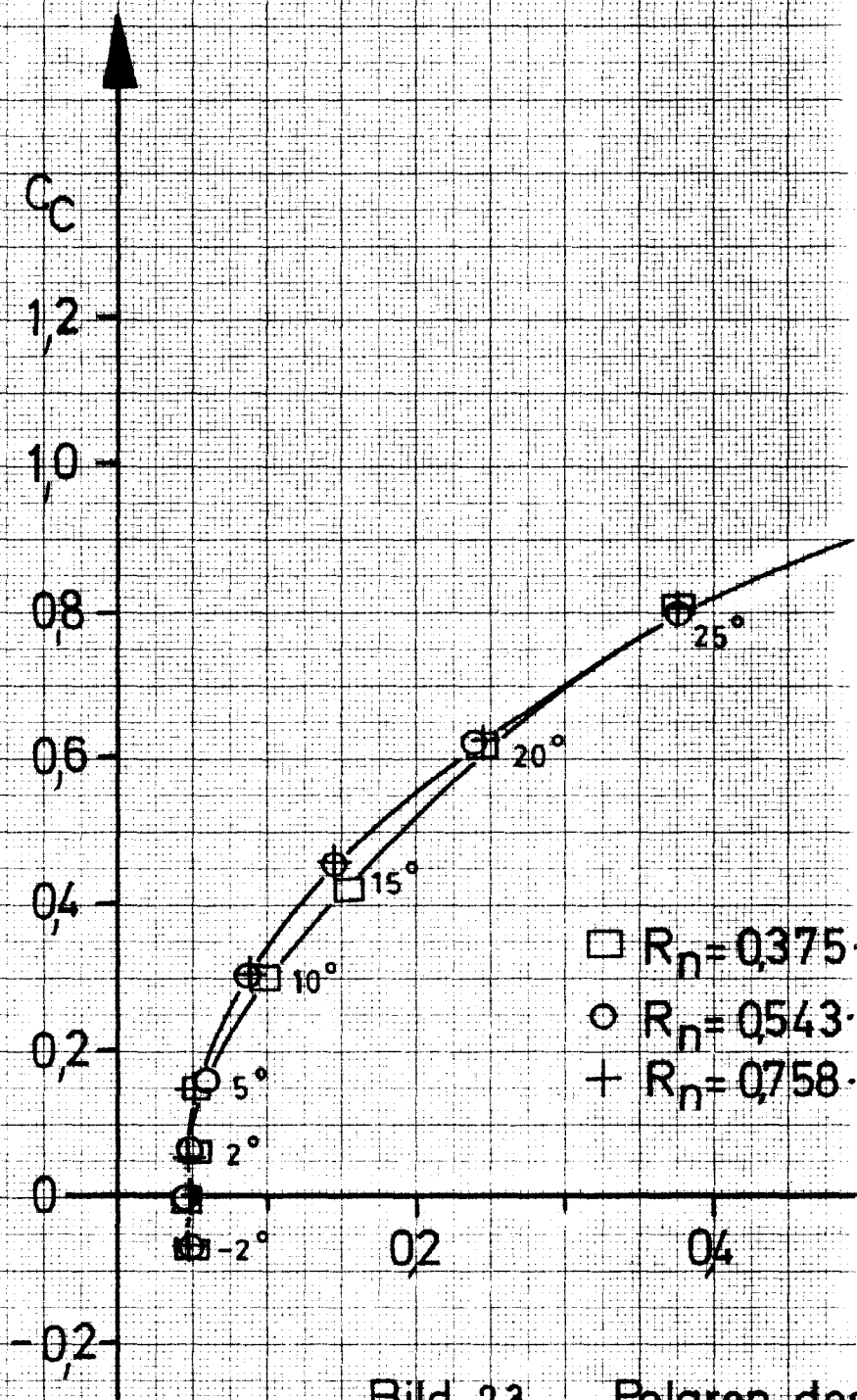
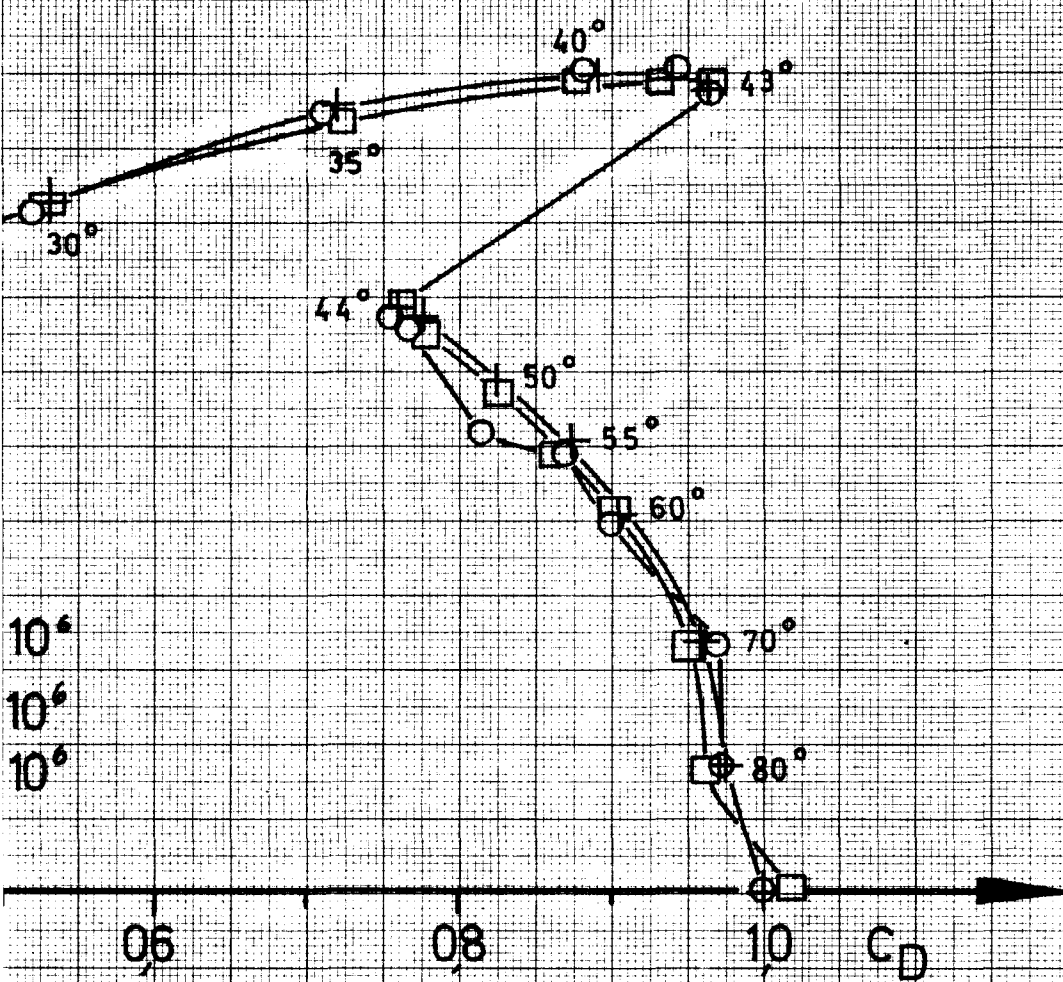
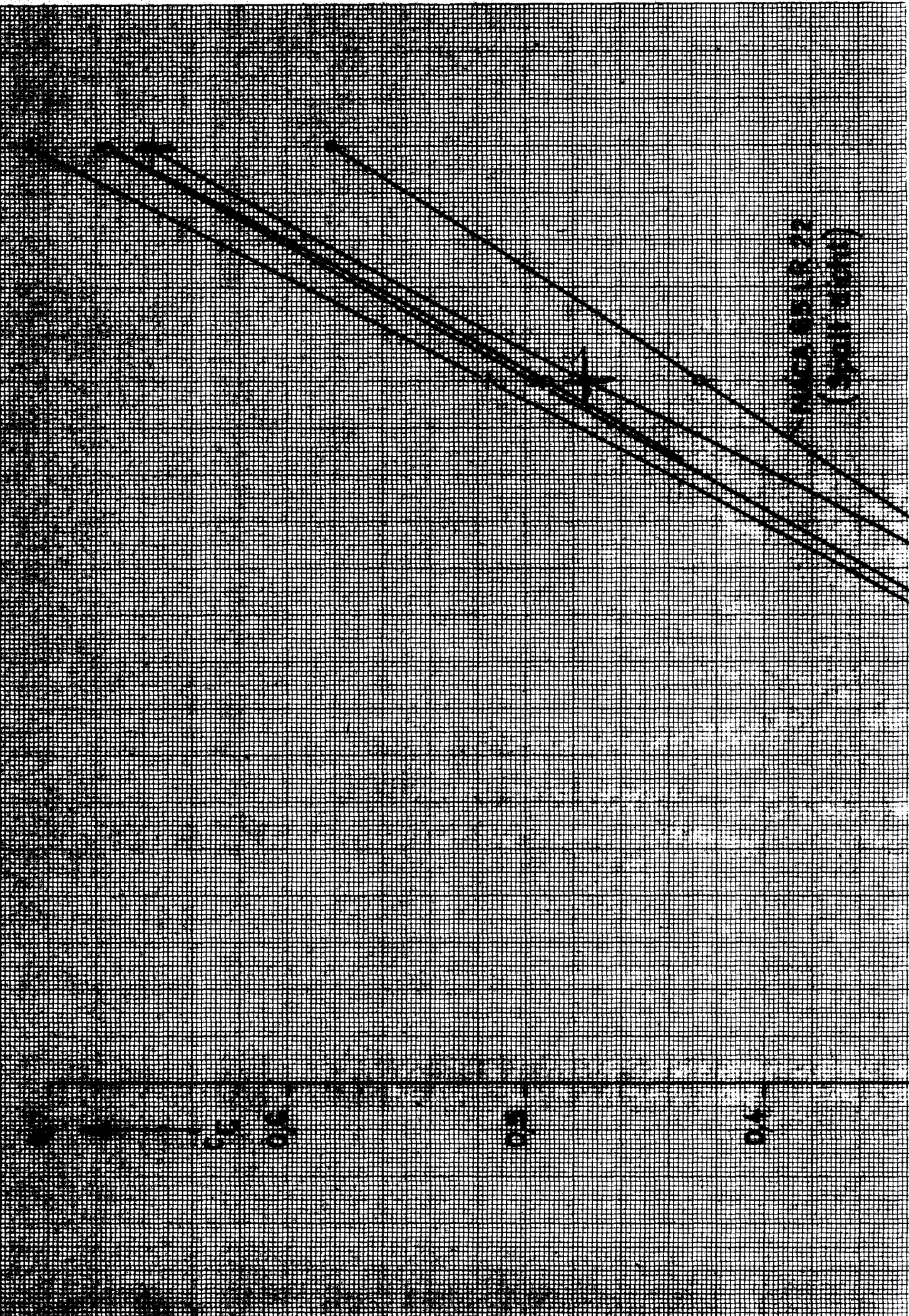


Bild 23 Polaren des



Bugruders JfS 49 BR 15. $\Lambda_R=1$



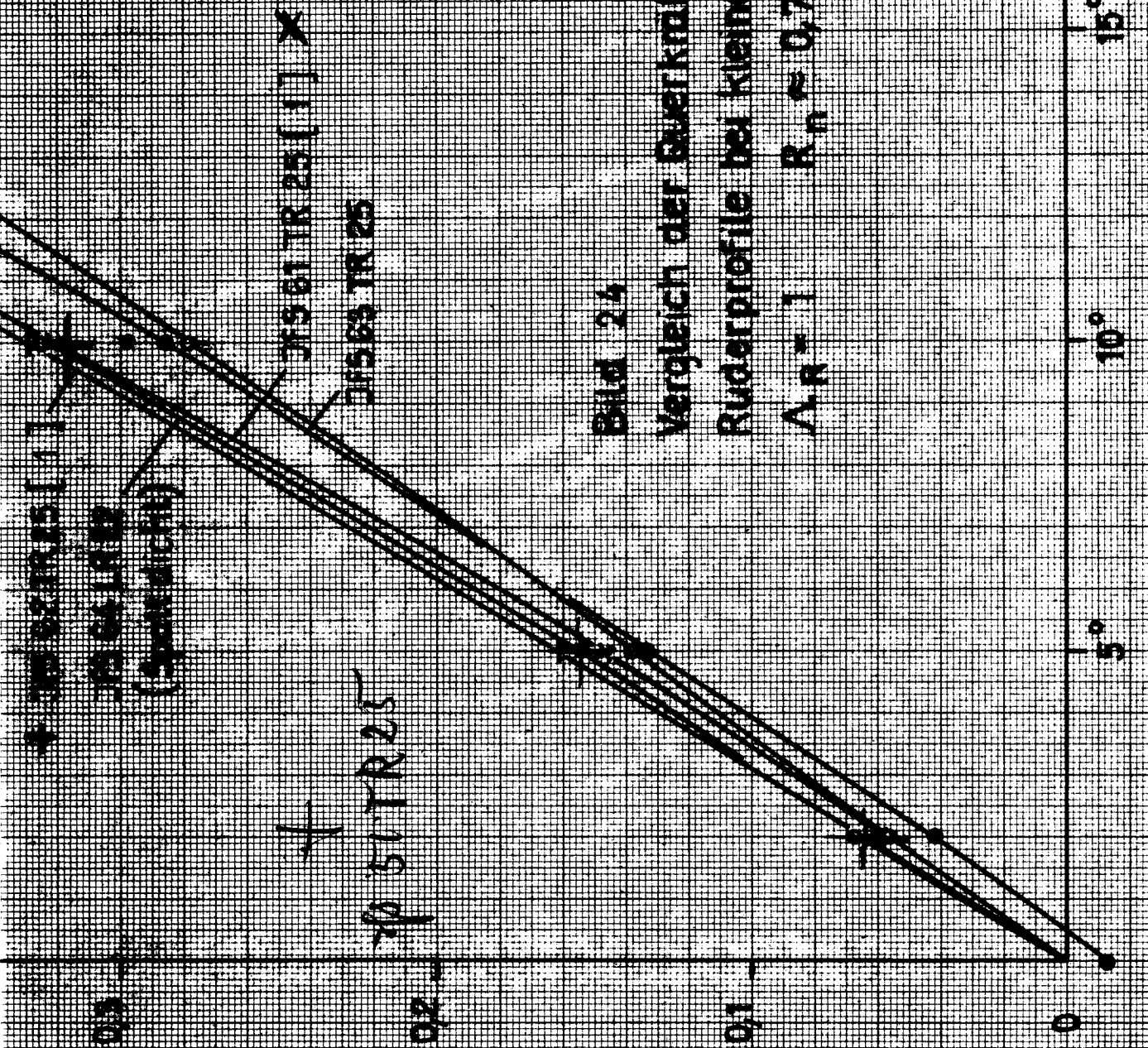
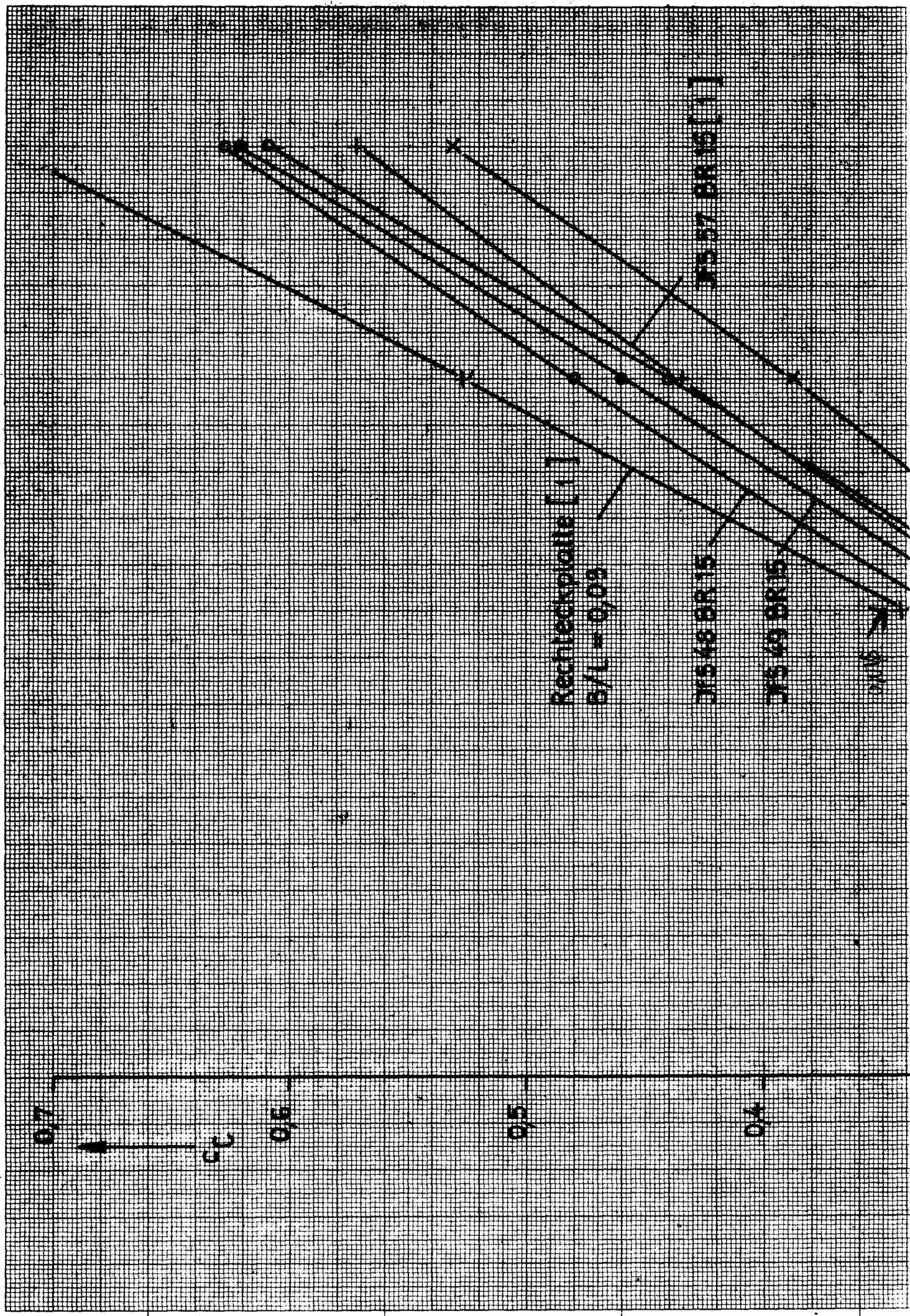
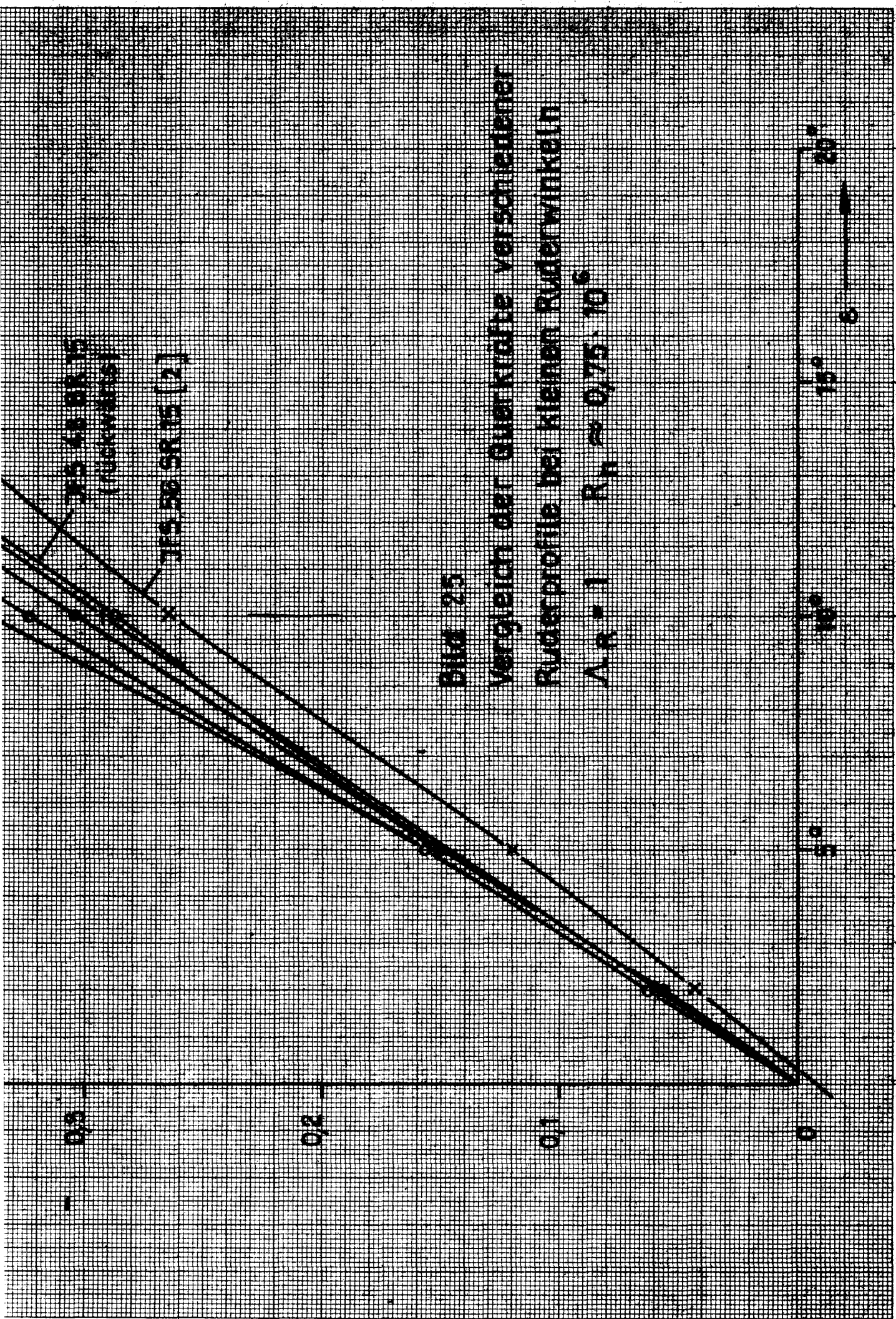


Bild 24

Vergleich der Querschnitte verschiedener
Ruderprofile bei kleinen Ruderwinkeln

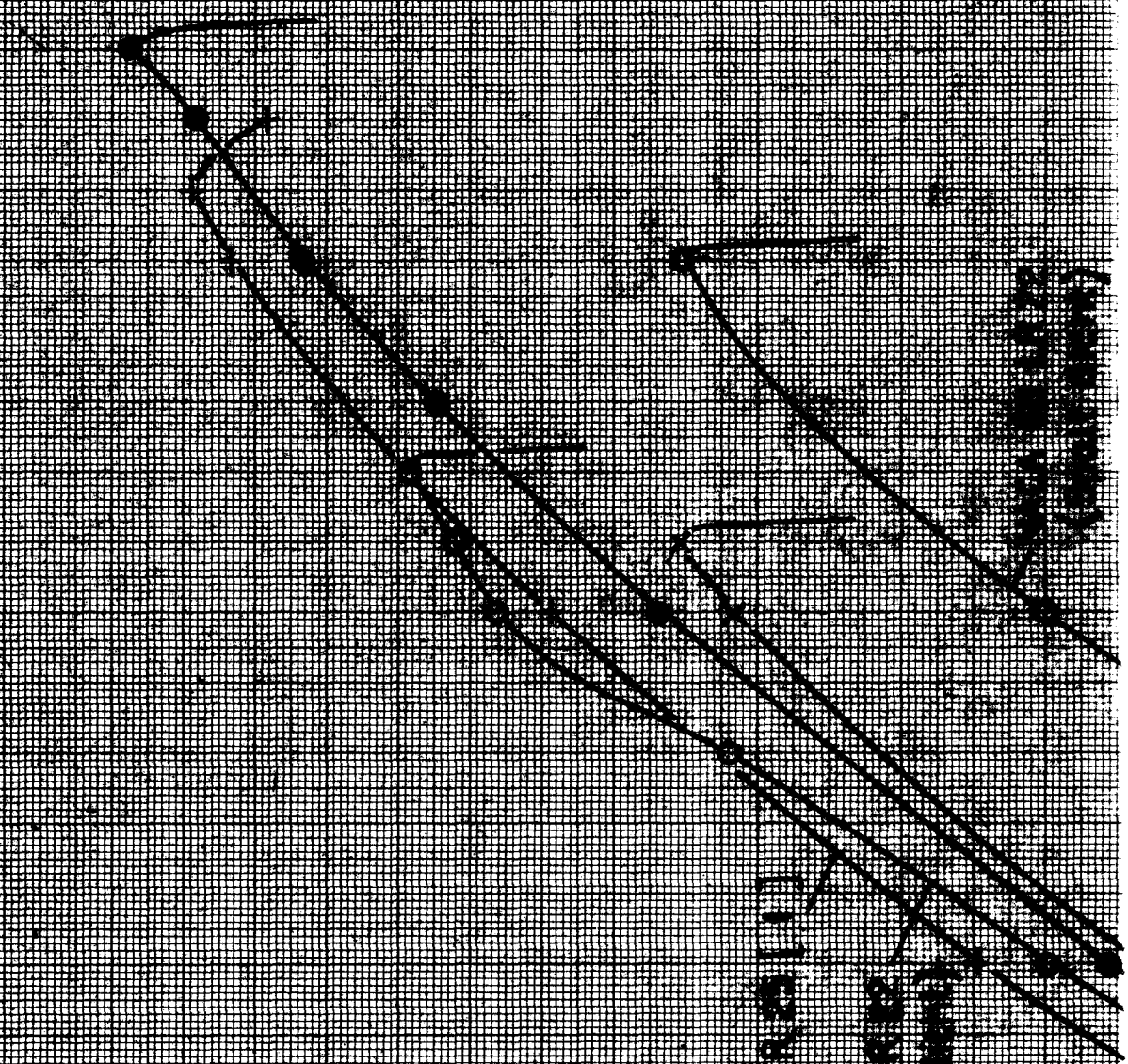
$$\Lambda_R = 1 \quad R_n \approx 0,75 \cdot 10^6$$

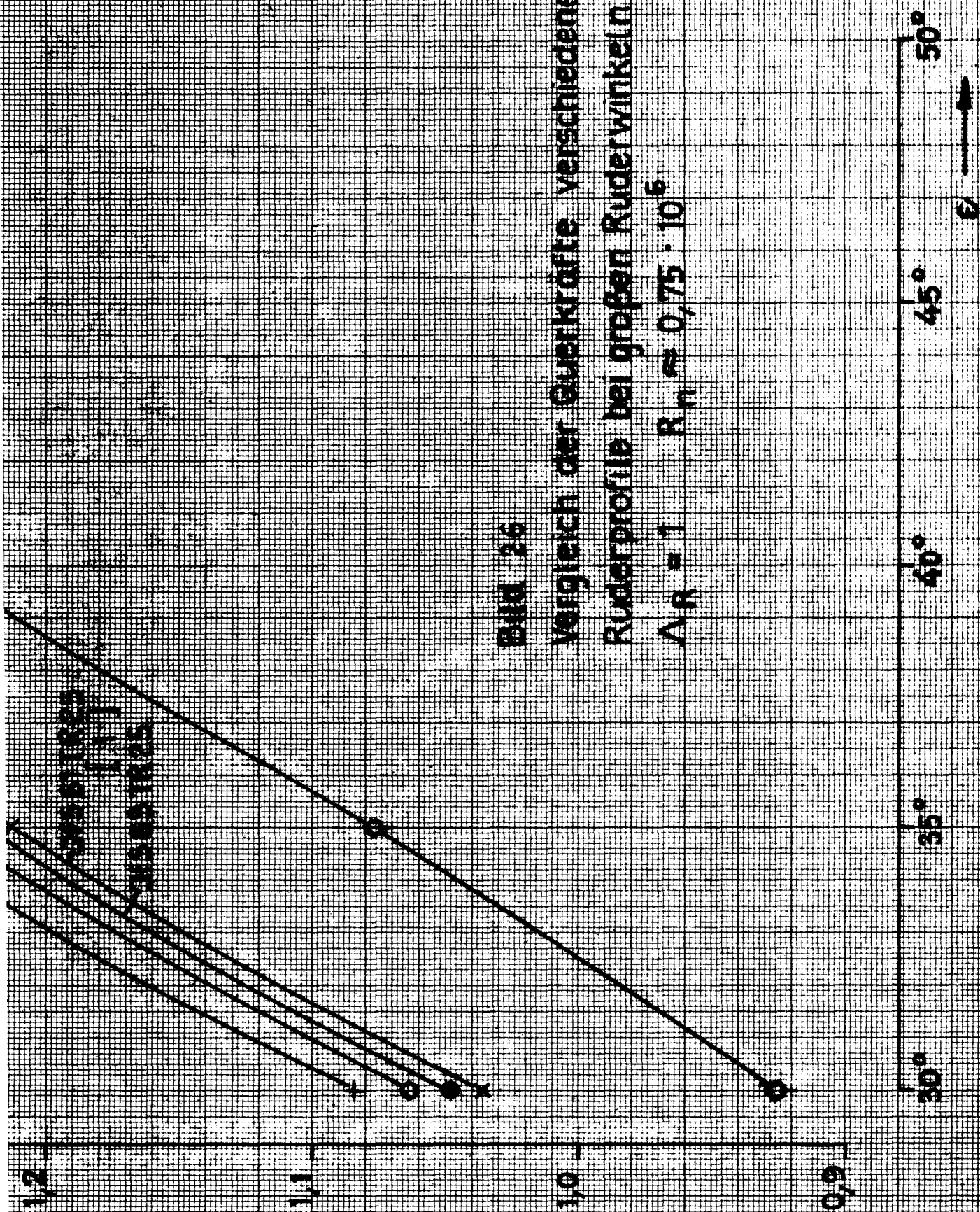




135
130
125
120

115 82 TR 25 (110)
110 84 UC 82
(100 84 UC 82)





1,2
1,1
1,0

c_c

Rechteckplatte [1]
 $b/l = 0,03$

JFS 48 BR 15
(rückwärts)

JFS 49 BR 15

JFS 48 BR 15

JFS 57 BR 15 [1]

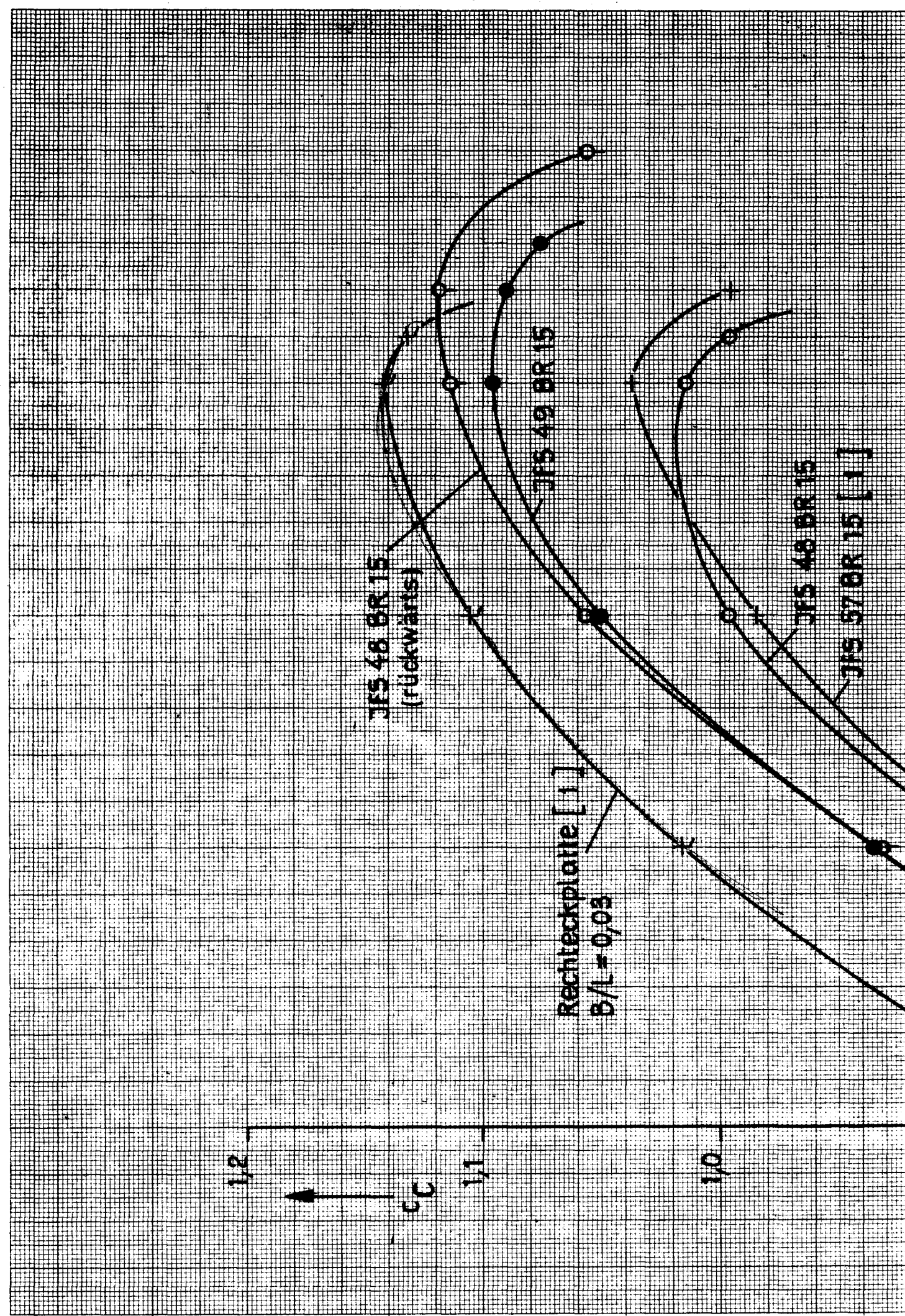
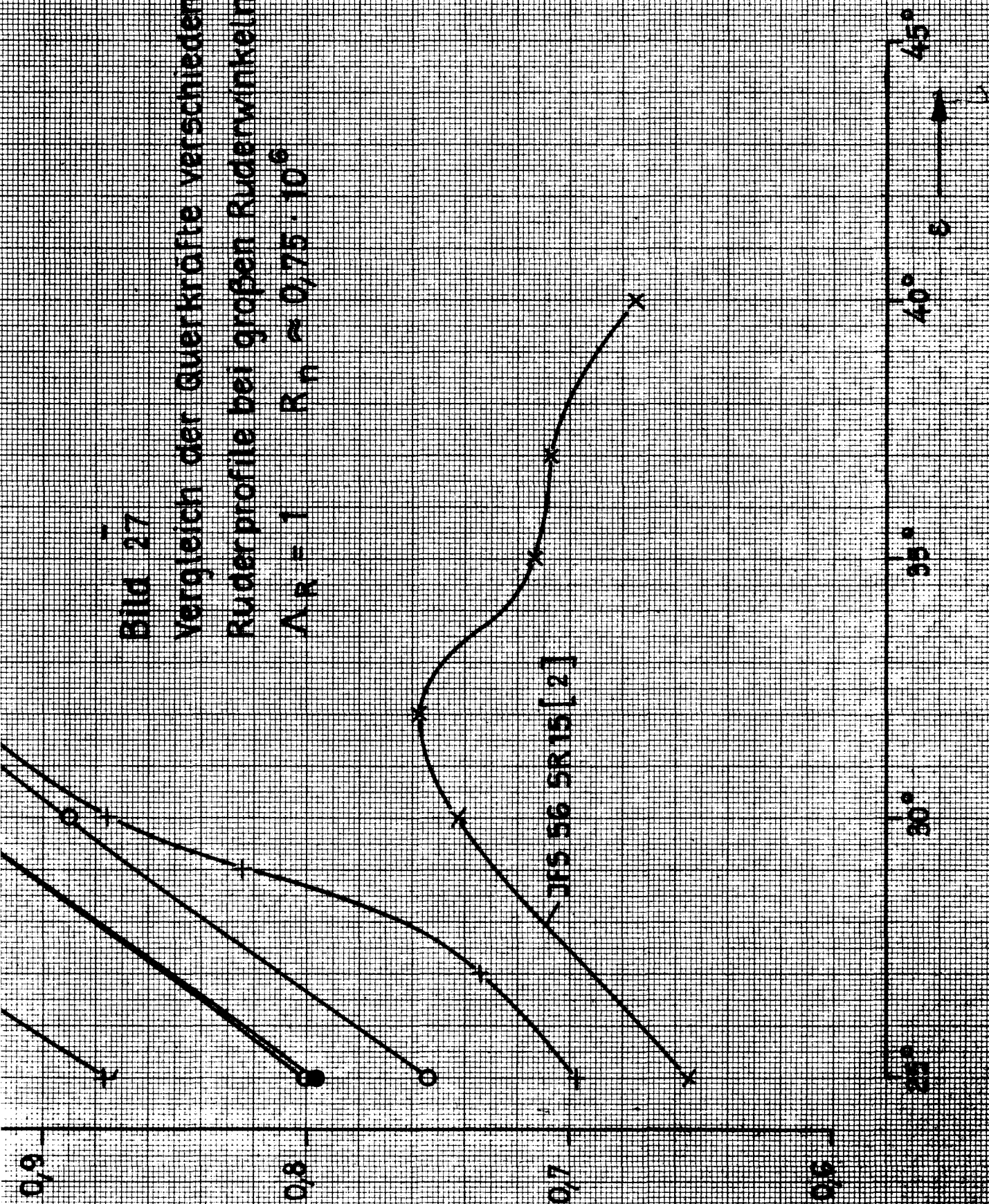


Bild 27

Vergleich der Querkräfte verschiedener
Ruderprofile bei großen Ruderwinkeln

$$\Lambda_R = 1 \quad R_n \approx 0,75 \cdot 10^6$$



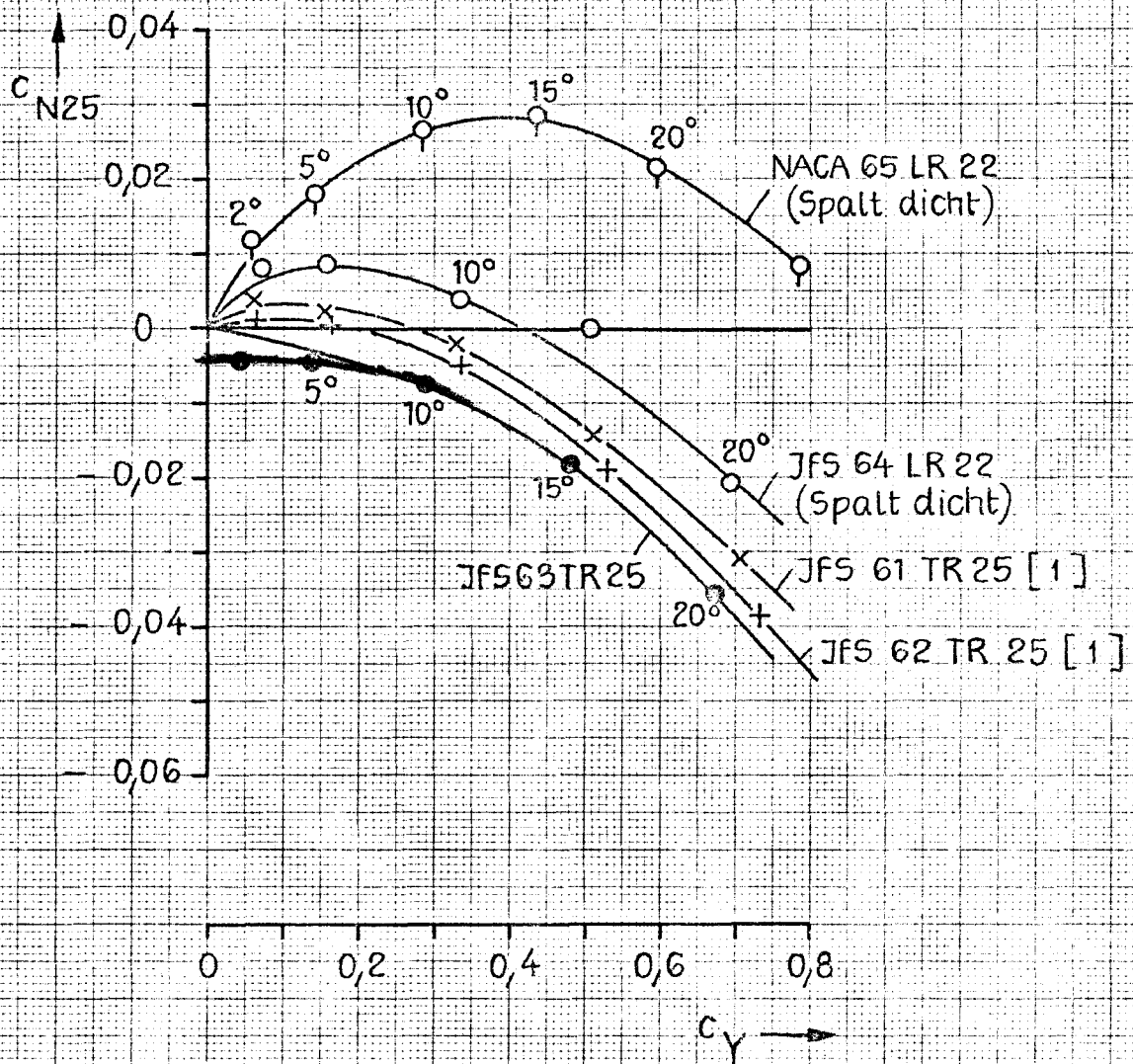


Bild 28

Balancierung verschiedener Ruderprofile
bei 25% Drehachsrücklage und kleinen
Ruderwinkeln

$$\Lambda_R = 1 \quad R_n \approx 0,75 \cdot 10^6$$

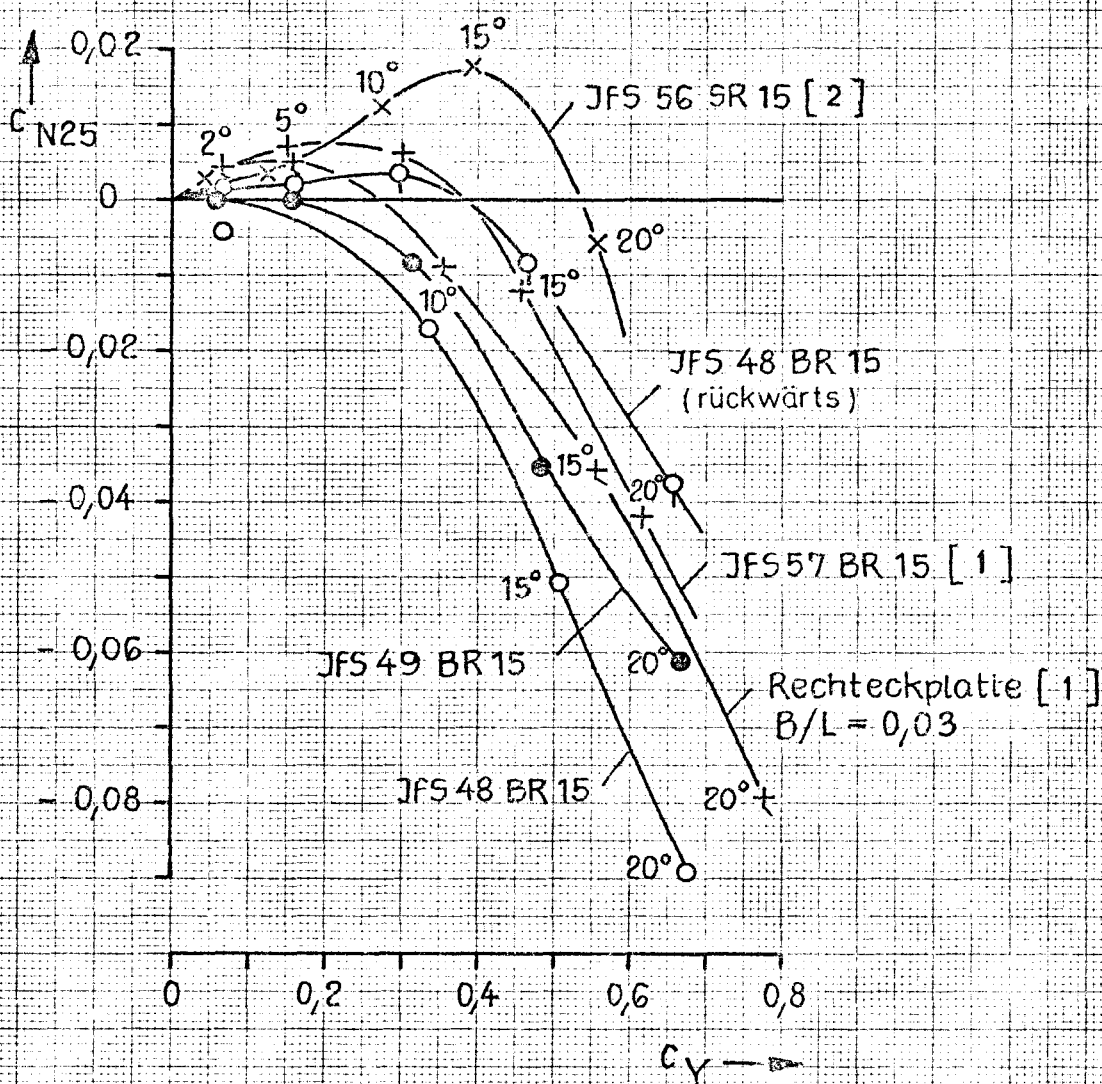


Bild 29

Balancierung verschiedener Ruderprofile
bei 25% Drehachsrücklage und kleinen
Ruderwinkeln

$$\Lambda_R = 1 \quad R_n \approx 0,75 \cdot 10^6$$