


FP 31 9/8

52	 <p>EIDGENÖSSISCHES FLUGZEUGWERK EMMEN</p>	KRIEGSTECHNISCHE ABTEILUNG 10. SEP 1952 No. 51.4
WINDKANAL	+	BERICHT FP 31 9/8
<u>WIDERSTANDSBEIWERTE N-20.20</u> (Ersetzt Bericht FP 31 9/7)		

WIDERSTANDSBEIWERTE N-20.20

(Ersetzt Bericht FP31 9/7)

Uebersicht:

Vorliegender Bericht gibt Aufschluss über die, für die Leistungsrechnungen des Projektes N-20.20 einzusetzenden Widerstandsbeiwerte.

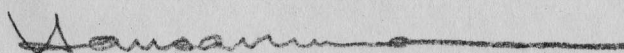
Die zahlenmässigen Grundlagen wurden aus den zahlreichen vorliegenden Untersuchungen der Lösung N-20.10, sowie aus den Messungen mit auf die Variante N-20.20 abgeänderten Modellen gewonnen.

Die Aufwertung der Modellresultate auf die Grossausführung erfolgt unter Berücksichtigung verschiedener, beim wirklichen Flugzeug vorhandenen Verlustquellen.

Inhalt:Blatt:

1. Einleitung	2
2. Modelle und Messungen für Projekte N-20.10 und N-20.20	2
3. Minimalwiderstandsbeiwert c_{w0}	4
4. Polaren	6
5. Beurteilung des Widerstandsanstieges infolge Kompressibilität	7
6. In Leistungsrechnung KMF eingesetzter Minimalwiderstandsverlauf	8
7. Zusammenfassung	9
8. Beilagen	10

Der Abteilungschef:



Der Bearbeiter:



Abschrift:

Ger

bearbeitet:

Lü

geprüft:

Ha

30.8.1952.

1. EINLEITUNG

Zur Bereinigung der Ausgangsdaten für die Arbeiten der Spezialkommission N-20 werden die Angaben der Flugzeugpolaren, auf welchen die Leistungsrechnungen basieren, verlangt. Nachstehend werden die diesbezüglichen Angaben niedergelegt und speziell Aufschluss gegeben über die, diesen Werten zugrunde gelegten

Windkanalmessungen

Die Art der Auswertung auf Flug-Reynolds-Zahlen

sowie die Berücksichtigung der Kompressibilität.

2. MODELLE UND MESSUNGEN FUER PROJEKTE N-20.10 UND N-20.20

Zur Orientierung sind nachstehend die bei der Ausarbeitung der Projekte N-20 durchgemessenen Modelle aufgeführt:

Projekt N-20.10

Nr.	Modell	Masstab	Durchströmung	Verdünnung	Kanal
1	ganzes Modell	1:9	ohne	ohne	kleiner Kanal
2	ganzes Modell	1:3,2	mit	-	grosser Kanal
3	ganzes Modell	1:66,6	ohne	mit	H.G.-Kanal ETH
4	Halbmodell	1:33,3	ohne	mit	H.G.-Kanal ETH
5	Halbmodell	1:2	mit	-	grosser Kanal
6	Halbmodell	1:21	mit	-	Transonic-Kanal
Abschrift: Ger		bearbeitet: Lü		geprüft: Ha	
					30.8.1952.

Modelle und Messungen für
Projekte N-20.10 und N-20.20

FP 31 9/8

Blatt 3

Projekt N-20.20

Nr.	Modell	Masstab	Durchströmung	Verdünnung	Kanal
1a	ganzes Modell	1:9	ohne	ohne	kleiner Kanal
4a	Halbmodell	1:33,3	ohne	ohne	Transonic-Kanal

Die Modelle, die sich ohne grossen Aufwand auf das neue Projekt N-20.20 abändern liessen, waren Nr. 1 - Modell 1:9 für Versuche im kleinen Windkanal und Nr. 4 - das Halbmodell 1:33,3 für Versuche im Transonic-Kanal.

Auf das Holzmodell 1:9 wurden die Flügelstückchen und die beiden Triebwerksgondeln als volle Rotationskörper aufgeleimt ohne Berücksichtigung einer Verdünnung für die fehlende Innendurchströmung.

Das Messingmodell Nr.4 ist zuerst im alten Zustand im Transonic-Kanal untersucht worden, worauf die gleichen Änderungen wie am Modell 1:9, ebenfalls in Holz, vorgenommen wurden.

Im kleinen Windkanal ist mit dem geänderten Modell 1:9 ein normales 3-Komponenten-Programm bei $Re = 1,8 \cdot 10^6$ durchgemessen worden, um die Polaren ohne Kompressibilitätseinfluss, die Lage des Schwerpunktes für das gewünschte Stabilitätsmass und die Höhenruderwirksamkeit zu kennen.

Dasselbe Programm war für die Versuche im Transonic-Kanal vorgesehen. Infolge der hohen Betriebstemperaturen und Staudrücke löste sich jedoch stellenweise die Verleimung und es entstanden Spalte und Wellen. Die mit diesem Modell gemessenen Minimalwiderstände dürfen deshalb als zu hoch eingeschätzt werden. Trotz mehrmaliger Reparatur traten diese Störungen

Abschrift:	bearbeitet:	geprüft:	
Ger	Lü	Ha	30.8.1952.

Modelle und Messungen für
Projekte N-20.10 und N-20.20

FP 31 9/8

Blatt 4

immer wieder auf. Deshalb wurden die Versuche abgebrochen und ein neues Metall-Halbmodell N-20.20 im Masstabe 1:21 mit Durchströmung konstruiert und in Fabrikation gegeben.

3. MINIMALWIDERSTANDSBEIWERTE c_{w_0}

Für die Bestimmung des minimalen Widerstandsbeiwertes der Grossausführung wurde vom Trimmzustand bei $c_a \sim 0$ ausgegangen.

Die Messung am Modell 1a mit stumpfem Gondelheck im kleinen Windkanal ergab bei $Re \sim 1,8 \cdot 10^6$ den Wert

$$\underline{\underline{c_{w_0} = 0,0135}}$$

Bezugsfläche $F = 0,6648 \text{ m}^2$ (entspricht $F = 54 \text{ m}^2$ der Grossausführung).

Der Beiwert des Reibungswiderstandes einer äquivalenten ebenen und glatten Platte beträgt nach Data-Sheets unter Berücksichtigung der örtlichen Reynold'schen Zahl

$$\underline{\underline{c_{w_R} = 0,0109}}$$

entsprechend den Beobachtungen im kleinen Windkanal sind die Umschlagspunkte am Flügel in $0,2 \cdot t$, an Rumpf und Gondeln und Leitwerk $0,1 + 0,15 \cdot t$ eingesetzt.

Der Differenzbetrag $(c_{w_0} - c_{w_R}) = 0,0026$ stellt den Anteil an Form und Interferenzwiderstand dar, sowie die Verluste infolge Ruderspalte und in diesem Fall auch der beiden

Abschrift:

Ger

bearbeitet:

Lü

geprüft:

Ha

30.8.1952.

Minimalwiderstandsbeiwert c_{w_0}

FP 31 9/8

Blatt 5

stumpfen Gondelhecke.

Der durch das stumpfe Gondelheck bedingte Mehrwiderstand konnte auf Grund von Druckmessungen in dieser Zone abgeschätzt werden. Er beträgt

$$\Delta c_{w_{\text{Heck}}} \sim 0,0005$$

Somit ergibt sich als Anteil für Form, Interferenz und Ruderspalte

$$(c_{w_0} - c_{w_R} - \Delta c_{w_{\text{Heck}}}) = \Delta c_w = 0,0021$$

Aufwertung auf Grossausführung:

Bei der Aufwertung sind zu berücksichtigen:

Uebergang auf grosse Reynold'sche Zahl

Oberflächengüte \rightarrow Rauhigkeit, Welligkeit

Störung der Strömung durch Abdeckungen, Spalte, Kanten und Undichtheiten der Oberfläche.

Es ergibt sich für N-20.20 unter Berücksichtigung obiger Einflüsse folgende Widerstandsbilanz für $Re \sim 50 \cdot 10^6$

($H = 0$ m CINA, $v \sim 500$ km/h):

Reibungswiderstand glatt, Umschlag überall $0 + 5\% t$	0,00658
Rauhigkeitszuschlag für $l/k = 12 + 15 \cdot 10^4$ (Data Sheets) $\sim 18,5\%$ (äquivalente Korngrösse ca. $0,03 - 0,04$ mm)	0,00122
Widerstandsanteil für Form, Interferenz und Ruderspalte	0,00210
	<hr/>
	0,00990
10 % Zuschlag für Undichtheiten, Uebergänge, Abdeckungen	0,00099
	<hr/>

Abschrift:

Ger

bearbeitet:

Lü

geprüft:

Ha

30.8.1952.

Minimalwiderstandsbeiwert c_{w_0}

FP 31 9/8

Blatt 6

$$c_{w_0} = 0,01089$$

Dieser Betrag gilt im Reynoldsbereich $30 \cdot 10^6 \leq Re \leq 50 \cdot 10^6$
(entsprechend dem c_w - Verlauf der rauhen Platte)

Der ersten Leistungsrechnung zugrunde gelegt, ist der Wert

$$c_{w_0} = 0,0115$$

Die gegenüber dem Bilanzwert in den Rechnungen eingesetzte
Reserve beträgt somit

$$\underline{\underline{5,6 \%}}$$

was einem angemessenen Sicherheitszuschlag entspricht.

4. POLAREN

Der Einfluss von Anstellwinkel und Kompressibilität auf den Widerstandsbeiwert wird den Messungen des kleinen Windkanals, sowie des Transonic-Kanals entnommen.

Der Widerstandsbeiwert eines Polarenpunktes kann aufgeteilt werden entsprechend

$$\underline{\underline{c_w = c_{w_0} + \Delta c_w(\alpha; M)}}$$

Im Betrag $\Delta c_w(\alpha; M)$ ist der induzierte Widerstand, sowie der Kompressibilitätseinfluss mitenthalten.

Abschrift:

Ger

bearbeitet:

Lj

geprüft:

Ha

30.8.1952.

Polaren

FP 31 9/8

Blatt 7

Die aus den Modellversuchen ermittelten $\Delta c_w(\alpha; M)$ -Kurven sind in Beilage 1 aufgetragen.

Mit dem unter 3. ermittelten c_{w0} -Wert in obiger Beziehung verwendet, ergeben sich für den Reynoldsbereich $30 \cdot 10^6 \leq Re \leq 50 \cdot 10^6$ die in Beilage 2 eingetragenen Polaren.

5. BEURTEILUNG DES WIDERSTANDSANSTIEGES INFOLGE KOMPRESSIBILITÄT

Wie verschiedentlich angetönt wurde, wird vermutet, dass die Lösung N-20.20 mit den Triebwerksgondeln beidseitig des Rumpfes einen frühzeitigen und starken Kompressibilitätsanstieg aufweisen wird und ein weiteres Hineinziehen der Gondeln in den Rumpf notwendig sein dürfte.

Eine Möglichkeit der Beurteilung dieser Frage ist gegeben durch Vergleich des Widerstandsanstieges für das Modell N-20.10 (Nr.4) mit N-20.20 (Nr.4a).

N-20.10 stellt eigentlich den Extremfall der vollkommen verschwundenen Triebwerksgondeln dar. Ferner ist zu erwähnen, dass bei diesem Modell der Innenflügel entsprechend der Innendurchströmung verdünnt ist, während beim Modell N-20.20 absichtlich keine Verdünnung vorgesehen wurde.

Diese Gegenüberstellung ist in Beilage 3 enthalten. Es ist deutlich ersichtlich, dass die Triebwerksanordnung des N-20.20 den Widerstandsanstieg nicht wesentlich ungünstiger gestaltet und dass praktisch durch Einrücken der Triebwerke

Abschrift:

Ger

bearbeitet:

Lü

geprüft:

Ha

30.8.1952.

Beurteilung der Widerstandsanstieges infolge
Kompressibilität

FP 31 9/8
Blatt 8

in den Rumpf in dieser Hinsicht nicht mehr viel gewonnen werden kann. Die Differenz der beiden Kurven wäre noch geringer, wenn beim N-20.20 ebenfalls die Verdünnung berücksichtigt worden wäre.

6. IN LEISTUNGSRECHNUNG KMF EINGESETZTER MINIMALWIDERSTANDSVERLAUF

Um ein Mass zu erhalten, wie die seinerzeit der KMF (13./14.3.1952) vorgelegten Leistungsangaben des Projektes N-20.20 durch die nun vorliegenden genaueren Widerstandsdaten beeinflusst werden, sind vergleichsweise die seinerzeit eingesetzte und die auf den letzten Messungen basierende Minimalwiderstandskurve in Abhängigkeit der Machzahl in Beilage 4 aufgetragen.

Man sieht daraus, dass für die Leistungsrechnung der KMF innerhalb des in Frage kommenden Flugleistungsbereiches bis $M = 0,9$ mit sicheren Werten gerechnet wurde. Es dürfen also eher bessere Werte als die angegebenen erwartet werden, besonders wenn noch die zu erwartende Verbesserung der durchströmten Triebwerksgondeln berücksichtigt werden kann.

Bei der Beurteilung der Ueberschneidung der beiden Kurven oberhalb $M = 0,9$ muss berücksichtigt werden, dass die Kurve "Leistungsrechnung KMF" auf Grund der Messungen im Hochgeschwindigkeitskanal der ETH gewonnen wurde. Da es sich dort um einen geschlossenen Messtrahl handelte und Blockierungseffekte schon bei relativ niedriger Machzahl auftraten, war man gezwungen, eine Machzahl-Aufwertung vorzunehmen (nach Mittei-

Abschrift:

Ger

bearbeitet:

Lji

geprüft:

Ha

30.8.1952.

In Leistungsrechnung KMF eingesetzter
Minimalwiderstandsverlauf

FP 31 9/8
Blatt 9

lung Nr. 14 aus dem Institut für Aerodynamik der ETH)

Es scheint nun, dass diese Machzahlkorrektur die Verhältnisse überschätzt.

7. ZUSAMMENFASSUNG

Die Ergebnisse dieses Berichtes können wie folgt kurz zusammengefasst werden:

- Der Minimalwiderstandsbeiwert des N-20.20 beträgt unter Berücksichtigung der Oberflächengüte und Einflüssen durch Undichtheiten etc. im Reynoldszahlbereich $30 \cdot 10^6 \leq Re \leq 50 \cdot 10^6$

$$c_{w_0} = 0,0115$$

In diesem Betrag ist ein Sicherheitszuschlag von nur 5,6 % enthalten.

- Die sich aus den heute vorliegenden Messungen ergebenden minimalen Widerstandswerte liegen im ganzen Flugleistungsbereich unterhalb den seinerzeit für die Leistungsrechnung KMF eingesetzten Ausgangsdaten.

- Die gewählte Gondelanordnung darf in Bezug auf den kompressiblen Widerstandsanstieg nicht als ungünstig bezeichnet werden. Durch ein weiteres Zusammenrücken der Triebwerks-gondeln ist auf Grund des vorliegenden Vergleichs nur noch eine geringfügige Verbesserung zu erwarten.

Abschrift:

Ger

bearbeitet:

Lü

geprüft:

Ha

30.8.1952.

- Auf Grund der heute vorliegenden Messungen im Transonic-Kanal scheinen die seinerzeit an den Messungen im Hochgeschwindigkeitskanal der ETH durchgeführten Machzahl-Aufwertungen (nach Mitteilung Nr.14 aus dem Institut für Aerodynamik ETH) auf zu günstige Verhältnisse zu führen.

8. BEILAGEN

- Beilage 1 c_w -Anstieg infolge Anstellwinkel und Kompressibilität $c_a = f(\Delta c_w(\alpha; M))$
- Beilage 2 Schnellflug-Polaren N-20.20 $c_a = f(c_w; M)$
- Beilage 3 Kompressibler Widerstandsanstieg $\Delta c_w = f(M)$
- Beilage 4 Minimalwiderstand N-20.20 $c_{w_{\min}} = f(M)$

Abschrift:

Ger

bearbeitet:

Lü

geprüft:

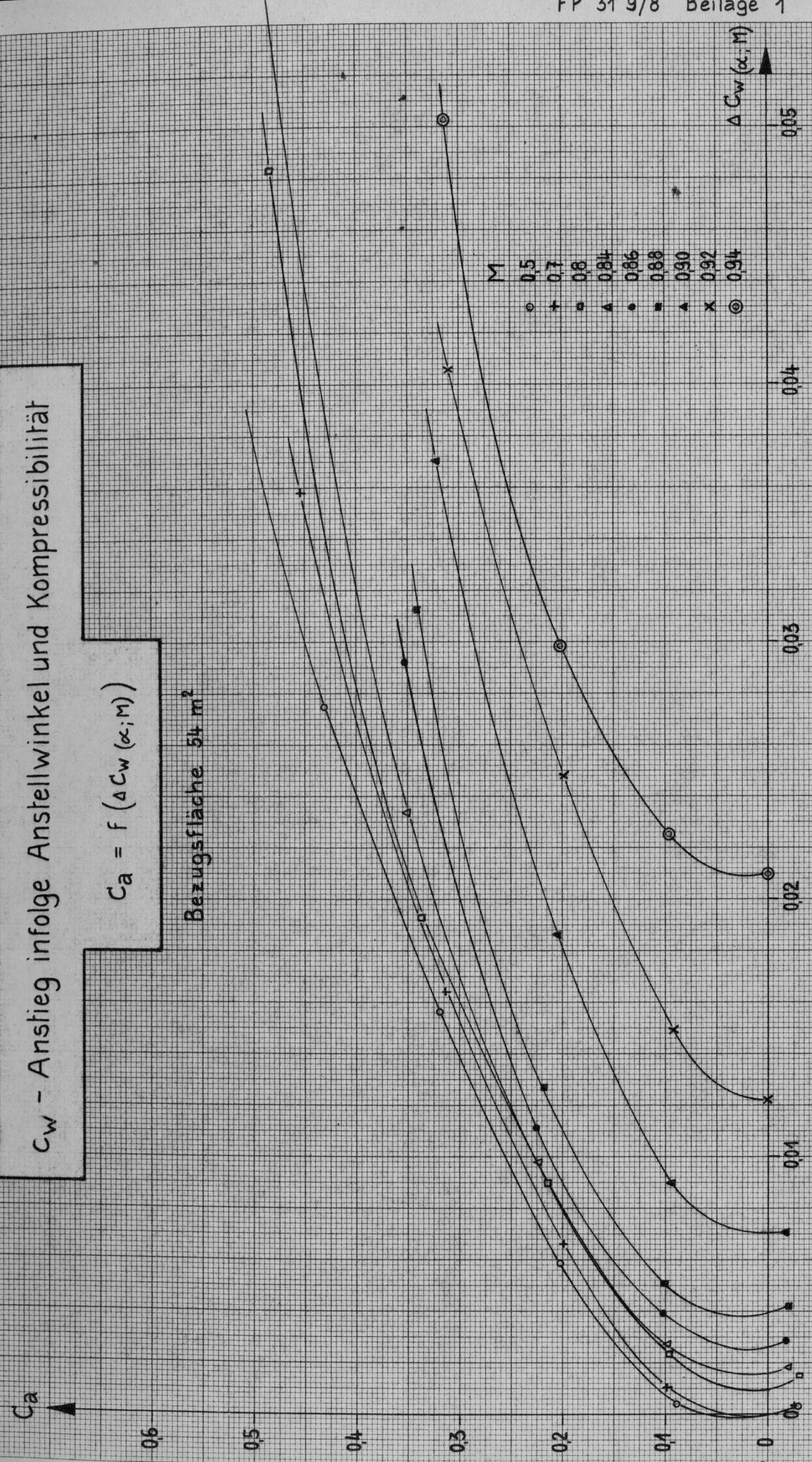
Ha

30.8.1952.

C_w - Anstieg infolge Anstellwinkel und Kompressibilität

$$C_a = f(\Delta C_w(\alpha, M))$$

Bezugsfläche 54 m²

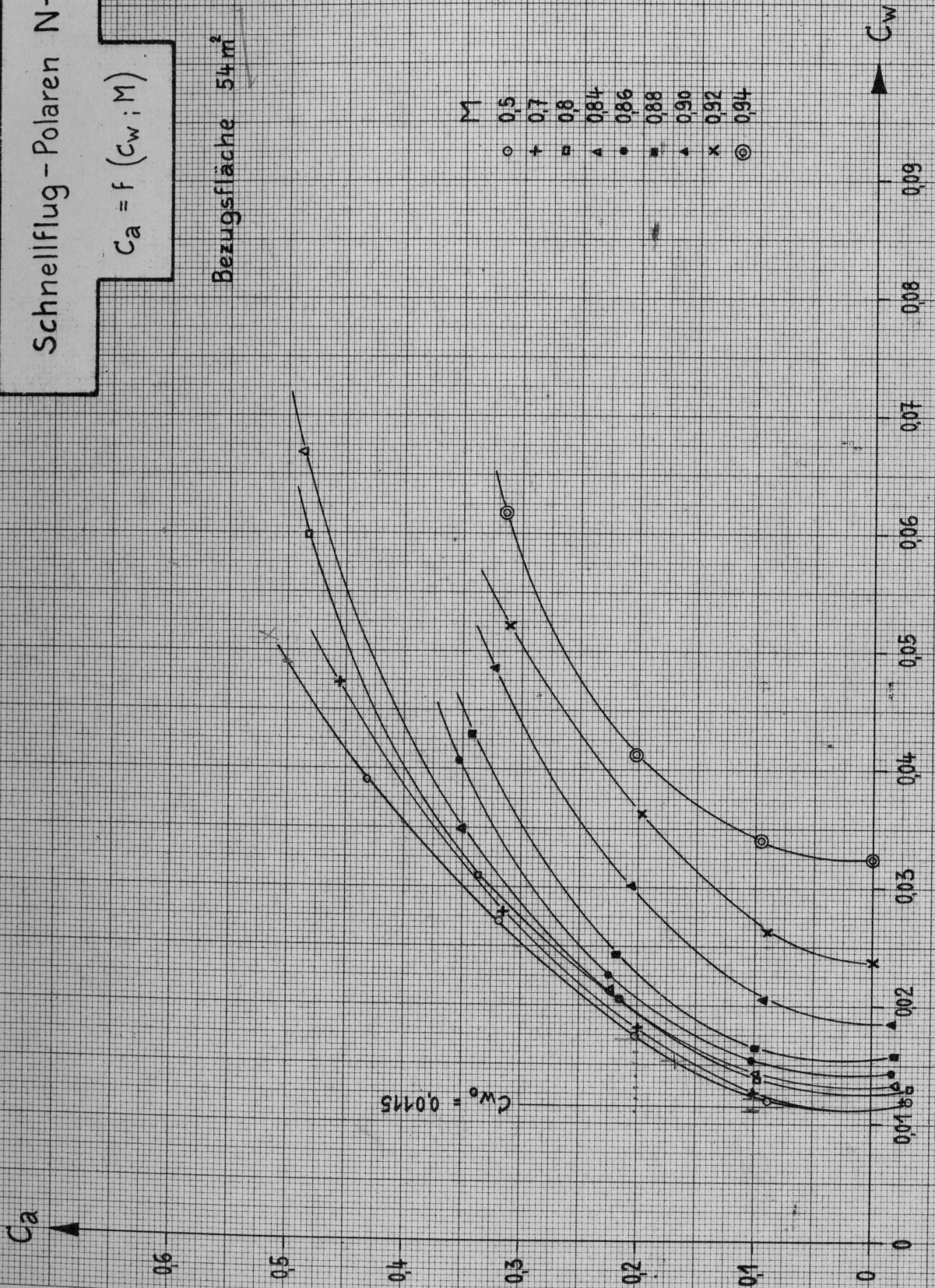


Schnellflug - Polaren N-20.20

$$C_a = f(c_w; M)$$

Bezugsfläche 54 m^2

- M
- 0,5
 - + 0,7
 - 0,8
 - △ 0,84
 - 0,86
 - 0,88
 - ▲ 0,90
 - × 0,92
 - ⊙ 0,94



$C_{w0} = 0.0175$

Kompressibler Widerstandsanstieg

$$\Delta C_{w_0} = f(M)$$

Bezugsfläche 54 m²

- N-20.10 mit Innenflügelverdünnung
- - - N-20.20 ohne Verdünnung der Triebwerksgondeln

