

Einfluss der sich drehenden Luftschrauben-
nabe auf die Reibungsschicht am Einlauf eines Ringkühlers.

Uebersicht:

Im Zusammenhang mit Problemen des Ringkühlerbaus interessiert die Frage, ob die sich drehende Luftschraubennabe die Entwicklung der Reibungsschicht am Kühlereinlauf beeinflusst (z.B. zu Strömungsablösung führt) und dadurch den Luftdurchsatz des Kühlers entscheidend ändert. Diese Frage wurde durch Reibungsschicht-Messungen an einem im Interesse schneller Versuchsdurchführung stark vereinfachten Versuchsmodell geklärt.

Gliederung:

- I. Aufgabenstellung
- II. Versuchsaufbau- und Durchführung
- III. Ergebnisse
- IV. Zusammenfassung
- V. Schrifttum.

Der Bericht umfasst:

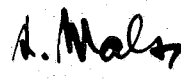
12 Seiten mit
10 Bildern.

Aerodynamische Versuchsanstalt Göttingen e.V.
Institut Windkanäle

Der Institutsleiter:


(R. Seiferth)

Bearbeiter:


(A. Walz)

gesehen:


(A. Betz)

Göttingen, den 10. September 1943.

Bericht Nr. 43/W/44

**Deutsche
Forschungsanstalt
für Luft-
und Raumfahrt e. V.**
Hist. Archiv
Bunsenstraße 10
3400 Göttingen

I. Aufgabenstellung.

Bei der Planung von Ringkühlern, die um den vorderen Teil der Motorgondel angeordnet sind, tauchte die Frage auf, ob die vor dem Kühlereinlauf liegende Luftschraubennabe eine Verschlechterung der Strömung am Kühlereinlauf bewirken kann. Ein ungünstiger Einfluss dieser Art geht ohne Zweifel von dem verhältnismässig dicken, leicht örtliche Strömungsablösung bewirkenden Fuss der Schraubenblätter aus.

Ausserdem ist aber noch ein Einfluss durch die glatte/drehende Nabe allein zu erwarten, da das an der Nabe entstandene Reibungsschichtmaterial mit einer radial gerichteten Impulskomponente in die Reibungsschicht des dahinter liegenden Kühlereinlaufs einströmt. Ob sich hieraus eine ins Gewicht fallende Verschlechterung oder (infolge Energiezufuhr durch die Nabendrehung) eine Verbesserung der Strömungsverhältnisse am Kühlereinlauf ergibt, lässt sich nicht von vorneherein entscheiden.

Es musste daher versucht werden, diese Frage durch Messungen zu klären.

II. Versuchsaufbau.

Durch die Beschränkung auf die Frage nach dem Einfluss der drehenden Nabe ohne Schraubenblätter wurde ein verhältnismässig einfacher Versuchsaufbau möglich.

Ein rotationssymmetrischer Gondelkörper von etwa 1 m Länge und 0,28 m Durchmesser an der dicksten Stelle, Bild 1 ist an einem profilierten Stiel in der Meßstrecke des Windkanals (KWI - Kanal, Düsenabmessungen: $1 \times 0,75 \text{ m}^2$) aufgehängt und raumfest verstrebt. Die Nabe wird regelbar über ein Uebersetzungsgetriebe von einem kleinen Motor angetrieben. Zur Nachahmung des durch den Ringkühler bewirkten Druckanstieges kann wahlweise ein siebförmig gelochter Spreizring etwa an der dicksten Stelle des Gondelkörpers angebracht werden. Für die Druckverteilungsmessung sind in dem Gebiet, das ungefähr dem Kühler einlauf entspricht (Bereich A bis C in Bild 1), Druckbohrungen vorgesehen.

Um den Zustand der Reibungsschicht in diesem Gebiet festzustellen, wurden an den aus Bild 1 ersichtlichen Stellen (B und C) Reibungsschichtmessungen mit einem Gesamtdruckröhrchen vorgesehen. Dieses hatte einen Aussendurchmesser von 0,6 mm und war an einem Schlitten befestigt, der auf einer modellfesten, gezahnten Säule mit einem stark übersetzten, spielfreien Zahnradgetriebe senkrecht zur Modelloberfläche bewegt werden konnte.

Da die zu erwartenden Einflüsse der ^{sich} drehenden Nabe auf die Reibungsschicht des Gondelkörpers auch von der Naben- und Gondelform abhängen können, wurden zwei verschiedene Formen, Bild 1, vorgesehen. Die von D. K ü c h e m a n n vorgeschlagene Form 1 ist als rotationssymmetrischer Halbkörper (ohne Kühler) potentialtheoretisch druckanstiegsfrei, während die unregelmässigere, aber bisher aus baulichen Gründen bevorzugte Form 2 beträchtliche Druckanstiege aufweist und damit bei einem zusätzlichen, durch den Ringkühler bedingten Druckanstieg oder bei sonstigen Störeinflüssen leichter ablösungsfällig sein wird.

Die grösste verfügbare Windgeschwindigkeit des Kanals war $U_{\infty} = 40$ m/sec. Auf den grössten Durchmesser D der drehenden Nabe bezogen, ergab dies etwa eine Re-Zahl $\frac{0,20 \cdot 40}{15} 10^6 = 0,6 \cdot 10^6$. Mit den Nabendrehzahlen 0,1500; 2250 und 3000 U/min konnten etwa die Fortschrittsgrade $\lambda = \frac{60 U_{\infty}}{\pi D n} = \infty; 2,5; 1,87$ und 1,25 (bezogen auf die Umfangsgeschwindigkeit der Nabe) erreicht werden, die den praktisch hauptsächlich interessierenden λ - Bereich überdecken.

III. Ergebnisse.

Die Bilder 3 bis 10 zeigen die bei Form 1 und 2 an den Stellen B und C (Bild 1) gemessenen Geschwindigkeitsverteilungen in der (hier stets turbulenten) Reibungsschicht ohne und mit Spreizring bei verschiedenen Fortschrittsgraden λ . (Der Uebersicht halber sind in der Regel nur die Messpunkte für $\lambda = \infty$ und 1,25 eingezeichnet. Die bei den Zwischenwerten von λ gemessenen Geschwindigkeitsprofile ordnen sich ungefähr zwischen diese beiden Geschwindigkeitsprofile ein). Die zugehörigen Druckverteilungen sind in Bild 2 wiedergegeben.

In den Bildern 3 bis 10 sind noch die Kenngrößen der Geschwindigkeitsprofile

$$\delta^* = \int_0^{\infty} \left(1 - \frac{u}{U}\right) dy \quad (\text{Verdrängungsdicke})$$

$$\vartheta = \int_0^{\infty} \frac{u}{U} \left(1 - \frac{u}{U}\right) dy \quad (\text{Impulsverlustdicke})$$

$$\eta = 1 - \left(\frac{u}{U}\right)^2_{y=\vartheta} \quad (\text{Gruschwitzscher Formparameter})$$

eingetragen.

Als wesentliches Ergebnis dieser Messungen ist hervorzuheben, dass die Drehung der Nabe offenbar keinen nennenswerten Einfluss auf die Entwicklung der Reibungsschicht an der in Strömungsrichtung anschliessenden Gondeloberfläche ausübt. Bei Geschwindigkeitsprofilen mit Ablösungscharakter ($\eta > 0,8$), wie sie bei den Messungen mit dem als Ersatz für den Kühler gedachten Spreizring auftraten, Bild 6 und 10, geht diese Wirkung im Sinne einer Verringerung der Ablösegefahr, bei den übrigen Geschwindigkeitsprofilen, Bild 3 bis 5 und 7 bis 9, wirkt sie teils verschlechternd (Bild 3 bis 5, Form 2), teils verbessernd (Bild 7 bis 9, Form 1).

Bemerkenswert ist, dass bei Form 2 mit Spreizring, d.h. bei zusätzlichem Druckanstieg (Bild 2), an der Messstelle C Ablösung, gekennzeichnet durch einen Wert $\eta \approx 1,0$ eintritt (Bild 10), während bei Form 1 mit etwa gleich grossem zusätzlichem Druckanstieg noch keine Ablösung festzustellen ist. Man darf hieraus schliessen, dass Form 1 als Nabenform eines Ringkühlers der Form 2 überlegen ist, sofern nicht konstruktive Gründe für Form 2 sprechen.

IV. Zusammenfassung.

An einem stark vereinfachten Modell einer Luftschraubennabe ohne Luftschraubenblätter mit Ringkühler wurde der Einfluss der Nabendrehung und der Nabenform auf die Reibungsschicht

im Einlaufgebiet des Ringkühlers durch Reibungsschichtmessungen untersucht. Es zeigte sich, dass dieser Einfluss, unabhängig von der Form der Nabe, nur gering ist und damit nicht als Ursache für eine Verschlechterung des Luftdurchsatzes durch den Ringkühler in Betracht kommen kann. Teilweise, vor allem bei Geschwindigkeitsprofilen mit Ablösungscharakter, wie sie im Kühlereinlauf infolge Durchflussdrosselung aufzutreten pflegen, deutet sich sogar eine Verbesserung der Strömung durch die Nahendrehung an.

V. Schrifttum.

- [1] D. K ü c h e m a n n und J. W e b e r , Ueber die Strömung an ringförmigen Verkleidungen - FB 1236 Teil 1 bis 4 (1940/41).
- [2] D. K ü c h e m a n n und J. W e b e r , Das Einlaufproblem bei Triebwerksverkleidungen, AVA- Bericht Nr. 42/A/19 (20.12.42).
- [3] J. W e b e r , Näherungsweise Bestimmung der optimalen Nabenformen für Trommelkühler - AVA - Bericht Nr. 43/A/03 (16.3.43).

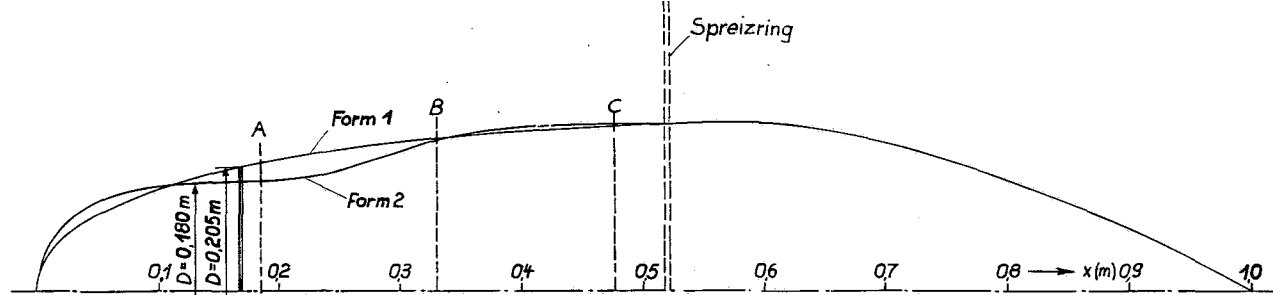


Bild 1: Die untersuchten zwei Nabenformen mit rotations symmetrischem Gondelkörper.

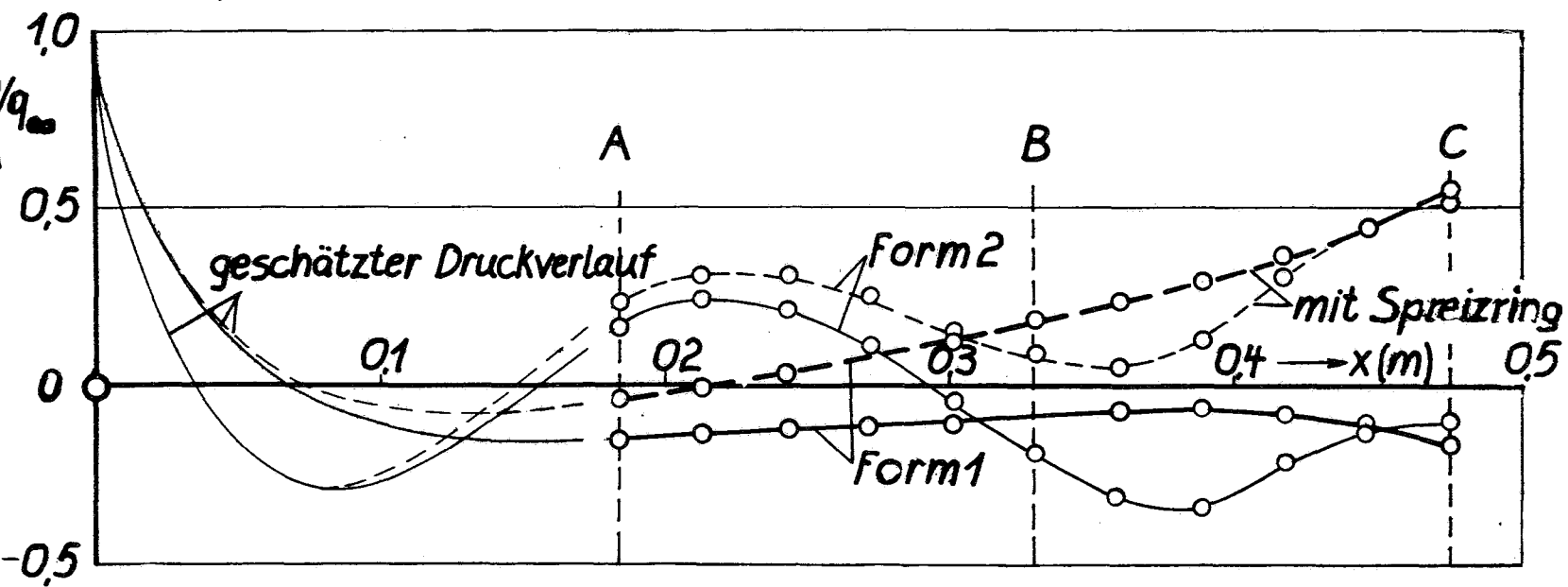


Bild 2: Gemessene Druckverteilungen der beiden Nabenformen 1 und 2 ohne und mit Spreizring.

Bild 3 bis 10: Geschwindigkeitsverteilungen in der (turbulenten) Reibungsschicht an den Meßstellen B und C (Bild 1) der Nabenform 1 und 2 bei verschiedenen Druckanstiegen und Fortschrittsgraden λ .

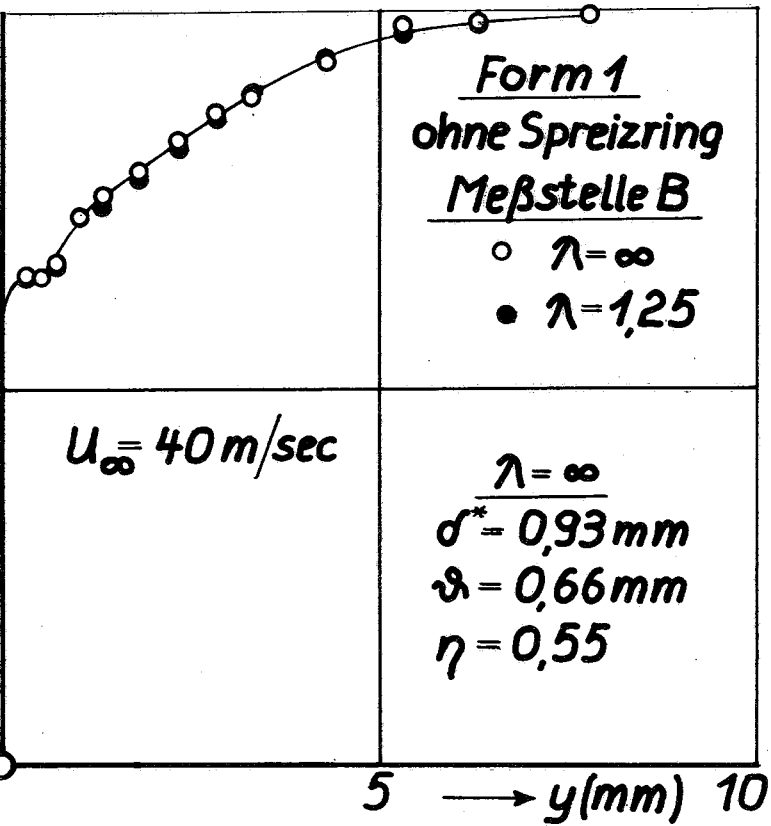


Bild 3

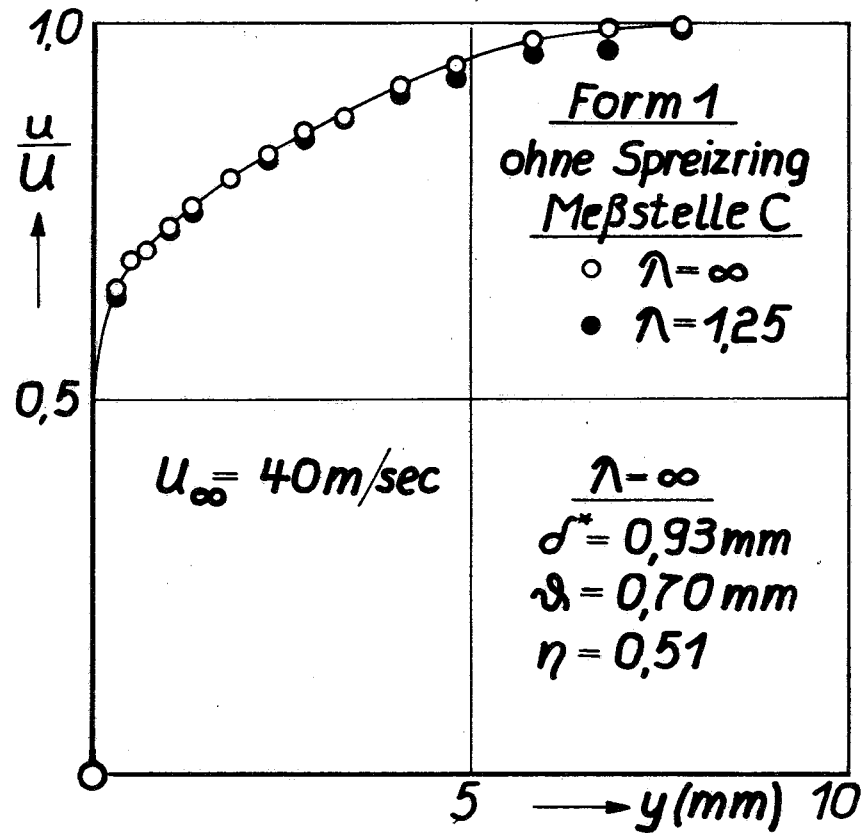


Bild 4

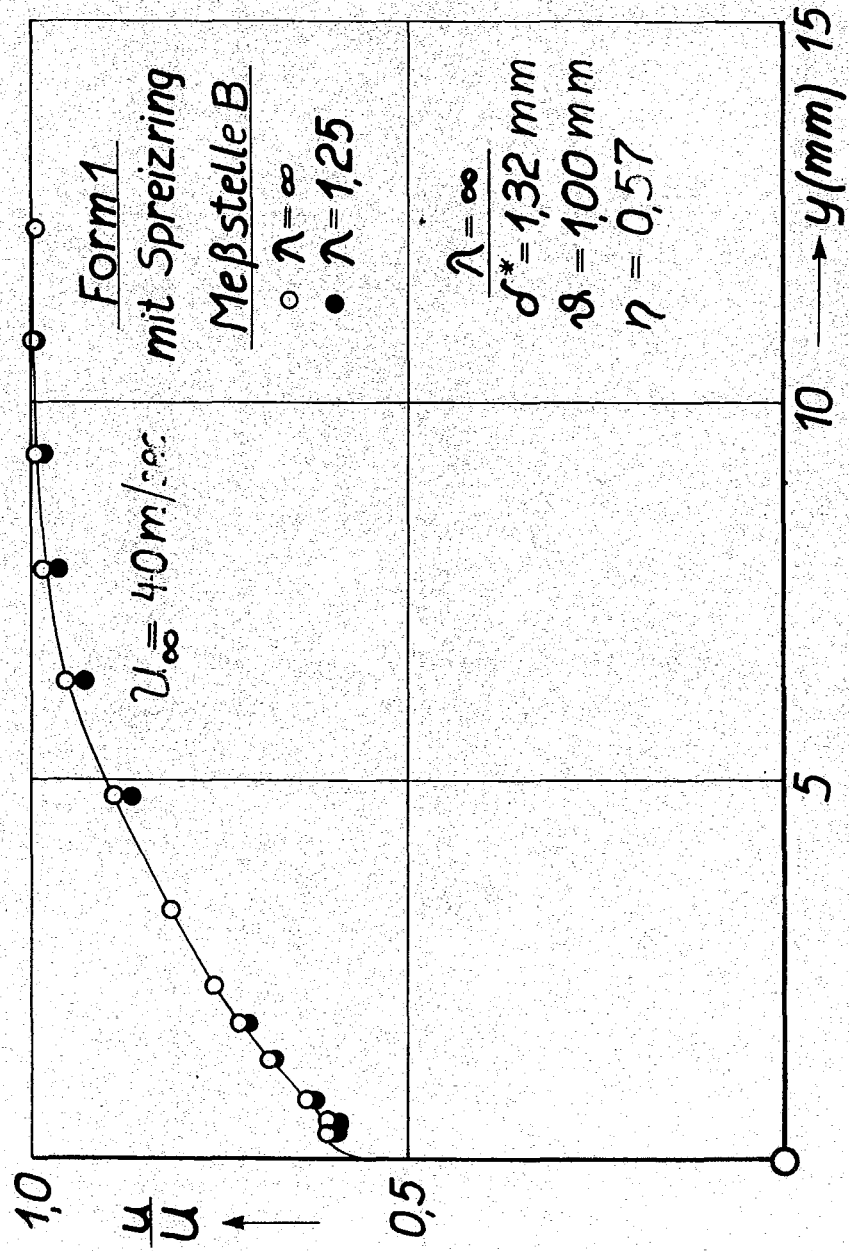


Bild 5

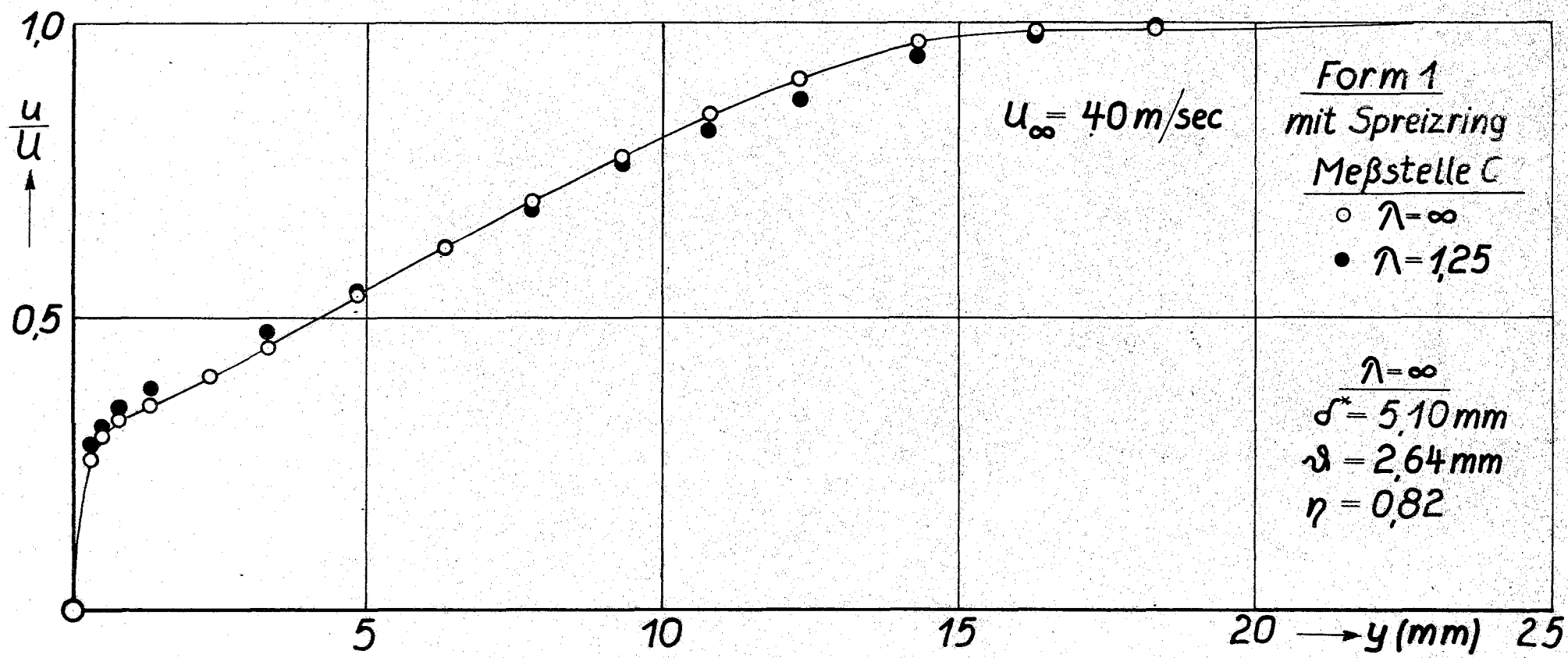


Bild 6

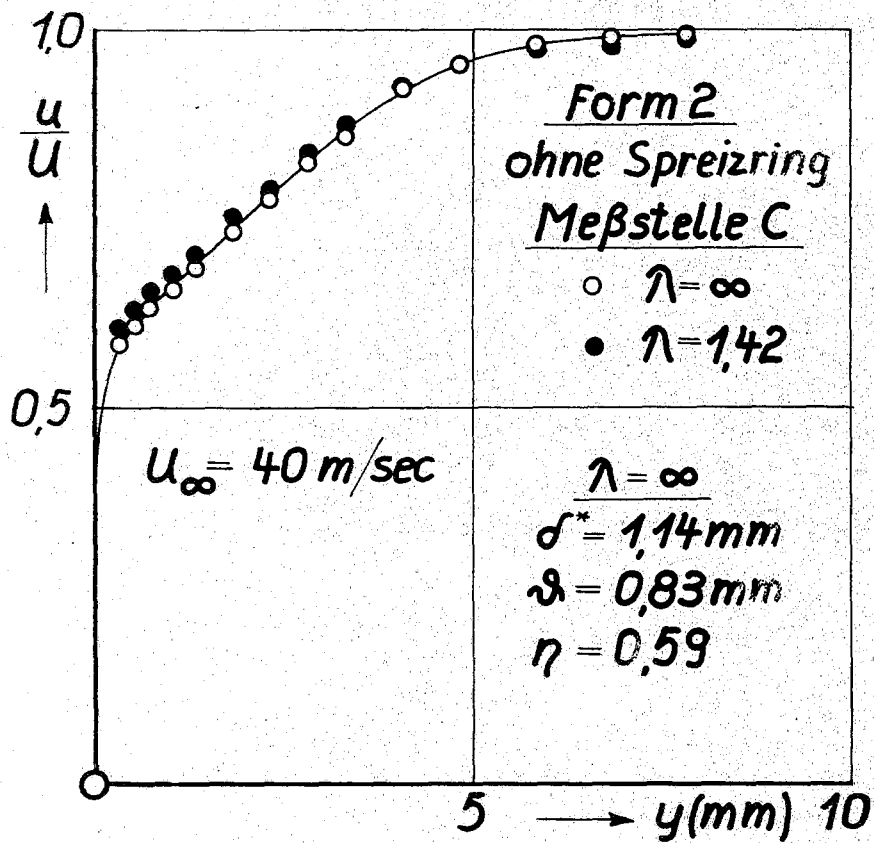


Bild 7

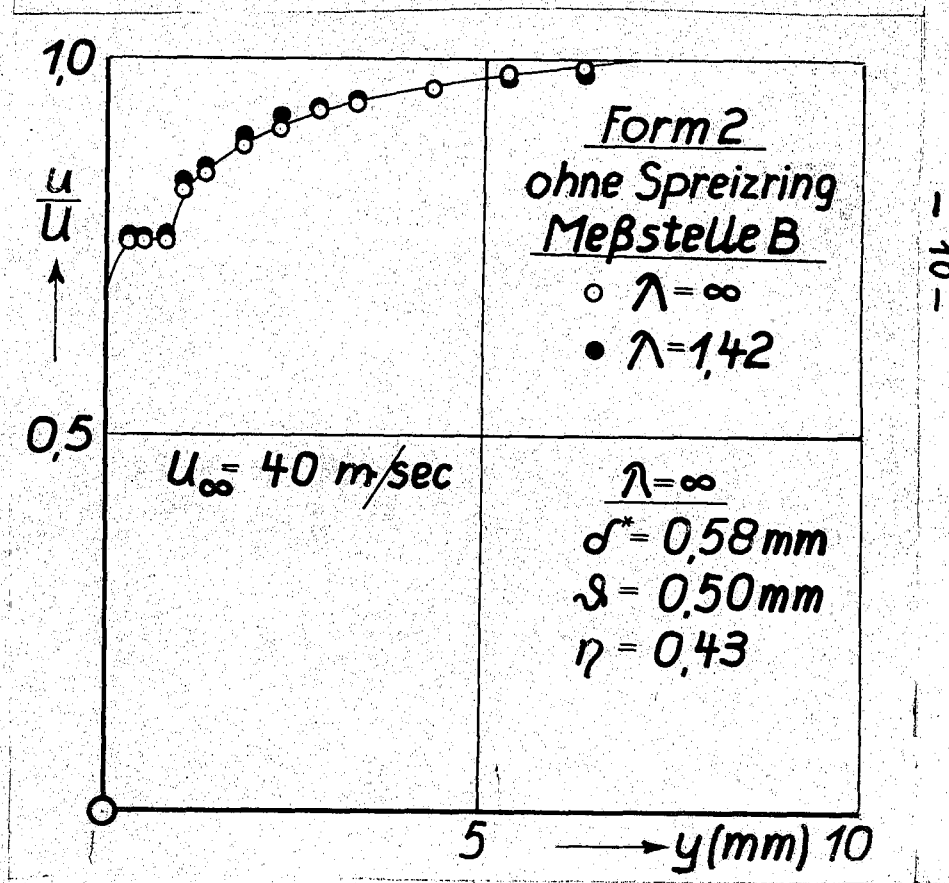


Bild 8

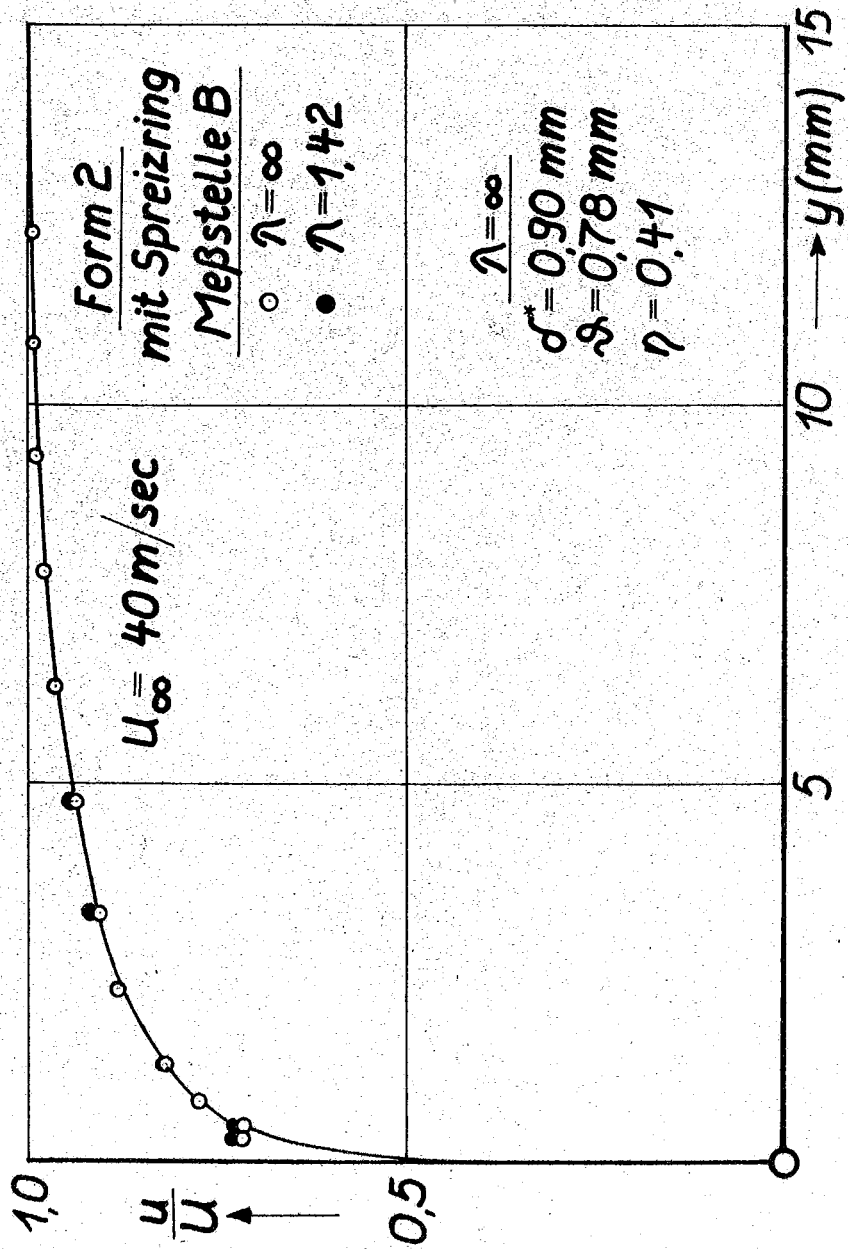


Bild 9

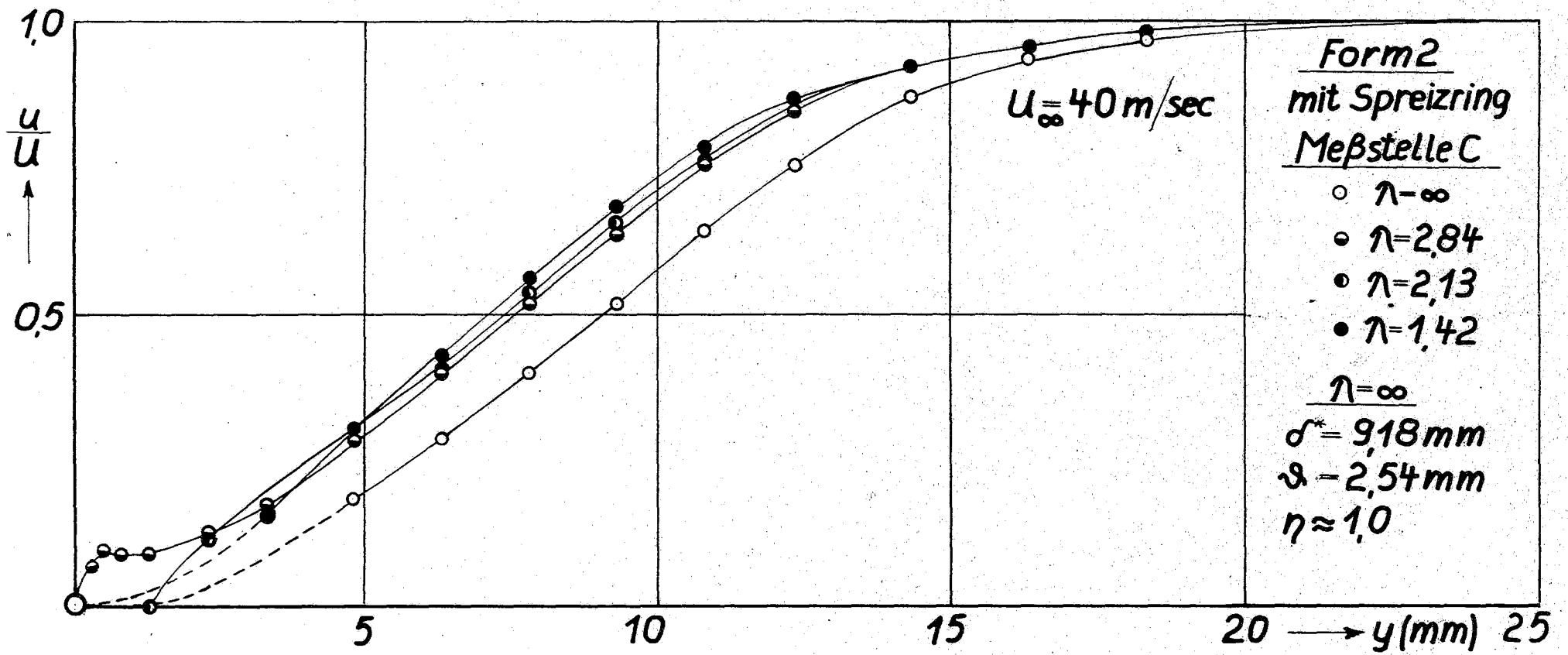


Bild 10