

## Messungen an einem Blasflügel im Maßstab 1:1.

### Uebersicht.

Aus einem Originaltragflügel, dessen Auftrieb durch Ausblasen gesteigert werden soll, wurde Luft ausgeblasen, die dem Flügel von seiner Wurzel aus zugeführt wurde. Es wurden die Verteilung der ausgeblasenen Luft, die vom Gebläse geförderte Menge und der Drucksprung des Gebläses gemessen.

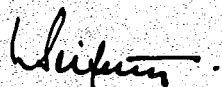
Durch einfache Mittel wurde eine ausreichend gleichmässige Verteilung der Blasluft längs Spannweite erzielt. Gleichzeitig wurde mit dieser Massnahme die erforderliche Gebläseleistung gesenkt.

### Gliederung.

- I. Einleitung
- II. Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung
- III. Messergebnisse
- IV. Zusammenfassung

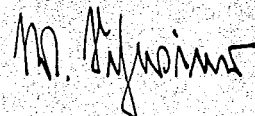
Aerodynamische Versuchsanstalt Göttingen e.V.  
Institut Windkanäle

Der Institutsleiter:



(R. Seiferth)

Bearbeiter:



(W. Schwier)

Göttingen, den 29.12.43

Bericht Nr. 43/W/66.

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

## I. Einleitung.

Bei den verschiedentlich im Windkanal durchgeführten Blasversuchen zur Auftriebssteigerung wurde als Luftführung im Flügel selbst das gesamte Flügelinnere benutzt, das nur durch einige wenige Stehbolzen unterbrochen war. Dadurch ergab sich ohne besondere Massnahmen immer eine ausreichend gleichmässige Verteilung der Blasluft längs der Spannweite. Das Flügelinnere war fast völlig glatt, so dass die Strömungsverluste dort verhältnismässig gering waren.

Bei einer praktischen Verwendung des Ausblasens zum Zweck der Auftriebssteigerung wird als Luftführungskanal nicht das gesamte Flügelinnere, sondern im allgemeinen nur der Raum hinter dem Hinterholm zur Verfügung stehen. An einem derartigen Originalflügel wurde die Verteilung der ausgeblasenen Luft untersucht.

Die Versuche wurden auf Anregung und mit Unterstützung der Messerschmitt A.G., Augsburg, durchgeführt.

## II. Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung.

Der Versuchsaufbau ist in Bild 1 wiedergegeben. Die Luft wurde durch ein zweistufiges Axialgebläse gefördert, dessen Achse in Richtung der Flügeltiefe stand. In einem Krümmer wurde die Luft um  $90^\circ$  umgelenkt und dem Flügel durch die Flügelwurzel zugeführt, sie durchströmte den Flügel also in Spannweitenrichtung. Der Austrittsspalt hatte eine Weite  $s = 0,008 \cdot l$ . Ihr absoluter Wert nimmt also entsprechend der Flügeltiefe nach aussen hin ab (17,0 bis 9,5 mm). Der Flügelumriss ist in Bild 2 gegeben. Die Schlitzform ist aus dem ebenfalls in Bild 2 wiedergegebenen Profilschnitt ersichtlich. Die Auftriebsklappe war während der Messungen nicht an den Flügel angebaut.

Die Verteilung der Blasluft hinter dem Blasspalt wurde mit einem kleinen Rechen aus Pitotröhrchen gemessen, der parallel zur Hinterkante des Flügels verschoben werden konnte. Der Abstand des Rechens vom Blasschlitz betrug 5 mm, der Abstand der Rechenrohre untereinander betrug 3 mm. Einige Messungen zeigten, dass in dem Abstand, in dem sich der Messrechen befand, der statische Druck im ausgeblasenen Strahl bereits wieder auf den Druck der Umgebung ( $p_{st} = 0$ ) abgesunken war. Der mit dem Rechen gemessene Druck konnte also direkt als der Staudruck  $q$  der

ausgeblasenen Luft angesehen werden. Diese Staudrücke wurden an einem aus einfachen U-Rohren bestehenden Vielfachmanometer abgelesen.

Während der Messung der Verteilung wurden ausserdem der Gesamtdrucksprung des Gebläses und die vom Gebläse geförderte Gesamtmenge  $Q$  mitgemessen. Der Drucksprung wurde aus den statischen Drücken vor und hinter dem Gebläse ermittelt. Diese wurden an Stellen gleich grosser, zylindrischer Querschnitte durch drei um  $120^\circ$  gegeneinander versetzte Bohrungen im Aussenmantel gemessen. Die durchfliessende Menge wurde aus der Absenkung des statischen Drucks im Gebläseeinlauf ebenfalls im zylindrischen Teil bestimmt. Ein Vergleich mit einer eingehenden Messung der Geschwindigkeitsverteilung hinter dem Gebläse zeigte, dass die Gesamtmenge durch diese Druckabsenkung mit ausreichender Genauigkeit bestimmt wurde.

In je einem Querschnitt vor und hinter dem  $90^\circ$  - Krümmer wurde mit einem Pitotrohr die Gesamtdruckverteilung gemessen, um die im Krümmer entstehenden Strömungsverluste zu bestimmen.

### III. Messergebnisse.

Die wichtigsten Messergebnisse sind in den Bildern 3 bis 5 und 8 bis 12 wiedergegeben. Es wurde darauf verzichtet, im Bericht alle einzelnen Ergebnisse anzugeben, es wurden viel mehr nur die wesentlichen Ergebnisse mitgeteilt, die sich bei den Versuchen jeweils nach einigen Zwischenmessungen ergeben haben. Für die Verteilung der Blasluft im austretenden Strahl in Richtung senkrecht zur Spannweite wurden ebenfalls nur einige Beispiele in Bild 3 angegeben, da alle anderen Verteilungen nur unwesentlich von diesen Beispielen abweichen. Es ist dort das Verhältnis der Austrittsgeschwindigkeit  $v_a$  zu der Durchtrittsgeschwindigkeit  $v_{\text{Gebel}}$  im zylindrischen Teil des Gebläses aufgetragen. Diese Verteilungen senkrecht zur Spannweite haben nahezu Rechteckform.

In den Bildern 4 bis 5 und 10 bis 11 sind die Verteilungen der Blasluft längs der Spannweite wiedergegeben und zwar ist der örtliche  $c_Q$  - Wert jeweils auf den sich über die

ganze Spannweite ergebenden mittleren  $c_Q$  - Wert bezogen.

Bild 4 gibt die Verteilung wieder, die bei dem Flügel im Anlieferungszustand gemessen wurde. Bei diesem Zustand waren also keinerlei Mittel zur gleichmässigen Verteilung der Blasluft verwendet worden. Die Rippen des Flügels ragten in den Strömungsquerschnitt hinein. Die Verteilung der Luft längs der Spannweite war bei diesem Zustand schlecht, der örtliche  $c_Q$  - Wert war am Flügelende wesentlich kleiner als an der Flügelwurzel. Zum Ausgleich dieser Verteilung wurden in der Nähe der Flügelwurzel vor dem Austrittsspalt Drosselbleche angebracht. Die Weite der Schlitz in diesen Drosselblechen wurde im Laufe der Versuche solange geändert, bis sich die Mengenverteilung nach Bild 5 ergab. Der Zustand des Flügelinneren bei dieser Verteilung ist in den Bildern 6 und 7 wiedergegeben. Der starke Abfall der austretenden Menge zum Flügelende hin ist nicht mehr vorhanden, die Abweichungen vom Mittelwert sind geringer geworden. Nach den im Windkanal bei den Auftriebsmessungen gemachten Erfahrungen kann eine derartige Mengenverteilung als ausreichend gleichmässig angesehen werden. Die noch vorhandenen starken Spitzen (z.B. bei  $\frac{x}{b/2} = 0,705$ ) erstrecken sich jeweils nur über einen ausserordentlich geringen Teil der Spannweite. Sie sind bedingt durch die Rippen des Flügels, die in Tiefenrichtung nahezu in den Ausblaspalt hineinragen. Diese Spitzen würden sich nur durch Entfernen der Rippen wegbringen lassen.

In den Bildern 8 und 9 sind für die Zustände mit und ohne Drosselblech abhängig von der Gebläsedrehzahl der Gesamtmengenbeiwert (bezogen auf die Flügelfläche und die beliebig angenommene Landegeschwindigkeit  $v = 30$  m/s) und der Drucksprung des Gebläses, ebenfalls auf den der Geschwindigkeit  $v = 30$  m/s entsprechenden Staudruck bezogen, aufgetragen. Die Verwendung der Drosselbleche zur Regelung der austretenden Menge bringt selbstverständlich Verluste mit sich. Bei gleicher Gebläsedrehzahl wird die Gesamtmenge durch Drosselung kleiner, der Drucksprung des Gebläses höher.

In weiteren Versuchen wurde das Flügelinnere in Rippenhöhe mit Glattblech ausgekleidet, so dass die Rippen nicht mehr in den Strömungsquerschnitt hineinragten. Die Messergebnisse mit dieser Auskleidung zeigt Bild 10. Die bei den Mes-

sungen nach Bild 5 verwendeten Drosselbleche waren auch bei diesem Versuch zunächst noch vorhanden. Die Mengenverteilung zeigt jetzt mit diesen Drosselblechen einen starken Anstieg zum Flügelende hin. Nach Entfernen der Drosseln wurde die Blasluft wieder wesentlich gleichmässiger längs der Spannweite verteilt. Das Ergebnis dieser Messung ist in Bild 11 wiedergegeben. Der jetzt noch vorhandene geringe Anstieg in der Verteilung zum Flügelende hin wurde als nicht unerwünscht angesehen, da ein  $c_Q$ -Überschuss am Flügelende die Abkippfahrt vermindern kann.

In Bild 12 ist die zu dem Flügelzustand von Bild 11 gehörige Abhängigkeit der Gesamtmenge und des Gebläsedrucksprungs von der Gebläsedrehzahl wiedergegeben. Gegenüber dem Zustand der ebenfalls ausreichend gleichmässigen Mengenverteilung, die durch Drosselbleche erreicht wurde (Bild 5), ist die erforderliche Gebläseleistung nicht unerheblich vermindert worden. Für den vorgegebenen Mengenbeiwert  $c_Q = 0,015$  wird z.B. der erforderliche Gebläsedrucksprung um 31,5 o/o durch das Auskleiden des Flügelinnern mit Glattblech vermindert. Die Förderleistung des Gebläses ( $Q \cdot \Delta p$ ) beträgt nach den Messungen für  $c_Q = 0,015$  bei der Fluggeschwindigkeit  $v = 30$  m/s 2,54 PS je  $m^2$  Flügelfläche.

Für die vorliegende Aufgabe interessierte noch die Frage nach den Verlusten, die die Umlenkung der Strömung um  $90^\circ$  mit sich brachte. Für den Krümmer stand nur wenig Raum zur Verfügung, so dass die Umlenkung mit kleinen Krümmungsradien erfolgen musste. Eine Skizze des Krümmers mit den eingesetzten Umlenkblechen ist in Bild 1 enthalten. Mit der Umlenkung ist gleichzeitig eine geringe Erweiterung des Strömungsquerschnitts verbunden. Diese beträgt 32 o/o des Eintrittsquerschnitts, es entspricht das auf einen Kreisquerschnitt umgerechnet einer Kegelöffnung von  $3^\circ$ , wobei als Länge der Erweiterung die Mittelachse des Krümmers angenommen wurde.

Unmittelbar vor und hinter dem Krümmer wurden die Gesamtärücke und die Staudrücke gemessen. Der Verlust an Gesamtdruck im Krümmer betrug etwa 11 o/o des Gesamtdrucks vor dem Krümmer bzw. 30 o/o des an dieser Stelle vorhandenen Staudrucks.

#### IV. Zusammenfassung.

Aus einem Flugzeugtragflügel im Maßstab 1:1, der zum Zweck der Grenzschichtbeeinflussung durch Ausblasen an der Flügelhinterkante über die gesamte Spannweite mit einem Blaspalt versehen war, wurde Luft aus dem Blaspalt ausgeblasen. Die Luft wurde dem Flügel von der Flügelwurzel aus zugeführt. Es wurden die Verteilung der ausgeblasenen Luft längs der Spannweite sowie die geförderte Luftmenge und der Drucksprung des Fördergebläses gemessen.

Vom ursprünglichen Zustand des Flügels mit den in den Strömungsquerschnitt hineinragenden Rippen ausgehend, liess sich eine ausreichend gleichmässige Verteilung der austretenden Luft durch zusätzliche Drosselbleche vor dem Austrittsspalt oder durch Auskleiden des Flügelinnern mit Glattblech auf einfache Weise erreichen. Durch das Auskleiden mit Blech wurde gleichzeitig die erforderliche Gebläseleistung herabgesetzt, bei  $c_q = 0,015$  z.B. um 31,5 o/o gegenüber dem innen nicht abgedeckten Flügel mit Drosselblechen vor dem Austrittsspalt.

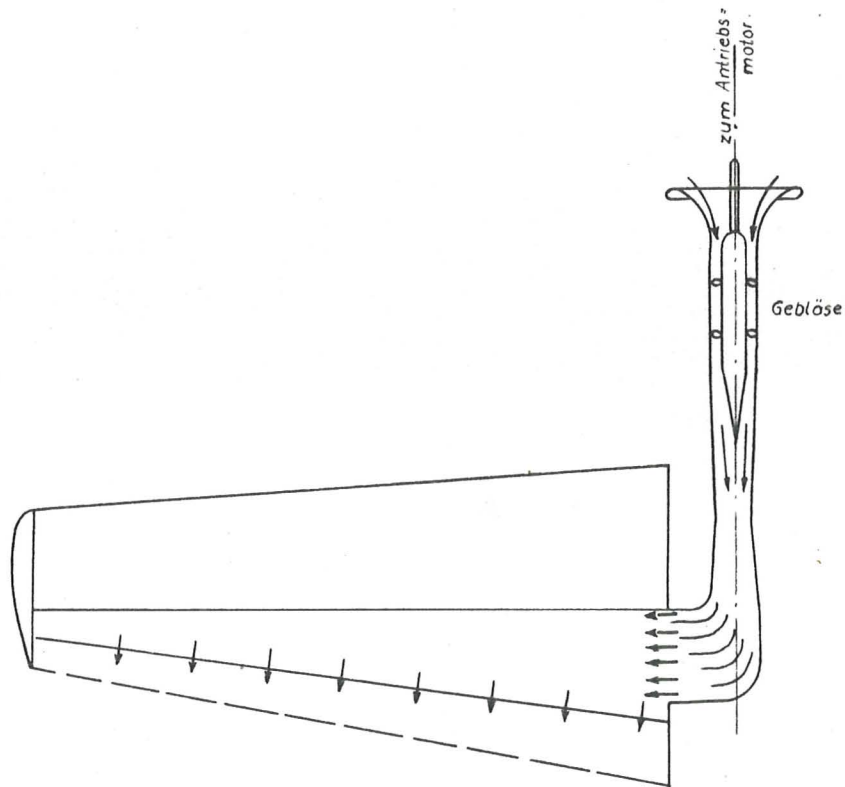
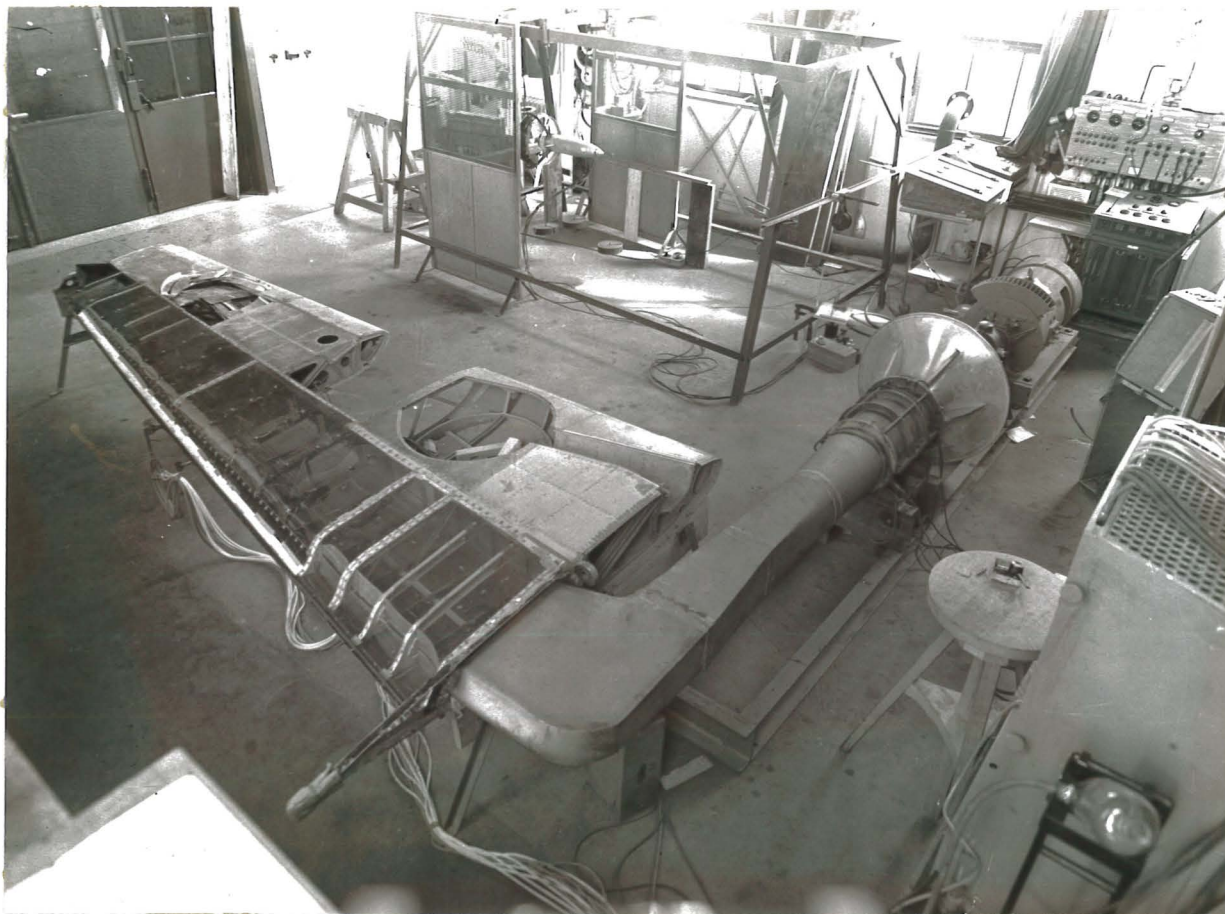


Bild 1 : Versuchsanordnung .

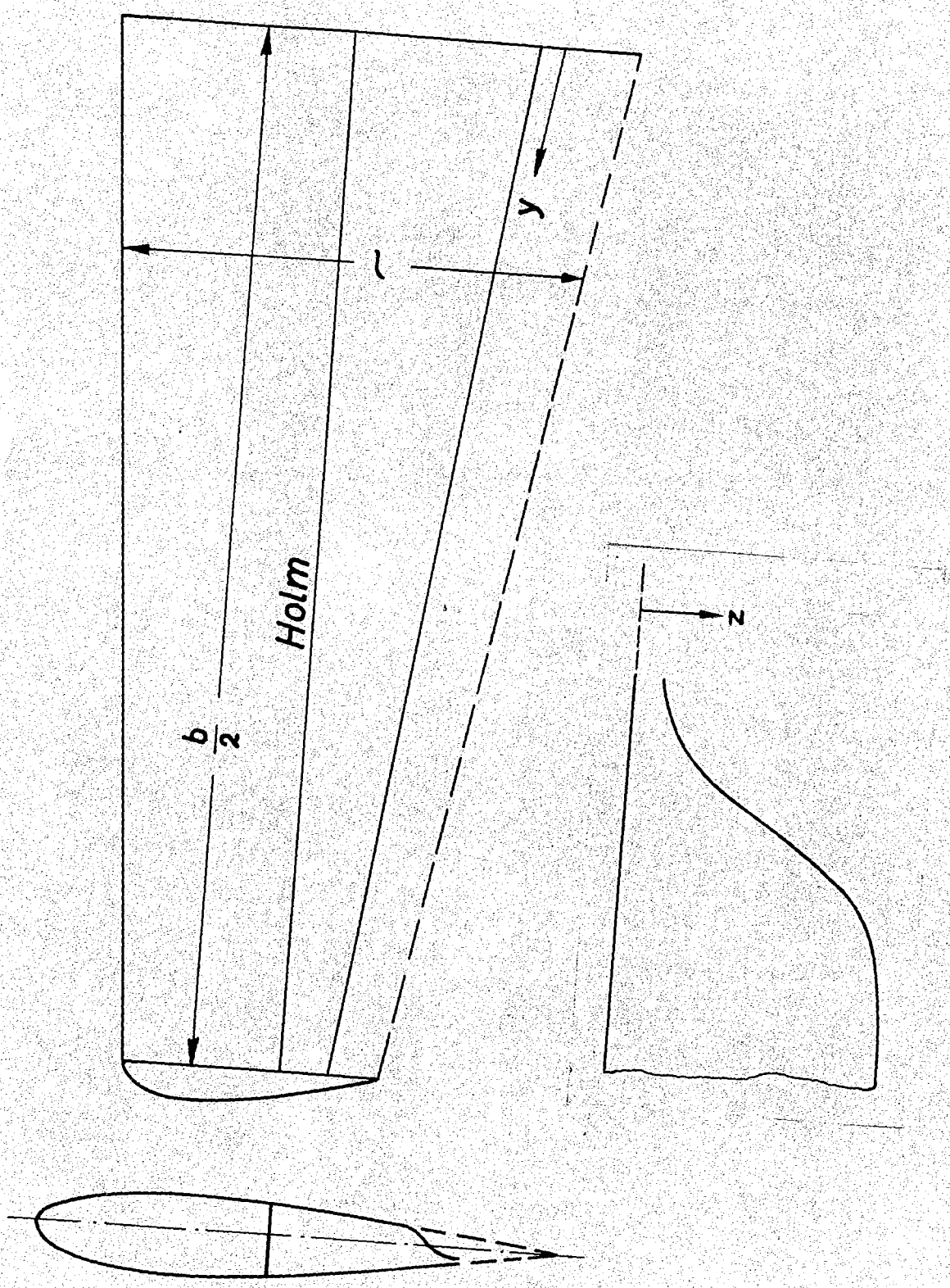


Bild 2 : Flügelumriß und Form des Blasschlitzes .



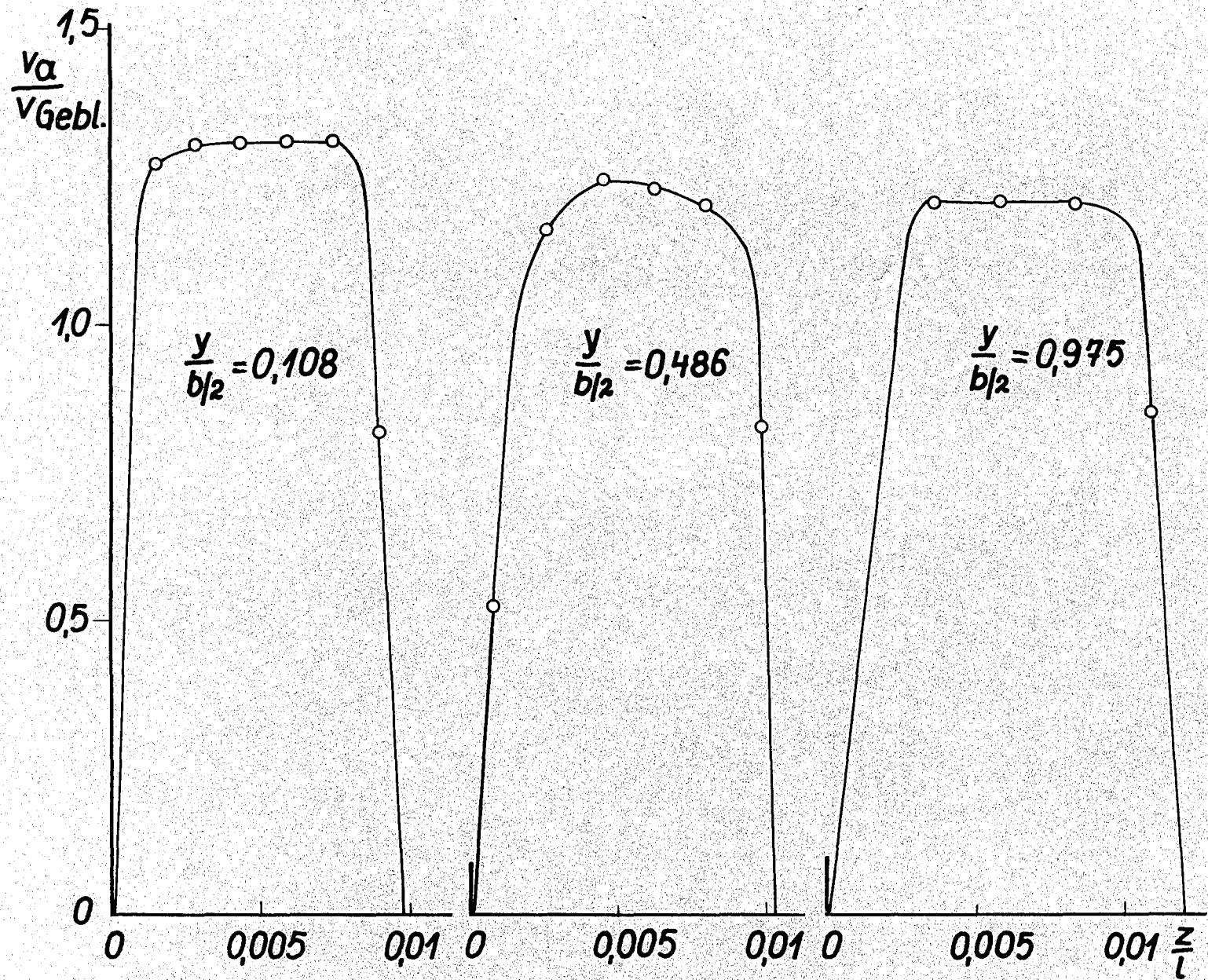


Bild 3 : Geschwindigkeitsverteilung senkrecht zur Spannweite.

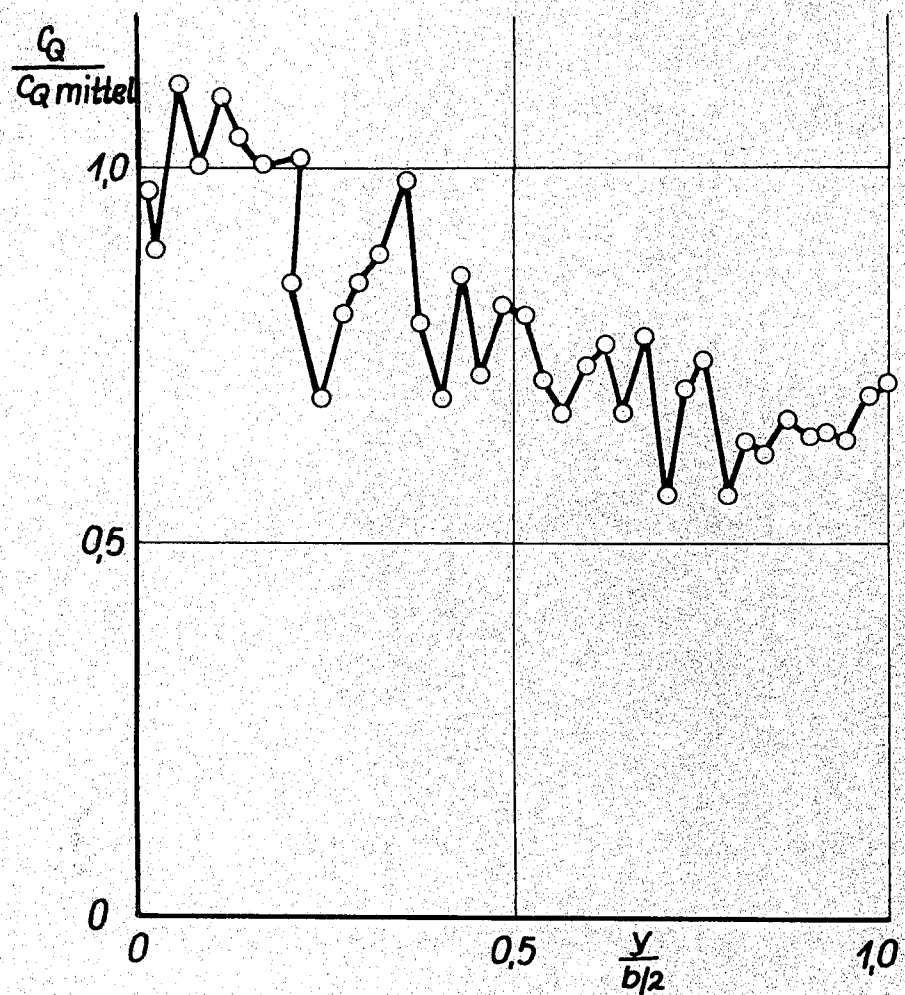


Bild 4 : Flügel im Anlieferungszustand;  
ohne Drosselbleche;  
ohne Glattblech-  
auskleidung.

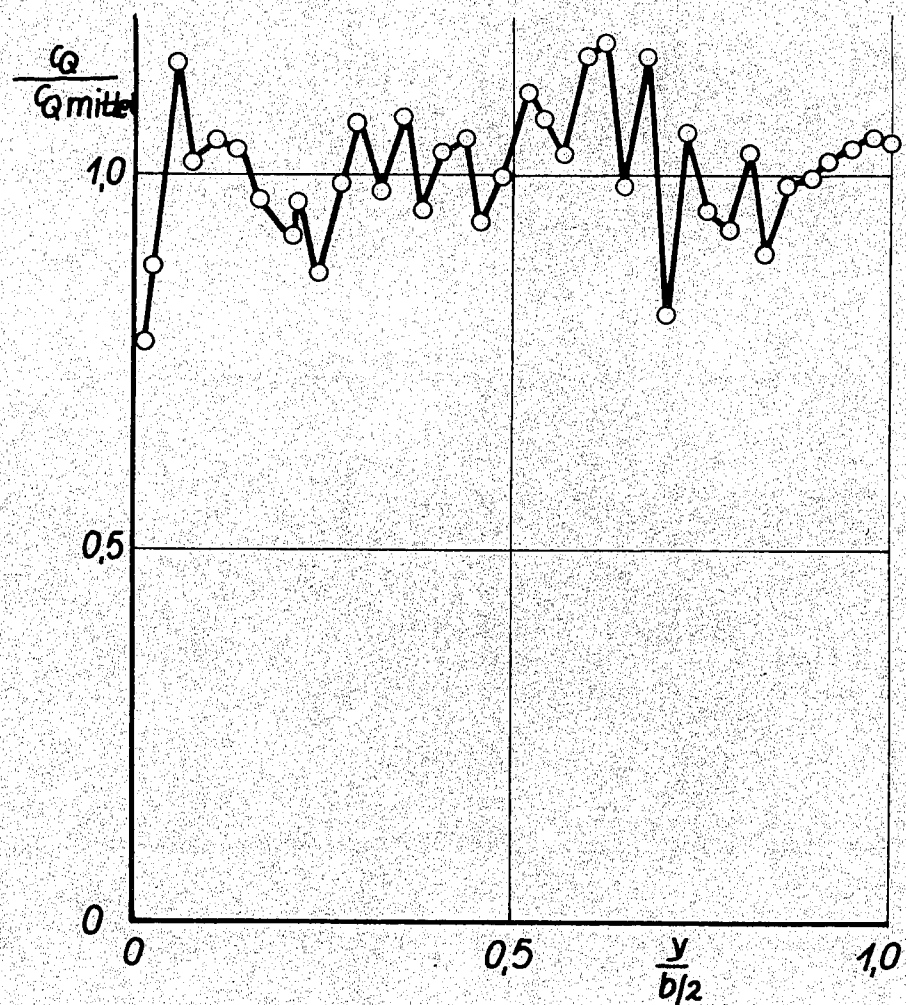


Bild 5 : Flügel mit Drosselblechen an der  
Flügelwurzel; ohne Glattblech-  
auskleidung.

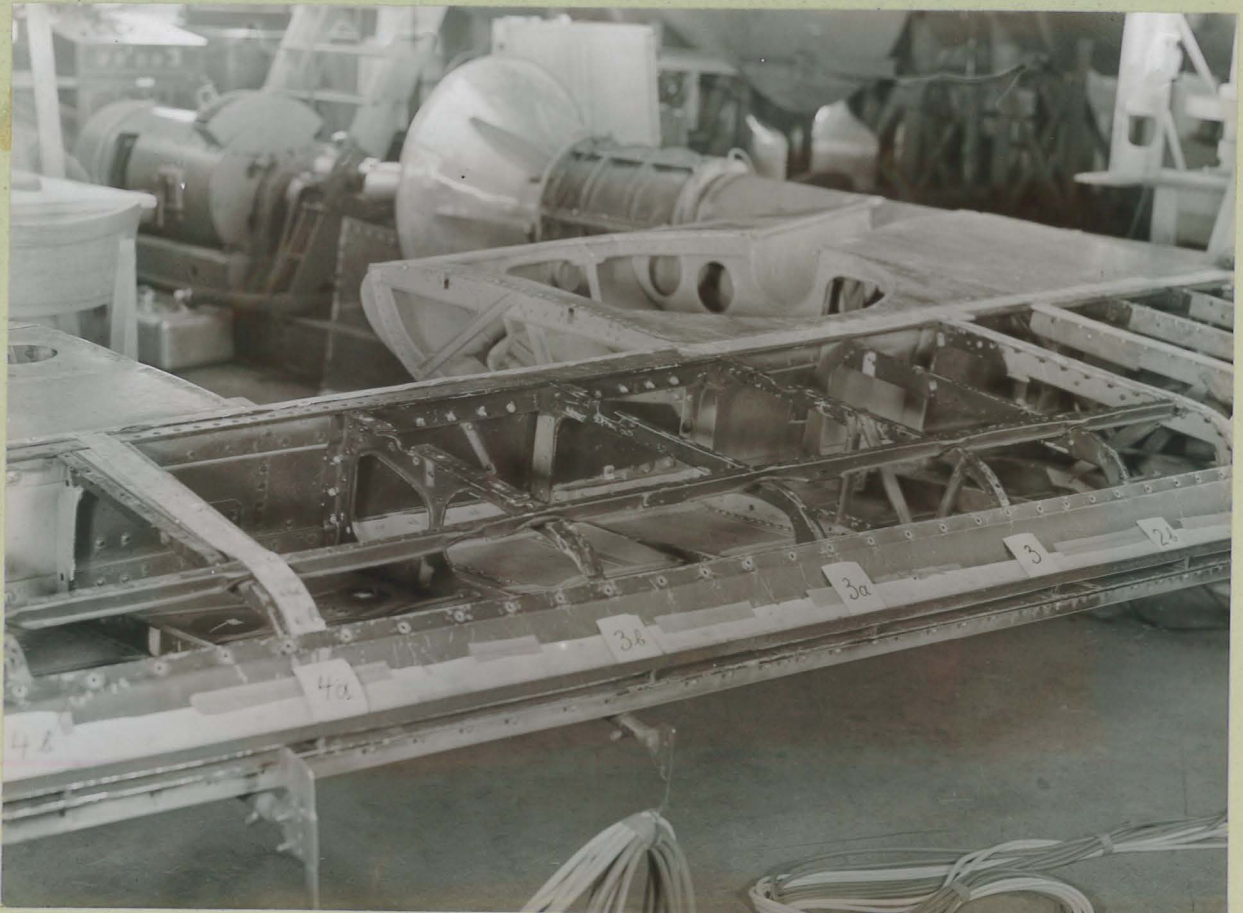
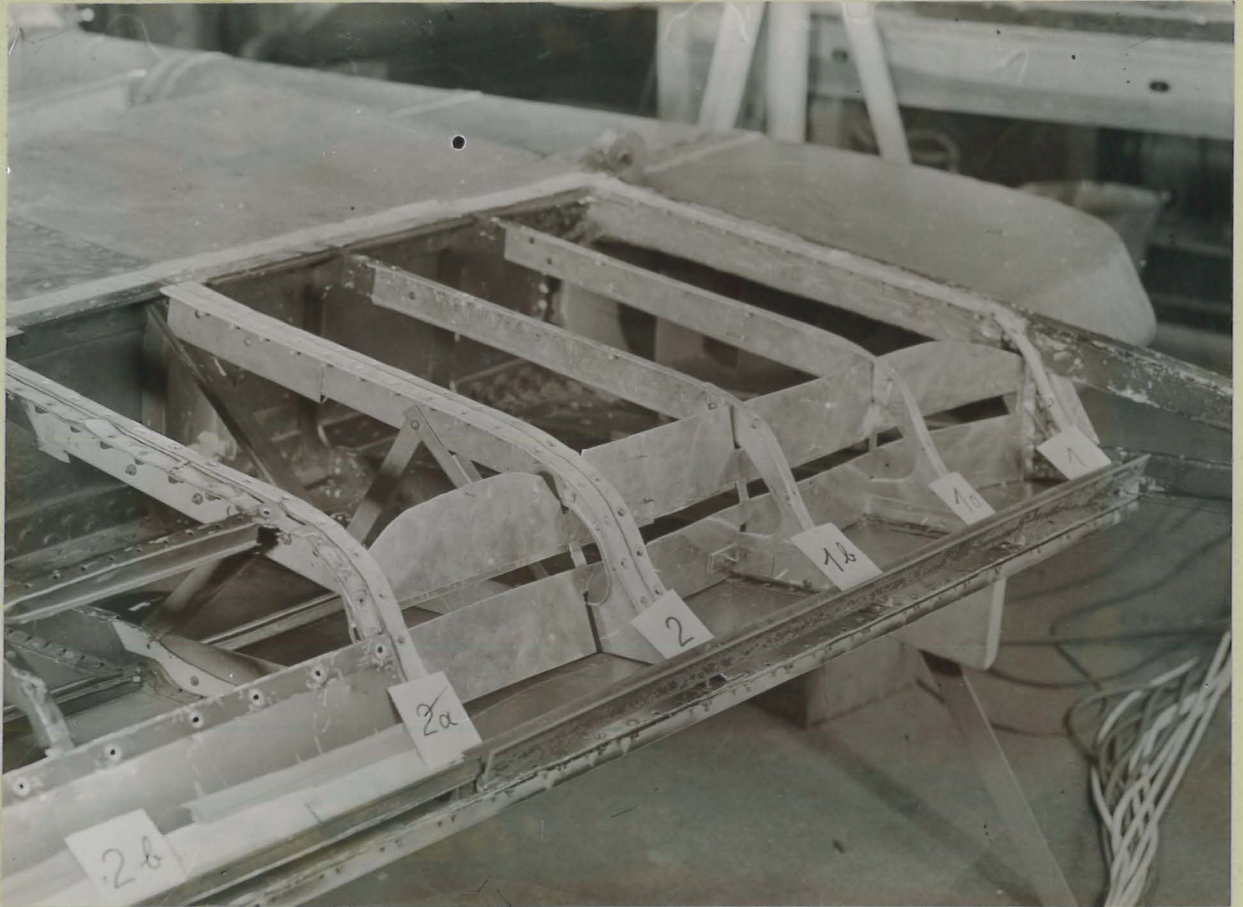
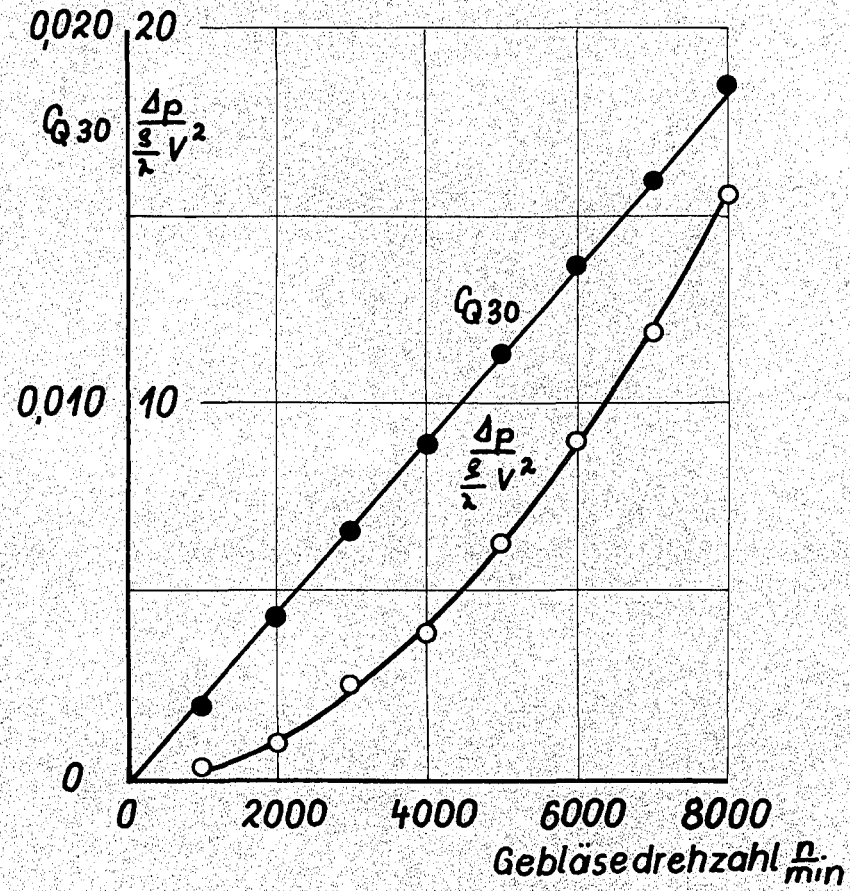
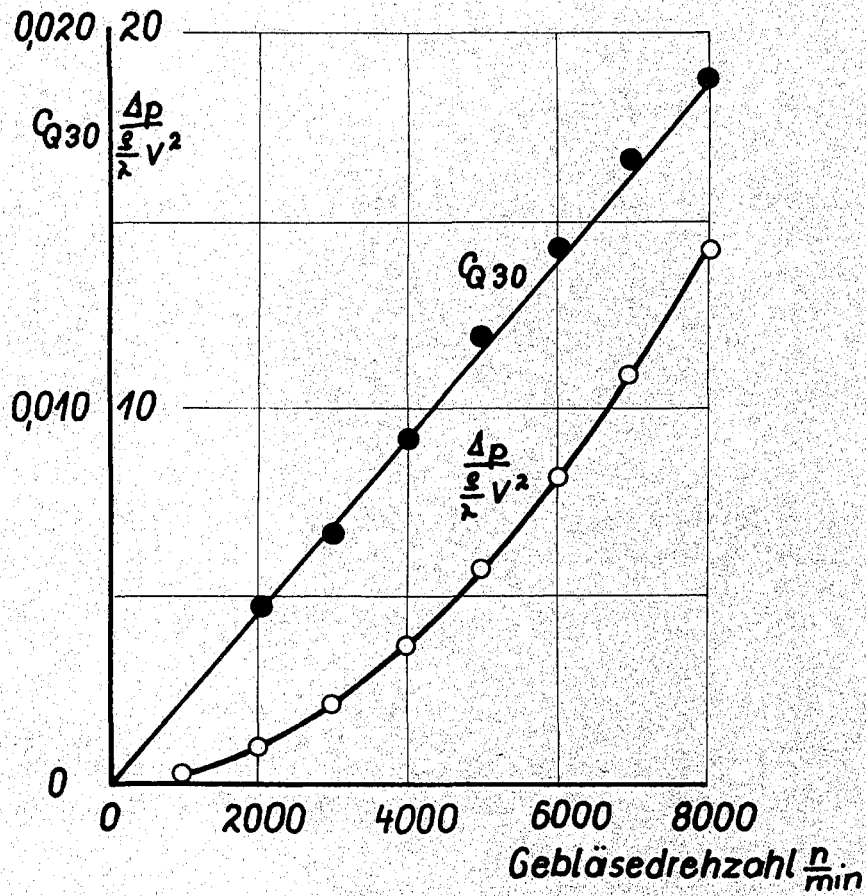


Bild 6 und 7 : Flügelinneres bei den Messungen nach Bild 5.



Mengenbeiwert und Gebläsedrucksprung bezogen auf  $v = 30 \text{ m/s}$

Bild 8 : Flügel im Anlieferungszustand;  
ohne Drosselbleche;  
ohne Glattblechhauskleidung.

Bild 9 : Flügel mit Drosselblechen  
an der Flügelwurzel.  
ohne Glattblechhauskleidung.

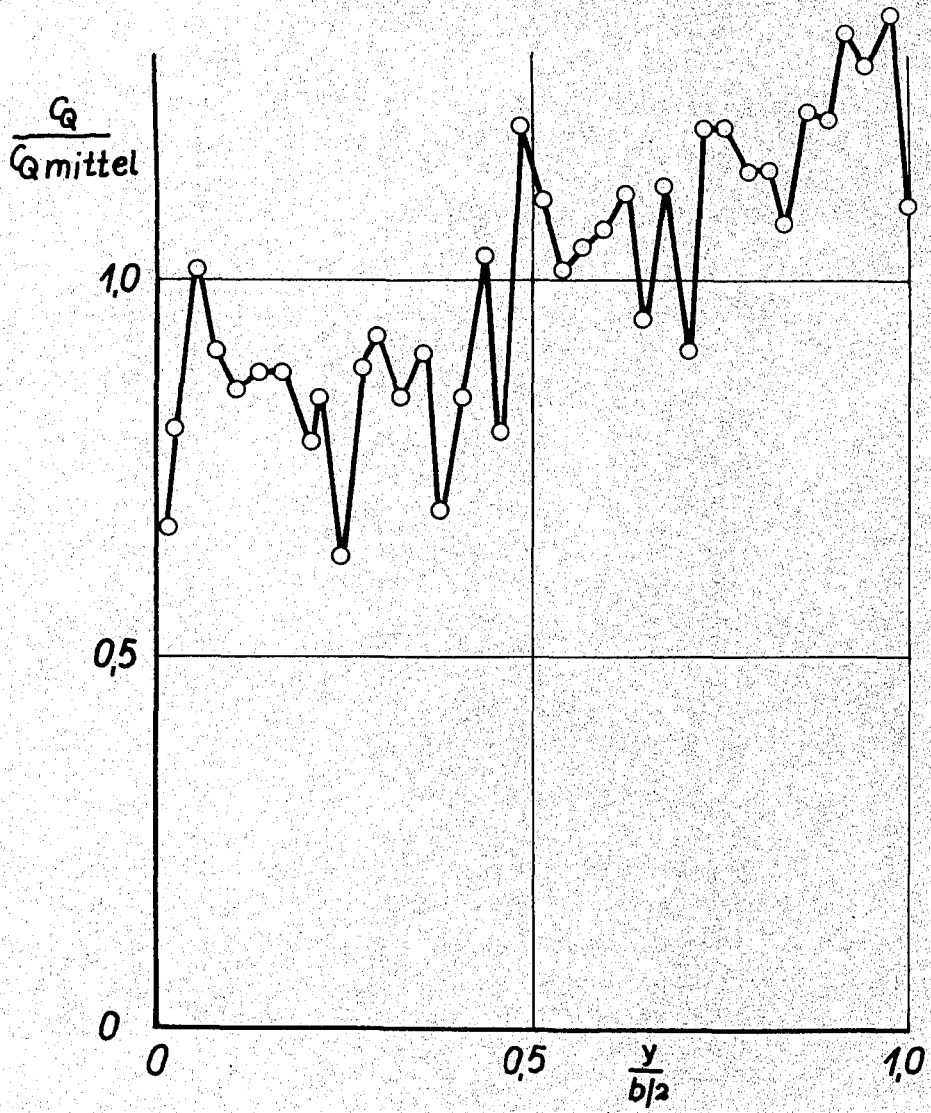


Bild 10 : Flügel mit Glattblech-  
auskleidung, Drosselbleche an der Flügelwurzel.

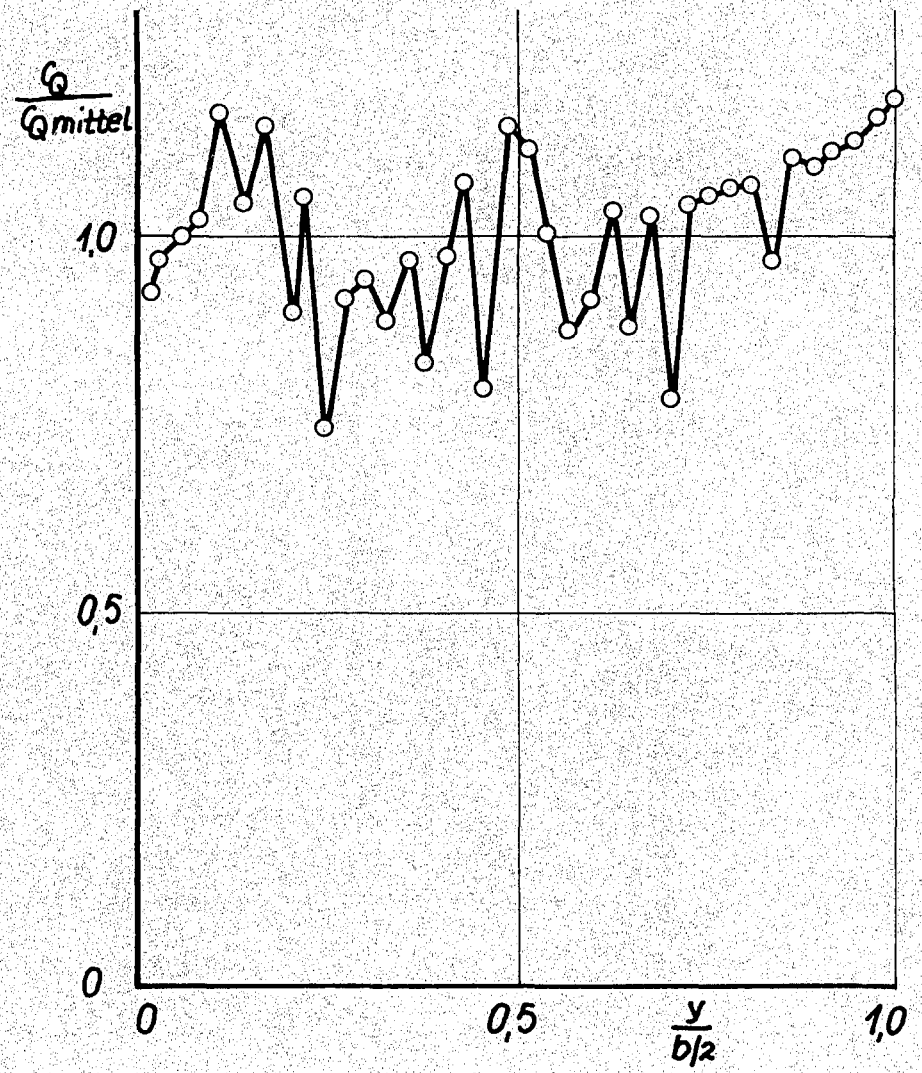


Bild 11 : Flügel mit Glattblech-  
auskleidung, ohne Drosselbleche.

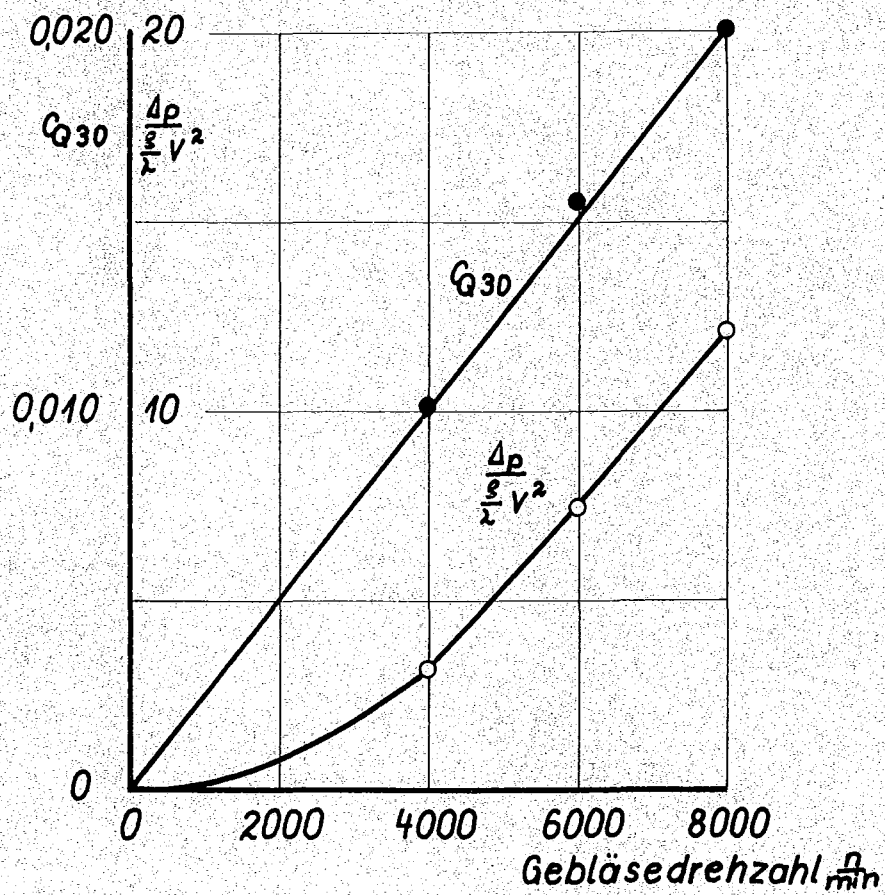


Bild 12 : Mengenbeiwert und Gebläsedrucksprung bezogen auf  $v=30$  m/s.  
Flügel mit Glattblechauskleidung;  
ohne Drosselbleche.