

Nicht jeder Rechen ist recht

Ein einfacher integrierender Rechen für Widerstandsmessungen

In einem OSTIV-Vortrag hat der Verfasser bereits 1981 /2/ gezeigt, daß der Profilwiderstand längs der Spannweite z infolge von Längswirbeln in der turbulenten Grenzschicht um ± 20 Prozent und mehr schwanken kann. Bei Widerstandsmessungen mit einem an einer Stelle ($z = \text{konstant}$) angebrachten Rechen können somit je nach Stellung (z) ganz verschiedene c_a - c_w Polaren gemessen werden. Bei Polarmessungen im Laminarwindkanal wird deshalb der Widerstand durch Verfahren des Nachlaufrechens längs der Spannweite integriert. Um einen einwandfreien Vergleich der c_w -Messung mit verschiedenen, fest am Modell installierten Rechen zu ermöglichen, wurden mit Hilfe von Noppenbändern die Widerstandsschwankungen in Spannweitenrichtung beseitigt.

Der Rechen ein Rechner

Der Profilwiderstand kann durch die Integration des Gesamtdruckverlustes im Nachlauf bestimmt werden. Ein sogenannter integrierender Rechen führt diese Integration experimentell durch. Er besteht aus einer Anzahl gleicher Röhrrchen, die gleiche Abstände haben, und mit einer Sammelkammer verbunden sind. Länge und Durchmesser der Röhrrchen müssen so gewählt werden, daß die mittlere Strömungsgeschwindigkeit proportional zur Druckdifferenz an den Rohrenden ist (laminare Rohrströmung). Im Gleichgewicht ist die Summe der mittleren Strömungsgeschwindigkeiten durch alle Röhrrchen gleich Null. Das heißt, in der Sammelkammer stellt sich der Mittelwert (Integral) g_i der Druckverteilung im Nachlauf ein. Die Differenz zum ungestörten Gesamtdruck ($dg = g - j$) ist dem Profilwiderstand proportional. Der dimensionslose Widerstandsbeiwert ergibt sich aus ($c_w = K \times g/q \times t_R/t$) mit t_R Rechenbreite, $t =$ Profiltiefe und $q \times X =$ Staudruck, K ist ein Korrekturfaktor ($K = 0,9 - 1,0$), der näherungsweise gleich 1 gesetzt werden kann. Der Nachlaufrechen muß etwas breiter sein als die Nachlaufdelle und diese ganz erfassen.

Anforderungen

Ein für Flugmessungen geeigneter Rechen muß leicht sein und einen möglichst kleinen Zusatzwiderstand erzeugen. Außerdem muß er robust und unempfindlich gegen Verschmutzung und Regen sein. Der Aufbau ist im Diagramm 1 zu sehen. Das Grundteil besteht aus einem 3 mm dicken Flachmaterial aus Aluminium. Die Sammel-

Im Laminarwindkanal des Instituts für Aerodynamik und Gasdynamik der Universität Stuttgart wurden an einem Profil mit Wölbklappe vergleichende Widerstandsmessungen mit verschiedenen aufgebauten integrierenden Rechen durchgeführt /1/. Die Versuche sollten zeigen, welche Mindestanforderungen an eine Widerstandsmeßeinrichtung besonders im Hinblick auf Flugmessungen zu stellen sind. Die Profiltiefe des Windkanalmodells betrug 500 mm. Zum Vergleich wurde der im Laminarwindkanal üblicherweise verwendete integrierende Nachlaufrechen herangezogen. Hierzu gibt Dieter Althaus nun eine verkürzte Fassung des Berichtes. Er liefert einige hochinteressante Bezüge zur Praxis und beurteilt den Rechen von Dick Johnson, der von einigen Piloten zur Einstellung der optimalen Wölbklappenstellung benutzt wird.

kammer wurde ausgefräst und anschließend mit einem dünnen Plättchen abgedichtet. Die Röhrrchen mit 1,4 mm Außen- und 1,2 mm Innendurchmesser sind in Bohrungen von 1,5 mm Durchmesser eingeklebt und ragen 6 mm aus dem Grundteil heraus. Der integrierte Druck wird seitlich an der Sammelkammer entnommen. Die Abbildung 2 zeigt den Rechen mit der

Befestigung an der Hinterkante der Wölbklappe des Windkanalmodells. Für die Vergleichsmessungen mit dem Windkanalrechen wurde lediglich die Druckleitung aus diesem Rechen anstatt der des Windkanalrechens an die Windkanalmeßanlage angeschlossen. Die Anlage wurde für die jeweilige Rechenbreite geeicht. Im Diagramm 3 sind vergleichende Polaren für die-

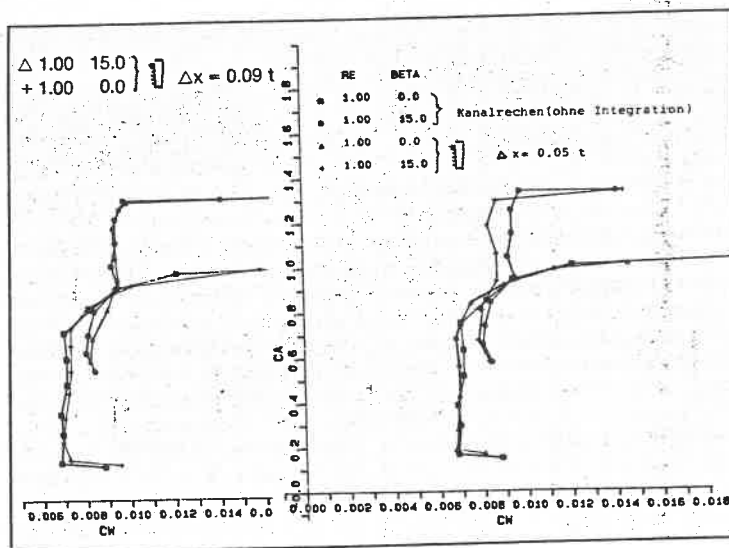
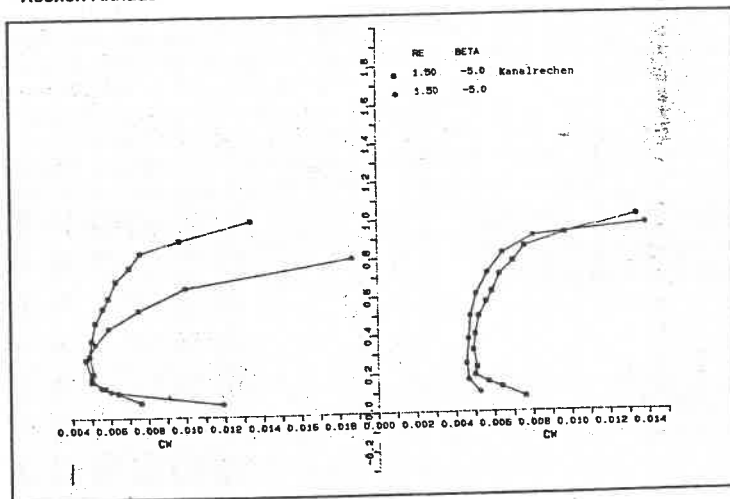


Diagramm 3 (links) und 4: Einfluss des Abstands Nachlaufrechen - Profilhinterkante

Diagramm 5 (links): Kanalrechen - Rechen Johnson; und Diagramm 6: Kanalrechen - Rechen Althaus



sen Rechen mit einem Abstand $x = 0,09 \times t$ von der Hinterkante aufgetragen. Die Übereinstimmung mit den Kanalrechenmessungen ist gut. Im Diagramm 4 wurde der Abstand von der Hinterkante auf $x = 0,05 \times t$ verringert. Beim Klappenauerschlag $+15$ Grad zeigen sich Differenzen im Widerstandsbeiwert.

Johnsons Fehler

Eine noch einfachere Ausführung eines Rechens wird von Dick Johnson /3/ verwendet. Dieser Rechen besteht nur aus dem Grundteil des im Diagramm 1 beschriebenen Rechens, also ohne Röhrrchen. Eine richtige Messung des Gesamtdrucks ist so nicht möglich, da sich vor den Druckbohrungen kein Staupunkt ausbilden kann. Dies ist besonders bei Schräganströmung der Fall. Entlang der Rechenvorderkante kann sich infolge der Querströmung ein Druckgradient ausbilden. Versuche mit einem Rechen nach Diagramm 1 ohne die Röhrrchen zeigten, daß der Widerstand mit diesem Rechen falsch gemessen wird. Dick Johnson /3/ geht noch weiter und befestigt seinen Rechen mit einem Ausschnitt so an der Profilhinterkante, daß die Ebene der Druckanbohrungen noch vor der Hinterkante liegt. Ein Vergleich von Polarmessungen mit dem Kanalrechen und einem Rechen nach Johnson, der mit einem Ausschnitt versehen über die Profilhinterkante geschoben wurde, ist im Diagramm 5 dargestellt /5/. Der Johnson-Rechen gibt nur einen kleinen Teil der Delle richtig wieder. Von c_a -Werten über 0,4 wird ein viel zu großer Widerstand gemessen. Johnson /3/ berichtet von Widerstandsmessungen an Segelflugzeugen, die er mit einem solchen Rechen durchführte.

Die Messung des Profilwiderstands kurz vor der Hinterkante ist aber mit einem einfachen integrierenden Rechen nicht möglich, da dort auf der Ober- und Unterseite des Profils verschiedene statische Drücke herrschen.

Rechen für Wölbklappeneinstellung

In einer früheren Untersuchung an der Uni Stuttgart /5/ wurde ein Rechen untersucht, bei dem die Druckintegration auf Ober- und Unterseite getrennt durchgeführt wird. Das Diagramm 6 zeigt Vergleichsmessungen. Bei den Vergleichsmessungen in den Diagrammen 5 und 6 wurde die Kanalmeßanlage nicht für die einzelnen Re-

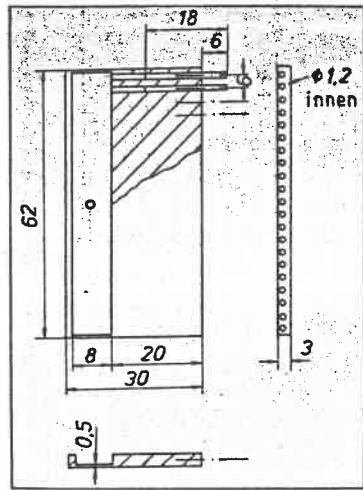


Abb. 1: Aufbau eines einfachen integrierenden Rechens

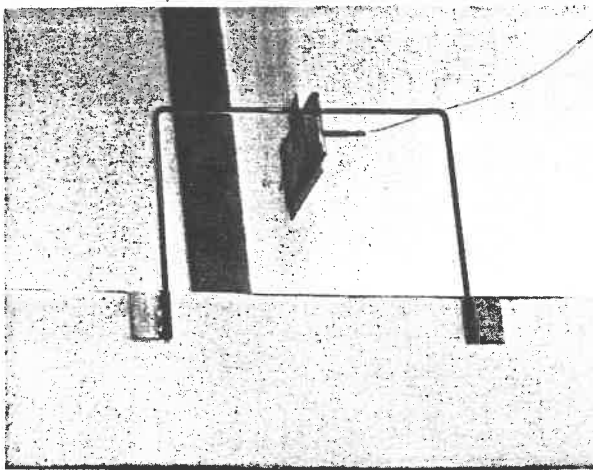


Abb. 2: Befestigung des Rechens an der Hinterkante

(Unterseite)

chenbreiten umgeeicht, vielmehr wurde die Verstärkung des Rechendruckes so geändert, daß etwa der gleiche Minimalwert des Widerstandsbeiwerts wie beim Kanalrechen angezeigt wurde. Die Absolutwerte der Widerstandsbeiwerte können daher nicht verglichen werden. Dieser Rechen war zur Ermittlung der richtigen Wölbklappenstellung gedacht. Ergebnis: Das obere Delleneck wird richtig wiedergegeben, am unteren Delleneck wird ein flacherer c_w -Anstieg angezeigt. Bei Widerstandsmessungen im Nachlauf muß dieser an der Meßstelle nahezu symmetrisch sein. Deshalb muß der Abstand von der Profilhinterkante mindestens zehn Prozent der Profiltiefe betragen. Um den Einfluß der Flugeschwindigkeit auszuschalten, muß bei Flugmessungen die Druckanzeige für den Widerstand durch den Staudruck dividiert werden, wie es in /5/ beschrieben wird. Mit Hilfe eines Analogdividierers kann dann der unkorrigierte dimensionslose Widerstandsbeiwert bestimmt werden. Und dennoch: Trotz des angestrebten stationären Flugzustandes treten Druckänderungen auf, die zu falschen Anzeigen führen können. Dies ist besonders der Fall, wenn ein Rechen zur Optimierung der Wölbklappenstellungen im normalen Flugbetrieb verwendet wird.

Sorgfältige Kompensation notwendig

Voraussetzung für eine einwandfreie Anzeige ist die Kompensation der pneumatischen Einstellzeiten der Druckzuleitungen zu den Drucksensoren. Der Drucksensor für den Widerstand mißt die Differenz zwischen dem ungestörten Gesamtdruck und dem Druck aus dem Rechen. Die Zuleitung zum Rechen besteht aus einem dünnen und ziemlich langen Schlauch entlang der Flügelhinterkante ins Cockpit. Der ungestörte Gesamtdruck kann der Bordanlage entnommen werden. Hier sind die Schlauchdurchmesser größer, aber (mindestens) das Volumen der Meßdose im Fahrtmesser kommt dazu.

Zur Kompensation muß die ganze Druckmeßeinrichtung (Drucksensor, Rechen, ein Fahrtmesser und Zuleitungsschläuche mit derselben Länge wie im Flugzeug) in einen einigermaßen luftdichten Behälter gebracht werden. Notfalls genügt ein durchsichtiger Plastikbeutel, der aufgeblasen und abgedichtet wird. Durch leichtes Einblasen über einen Schlauch (oder Zusammendrücken des Beutels) wird eine Druckänderung erzeugt. Zeigt sich dabei ein Ausschlag am Sensor, muß dieser durch Änderung der Schlauchlängen und eventuell durch zusätzliche Volumina beseitigt werden.

Eine erste Maßnahme ist, daß man in die Zuleitung vom Gesamtdruck der Bordanlage einen Schlauch mit gleicher Länge und Durchmesser wie zum Rechen einfügt.

Wenn durch den Staudruck dividiert wird, muß auch der Staudrucksensor pneumatisch kompensiert werden. An der statischen Bordanlage sind im allgemeinen mehrere Instrumentengehäuse angeschlossen. Es ist daher zu empfehlen, den statischen Druck für den Staudrucksensor einer separaten statischen Druckanbohrung zu entnehmen. Um die ganze Anlage zu kompensieren, müßte der Flugzeugrumpf in einen Raum gebracht werden, in dem leichte Druckänderungen produziert werden können, wie zum Beispiel in einer Garage: Schnelles Schließen und Öffnen des Kipptores liefert den gewünschten Effekt.

D. Althaus

Literatur

- /1/ D. Althaus: Widerstandsmessung mit integrierenden Rechens. Institutsbericht 1990
- /2/ D. Althaus: Drag Measurements on Airfoils. Vorgetragen beim 17. OSTIV-Kongress Paderborn 1981
- /3/ R. H. Johnson: At last: an Instrument that reads drag. Soaring Oktober 1983
- /4/ Kein Problem mehr: Optimale Wölbklappenstellung. Richard Johnson entwickelte ein Meßsystem für die Klappenstellung. aerokurier 3/1984
- /5/ D. Althaus: Ein Meßinstrument für den Profiwiderstandsbeiwert. Institutsbericht 1985

Nur vier Tage beim 25. Hahnweide-Wettbewerb

Vier Wertungstage brachte diesmal der Hahnweide Wettbewerb vom 19. bis zum 26. Mai. Er ging damit gerade zu Beginn des „Jahrtausend-Wetters“, das schon am Freitag, 25. Mai, über

dem nördlicheren Deutschland einsetzte, zu Ende.

In der Offenen Klasse holte sich Ulrich Knaus (ASW 22BE) mit 3046 Punkten den Sieg vor dem Team Schwenk/Baumann (ASH 25) und dem Schweizer Hans Binder (Nimbus 3T). Das Rennen in der 17-m-Hahnweide-Klasse entschied Hartmut Karmann (Ventus C) mit 3002,7 Punkten vor Werner Neuboldt (Ventus b) und der Mannschaft Treiber/Back (Ventus CT). Michael Grund (Ventus C) hatte in der Rennklasse die Nase vorn. Rund vierzig Punkte erzielte er mehr als Werner Meuser (Ventus C), der sich damit vor Walter Sinn (LS 6) und Erwin Sommer (LS6) platziert hatte.

In der Standard-Klasse behielt Holger Karow (Discus) mit 2594,5 Punkten die Führung vor dem Weltmeister von 1981, Marc Schröder aus Frankreich, der eine ASW 24 flog. Dritter wurde Martin Zikesch (Discus). Ihm folgten Klaus Karg (Discus) und Karl Giessen mit einem Jantar Standard 3 auf den Plätzen.

Bei den Doppelsitzern machte ein Team mit einem neuen Flugzeug den ersten Platz: Springer/Jankowski mit einer DG-500 Trainer.

AUSTRALIEN

Wintersegelflugwochen der ALPHA GLIDING TOURS im australischen Sommer 90/91

vom 5. November bis 3. Februar

Flugplatz Narromine

Einige Arrangements in Stichworten

Im Arrangementpreis sind die Linienflüge, der Segelflugcharter und eine Reiserücktrittskosten-Versicherung enthalten.

Arrangement 10

16 Tage Segelfliegen mit ASH 25/ Discus b/ASW 24/LS4, in Kombination vom 5.-18. November 1990 für 2 Teilnehmer zu nutzen.

Gesamt: DM 3.999,-/Person

Arrangement 20

16 Tage Segelfliegen mit ASH 25/ Ventus C - 17,5 m u. Nimbus 3 - 25,5 m, in Kombination vom 5.-18. November 1990, für 2 Teilnehmer zu nutzen.

Gesamt: DM 4.750,-/Person

Arrangement 30

23 Tage Segelfliegen mit ASH 25/ ASW 24/Discus b und LS4, in Kombination vom 5.-25. November 1990, für 2 Teilnehmer zu nutzen.

Gesamt: DM 4.999,-/Person

Arrangement 40

23 Tage Segelfliegen mit ASH 25 und Ventus C - 17,5 m, in Kombination vom 5.-25. November 1990 für 2 Teilnehmer zu nutzen.

Gesamt: DM 5.500,-/Person

Weitere Arrangements auf Anfrage

ALPHA-GLIDING-TOURS GmbH

Ihr Reiseveranstalter für Segelfliegen
Geschwister-Scholl-Str. 11 · B.O. Box 1327
D-6242 Kronberg (Taunus)
Telefon 067 25/31 31
Telefax 061 73/44 88



Vor- und Zuname

Straße + Nr.

Land/PLZ/Ort

7/90