

Wölbklappen-Automatik

Günter Cichon, Weissbach, Bundesrepublik Deutschland

Vorgetragen beim XII. OSTIV-Kongress in Alpine, Texas, USA (1970)

Was ist zu gewinnen?

Unsere Wölbklappen-Segelflugzeuge haben ihre errechnete Leistungsüberlegenheit gegenüber den Segelflugzeugen mit starrem Flügelprofil in der Praxis nicht einhalten können. Bei der letzten Weltmeisterschaft siegten in der Offenen Klasse Segelflugzeuge ohne Wölbklappen, obwohl rechnerisch die Wölbklappen-Segelflugzeuge um 5 % höhere Reisegeschwindigkeiten erreichen. Wenn in diesem Jahr vielleicht dieses Bild nicht mehr klar erkannt werden kann, so kommen die Vorteile nicht von den Wölbklappen, sondern von den sehr grossen Spannweiten einzelner Maschinen.

Die Gründe, warum die Wölbklappen-Maschinen ihre theoretische Überlegenheit nicht in der Praxis verwirklichen können, sind leicht zu erkennen: Es überfordert den Piloten, während der ganzen Dauer des Fluges, zu jeder Zeit, die optimale Wölbklappenstellung einzuhalten. Die Leistungsverluste durch falsche Stellung der Wölbklappen sind beträchtlich. Die Anforderungen an die Aufmerksamkeit des Piloten sind gerade bei Einhaltung eines genauen Delphin-Flugstils mit stets wechselnder optimaler McCready-Fahrt sehr hoch. Auch Lösungen, die nur zwei oder drei Wölbklappenstellungen vorsehen, befriedigen nicht. Aerodynamisch optimal ist eine stufenlose (gleitende) Verstellung bereits bei geringen Geschwindigkeitsveränderungen.

Viele Piloten haben aus diesen Gründen eine psychologische Hemmung vor Wölbklappen-Segelflugzeugen. Sie glauben mit Recht, dass sie die volle Leistungsfähigkeit des Flugzeugs nicht werden ausschöpfen können. Auch wünschen sie, nicht durch die Wölbklappenverstellung ständig beansprucht zu werden.

Alle diese Probleme löst eine Wölbklappen-Automatik. Sie ist in der Lage, stufenlos (gleitend) zu jedem Zeitpunkt des Fluges die aerodynamisch günstigste Wölbklappenstellung einzustellen. Die Flugleistung wird gesteigert, und das Fliegen wird einfacher.

Besonders gross ist die zu erwartende Leistungssteigerung durch die vollkommene und automatische Ausbildung des Delphin-Flugstils.

Mit Hilfe der Wölbklappen ist es möglich, sehr rasche Auftriebsänderungen und damit sehr rasche Aenderungen der Flugbahn und der Fluggeschwindigkeit durchzuführen, bei gleich-

bleibender Horizontallage des Flugzeuges. Aber nur eine Automatik ist in der Lage, diese Reaktion schnell genug auszuführen, der Pilot käme zu spät. Bevor der Pilot die Instrumentenanzeige zur Kenntnis genommen und in die entsprechende Auftriebsänderung umgesetzt hätte, wäre er schon mindestens 200 bis 300 m über die ursprüngliche Anzeigestelle hinausgeflogen. Grössere Auf- oder Abwindfelder sollten wir aber nicht immer erwarten. Wir hinken bis jetzt immer einer längst vergangenen Auf- oder Abwindgeschwindigkeit nach. Darüber hinaus ist es ausserdem noch denkbar, dass der Turbulenz der freien Atmosphäre durch gleichartige Auftriebs- und Flugbahnänderungen Energie entzogen und damit eine neue Art des dynamischen Segelfluges erschlossen werden kann.

Welche Messwerte sind massgebend?

Zunächst wird man damit beginnen, die Wölbklappen-Automatik von der Fluggeschwindigkeit regeln zu lassen. Der Pilot braucht sich damit um die Wölbklappen nicht mehr zu kümmern, er steuert das Flugzeug nur mit dem Steuerknüppel. Um den leistungsmässig besten Klappenwinkel kümmert sich die Automatik. Zur Ausbildung des automatischen Delphin-Stils wird man dann die totalenergiekompensierte Steig- oder Sinkgeschwindigkeit oder die Anstellwinkelmessung mitverwerten. Für den dynamischen Segelflug schliesslich wird man Geschwindigkeits- bzw. Staudruckschwankungen, Anstellwinkel- und Höhenänderungen oder auch Beschleunigungen auswerten.

Ist die Automatik teuer?

Die Anlage ist verhältnismässig einfach aufgebaut. Es ist daher nicht zu erwarten, dass sie hohe Kosten verursacht. Es werden mehrere Lösungen für den Instrumententeil der Automatik angegeben: eine mechanisch-elektrische, eine mechanisch-elektronische und eine rein elektronische.

Mechanisch-elektrische Lösung

Bild 1 zeigt die mechanisch-elektrische Lösung eines Instrumententeils, der bereits zwei Messergebnisse verarbeitet, nämlich die eines Fahrtmessinstrumentes und einer anstellwinkel-messenden Fühlflosse. In eine elastische Messdose (4) wird durch

Rohr- oder Schlauchleitung der Staudruck (5) geleitet. Eine zweite Leitung führt den statischen Druck (6) in den Raum oder das Gehäuse, das die Messdose (4) umgibt. Bei hoher Geschwindigkeit wird die Messdose (4) aufgetrieben, bei geringer Geschwindigkeit zusammengedrückt. Diese Formveränderung der Messdose (4) kann durch Zahnräder, Hebel und Gestänge (7) gegebenenfalls übersetzt und verstärkt werden und wird auf einen Messfühler (8) übertragen.

Dieser Messfühler (8) ist elektrisch leitend und berührt einen Wölbungsfühler (9), der mit den Wölbklappen (10) oder anderen bei der Wölbungsänderung bewegten Teilen durch Gestänge (11) oder andere Zwischenglieder verbunden ist und sich in Abhängigkeit von der Wölbungsänderung verschiebt. Der Wölbungsfühler (9) ist hier als Scheibe ausgebildet. Darauf befinden sich drei elektrische Kontaktbereiche für die Schaltung eines Elektromotors, und zwar ein Bereich für Vorwärtslauf (+) des Elektromotors, ein Bereich für Abschaltung des Elektromotors (0) und ein Bereich für Rückwärtslauf (-) des Elektromotors. Bild 2 zeigt das elektrische Schaltbild mit Messfühler (8), Wölbungsfühler (9), Elektromotor (12) und Akkus (25).

Der Wölbungsfühler (9) wird in seiner Stellung zum Messfühler (8) so einjustiert, dass der Messfühler (8) den Kontaktbereich (0) berührt, wenn optimale Wölbung und tatsächliche Wölbung (Wölbklappenstellung) übereinstimmen. Ändert sich die Geschwindigkeit des Flugzeuges, so verschiebt sich der Messfühler (8) und schliesst entweder den Plus-Stromkreis (+) oder den Minus-Stromkreis (-). Der Elektromotor (12) läuft daher vorwärts oder rückwärts an und ändert die Wölbung, bis der Kontaktbereich Null (0) des Wölbungsfühlers (9) wieder erreicht ist und der Elektromotor (12) wieder abgeschaltet wird. Man kann also sagen: Der Messfühler (8) nimmt den Null-Kontaktbereich (0) des Wölbungsfühlers (9) beständig mit sich. Jede Geschwindigkeitsänderung verursacht somit eine Wölbungsänderung. Falls die Aenderung der Wölbung infolge der Profilcharakteristik des Flugzeugs nicht genau linear oder parallel im Verhältnis zur Geschwindigkeitsänderung verlaufen soll, kann die Bewegung des Messfühlers (8) durch Federn, pneumatische oder hydraulische Dämpfungselemente oder durch zwischengeschaltete Uebersetzungen beeinflusst werden, so dass er bei jeder Geschwindigkeit die optimale Wölbung herstellt. Auch können durch solche Dämpfungselemente turbulenzbedingte Staudruckschwankungen, die Fahrtchwankungen lediglich vortäuschen und nicht wirksam werden sollen, ausgeklammert werden.

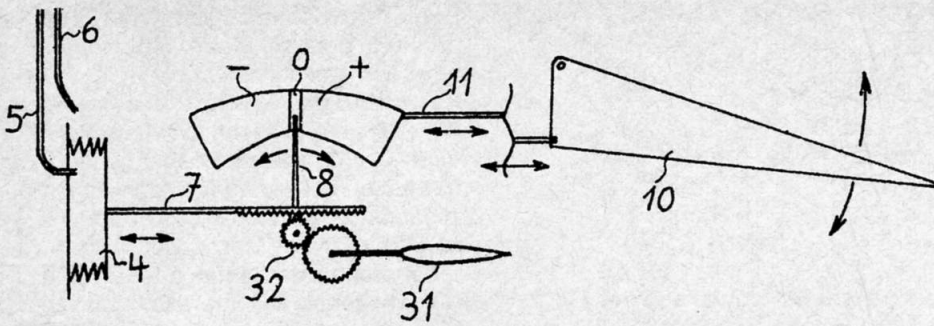
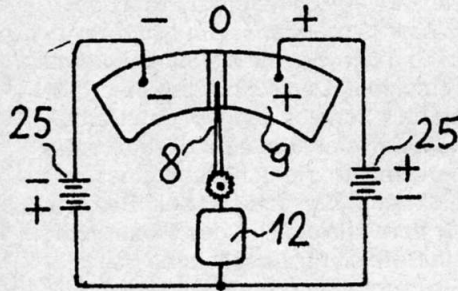


Abb. 1 Das Prinzip des mechanisch-elektrischen Instrumententeils mit Verarbeitung zweier Messergebnisse (schematisch)

Abb. 2 Das elektrische Schaltbild zum Instrumententeil nach Bild 1



Bei Messinstrumenten, wo Messdosen nicht vorteilhaft sind, gibt es andere bewegte Teile, die den Messfühler (8) verstellen können. So kann die Stauscheibe eines Stauscheibenvariometers den Messfühler (8) verstellen. Auch kann eine dem freien Luftstrom ausgesetzte Fühlflasse, die wie eine Windfahne den Anstellwinkel des Flugzeugs misst, den Messfühler (8) verstellen und dadurch die Wölbklappenstellung ändern. Es ist aber auch möglich, durch bewegte Teile eines Messinstruments unmittelbar elektrische Stromkreise herstellen oder unterbrechen zu lassen, beispielsweise auch durch die elektrisch leitend ausgebildete Flüssigkeitssäule eines Längsneigungsmessers. Die Auswertung mehrerer Messergebnisse ist auf mechanischem Wege möglich, indem mehrere Messinstrumente gleichzeitig auf den Messfühler (8) einwirken und sich teilweise aufheben oder verstärken. Durch entsprechende Ueber- oder Untersetzungen oder entsprechende Hebelkraftverhältnisse lässt sich auch ein Messwert in beliebigem Grad dominierend oder untergeordnet verwerten. Bild 1 zeigt als Beispiel eine Fühlflasse (31), welche auf den Anstellwinkel des Flugzeugs reagiert. Die Messdose (4) wie auch die Fühlflasse (31) versuchen, den Messfühler (8) zu verstellen. Nach dem vom Konstrukteur gewählten Hebel- oder Uebersetzungsverhältnissen (32) ist das Verhältnis bestimmt, nach dem die Bewegung des Messfühlers (8) anteilmässig durch jedes der Instrumente verstärkt oder abgeschwächt wird.

Mechanisch-elektronische Lösung

Bei der Verwertung von Messergebnissen, die elektronisch gewonnen werden (zum Beispiel elektrische Variometer), wird man eine elektronische Regelung der Automatik vorziehen. Auch beliebige mechanische Instrumente können in einen solchen Elektronikteil einbezogen werden. Die Messdose (4) oder ein beliebiges anderes Instrument verschiebt einen regelbaren Widerstand (Potentiometer) und beeinflusst dadurch einen «Messstromkreis». Gleichzeitig wird auch ein regelbarer Widerstand mit der Wölbungsänderung verstellt und dadurch ein «Wölbungsstromkreis» gesteuert. Die beiden Stromkreise werden mit Hilfe von Kondensatoren, Transistoren und Widerständen so angeschlossen, dass sich in der Stellung der optimalen Wölbung beide Stromkreise das elektronische Gleichgewicht halten — es fließt kein Strom. Durch die Veränderung des Potentiometers des «Messstromkreises» bekommt einer der beiden Stromkreise das Uebergewicht, und der Elektromotor (12) läuft vorwärts oder rückwärts an, bis das elektronische Gleichgewicht durch entsprechende Stellung des Wölbungspotentiometers wieder hergestellt ist. Zur Verstärkung der entstehenden schwachen Ströme sind in bekannter Weise Transistoren geeignet, unter Umständen auch Transformatoren. Wenn mehrere Messinstrumente die Wölbung beeinflussen sollen, so werden die von ihnen über Potentiometer ausgelösten Ströme anteilmässig mit Hilfe von entsprechenden Widerständen in den «Messstromkreis» einbezogen.

Elektronische Lösung

Eine Hitzdraht- oder Thermistor-Messsonde, die ihren Widerstand in Abhängigkeit von der Fluggeschwindigkeit oder Steiggeschwindigkeit ändert, oder andere von Messwerten beeinflussbare Widerstände steuern unmittelbar den «Messstromkreis». Im übrigen entspricht die Lösung der zuvor beschriebenen.

Der Antriebsteil für die Wölbklappen

Die Verstellung von Wölbklappen durch einen Elektromotor bereitet keine konstruktiven Probleme mehr. Vielmehr können bereits erprobte Serienteile von elektrisch verstellten Landeklappen der Motorflugzeuge benutzt werden.

Kombination von Handsteuerung und Automatik

Wünschenswert ist die Kombination einer Handverstellung der Wölbklappen mit der Automatik, denn die Automatik kann, insbesondere in ihrer Einstellung auf optimale McCready-Fahrt oder auf einem dynamischen Segelflug, erhebliche Änderungen der Flugzeugbahn verursachen, so dass der Pilot in der Nähe anderer Flugzeuge oder in Berg- oder Bodennähe unbedingt eingreifen oder die Wölbklappen fixieren können muss. Dazu werden zwei Lösungen angegeben, und zwar für eine mechanische und für eine elektrische Handverstellung (ohne Gestänge in Rumpf und Führerkabine).

Bei einer Kombination der Automatik mit einer mechanischen Handverstellung wird vorgeschlagen, dass der Handverstellhebel von der Automatik mitbewegt wird. Die Stellung des Handverstellhebels gibt dabei gleichzeitig Aufschluss über die Wölbklappenstellung. Der Handverstellhebel ist als automatischer elektrischer Schalter ausgebildet, der die Stromkreise der Automatik abschaltet. Seine Funktion zeigt Bild 3. Ein durch Federn (36) anliegender elektrischer Kontakt (34) wird getrennt, sobald die steuernde Hand des Piloten den Handverstellhebel (33) erfasst. Auch ist ein Kipphebel (35) für längere Fixstellungsrastung (38) vorgesehen, der ebenfalls gleichzeitig als elektrischer Schalter ausgebildet ist und die Stromkreise der Automatik unterbricht. Auf diese Weise sind die Wölbklappen beispielsweise für die Landung und den Start fixiert. Es ist noch das elektrische Kabel (37) eingezeichnet.

Es ist aber auch die Kombination der Automatik mit einer Handverstellung der Wölbklappen durch einen elektrischen Schalter ohne mechanische Zwischengestänge möglich. Mit dem elektrischen Schalter in der Führerkabine, der gleichzeitig wie ein Handverstellhebel ausgebildet sein kann, wird der durch den Kontakt von Messfühler (8) und Wölbungsfühler (9) vorbereitete Stromkreis abgeschaltet und statt dessen ein anderer Stromkreis eingeschaltet, wobei durch den Verstellhebel oder Schalter beliebige Messfühlerstellungen stufenlos auf dem Wölbungsfühler imitiert werden und so eine stufenlose Verstellung möglich wird.

Bild 4 zeigt eine andere Ausführung mit dem Vorteil grosser möglicher Ent-

fernung zwischen Schalter und Wölbungsfühler (9). Bei dieser Ausführung wird ein elektrischer Schiebeschalter (39) verwendet, der auch wie ein Handverstellhebel ausgebildet sein kann und der die Stromkreise der Automatik bei Berührung durch die verstellende Hand, durch Schalter (41) automatisch, unterbricht. Der Automatik-Stromkreis, der durch den Kontakt von Messfühler (8) und Wölbungsfühler (9) vorbereitet ist, wird durch den Schalter (41) abgeschaltet und statt dessen mit dem Schiebeschalter (39) auf andere Stromkreise geschaltet, die durch die Lage ihrer Kontaktstellen (40) bestimmte Wölbungsstellungen herbeiführen und somit eine Änderung der Wölbklappenstellung in kleinen Stufen ermöglichen. Bei den elektronischen Lösungen der Wölbungs-Automatik wird der «Messstromkreis» von den Messinstrumenten abgeschaltet und statt dessen ein Potentiometer von Hand verstellt und damit die gewünschte Wölbung herbeigeführt.

Um das Eingreifen der Handsteuerung bei den elektrischen und elektronischen Handverstellungen übergangslos zu gestalten, wird der Handverstellhebel oder der Verstellschalter mit der von

der Automatik eingestellten Wölbung mechanisch oder elektrisch entsprechend mitgeführt. Es ist damit gleichzeitig eine Anzeige der Wölbungsstellung erreicht. Auch ein durch den Wölbklappenwinkel verstelltes Potentiometer kann ohne Schwierigkeit die Wölbklappenstellung in einer Kontrollanzeige sichtbar machen.

Zusammenfassung

Die Verwirklichung der automatischen Verstellung der Wölbklappen nach Geschwindigkeitsmesswerten und Vario-Messwerten bis zur Ausbildung des automatischen Delphin-Stils verursacht keine besonderen Probleme. Auch die Voraussetzung eines exakten Totalenergie-Variometers ist als gelöst anzusehen.

Der erwartete grosse Leistungsgewinn ist vor allem darin begründet, dass die optimale Stellung der Wölbklappen in jedem Augenblick eingehalten ist, unabhängig vom Aufmerksamkeitsgrad des Piloten, und dass die optimale McCreeady-Fahrt genauer und vor allem rascher hergestellt wird. Elektrische Varios oder eine Fühlflosse, die Anstellwinkeländerungen misst, erlauben eine so reaktionsschnelle Auftriebs- und

Geschwindigkeitsänderung, dass bis an die Grenze der Belastbarkeit von Pilot und Material gegangen werden kann. Die liegende Haltung des Piloten und die enorme Festigkeit der neuen Glasfaserkunststoffbauweise haben diese Grenze in jüngster Zeit sehr weit nach oben verschoben. Beachtenswert ist auch, dass die Automatik auch kleine Unterschiede des Auf- oder Abwinds exakt optimal verwertet, während die Piloten der sehr schnellen Superflugzeuge bei Handsteuerung dazu neigen, beim ohnedies verzögerten Erkennen eines Aufwinds steil hochzuziehen bis zur Minimalfahrt. Oft erweist sich der Aufwind schwächer als erwartet, und der Pilot ist weit von der optimalen McCreeady-Fahrt abgewichen und hat einen oder mehrere Kreise unnütz geflogen.

Es wird erwartet, dass Segelflugzeuge mit einer Gleitzahl um 45 mit Hilfe der Wölbklappen-Automatik in der Lage sind, bei mittlerer Thermik ohne einen Thermikkreis beständig geradeaus im Delphin-Stil ihr Ziel anzufliegen.

Eine ausführlichere Beschreibung finden Sie in der Zeitschrift «deutscher aerokurier», Heft 5/1968.

Abb. 3 Wölbklappen-Handverstellhebel, bei dessen Anfassen die Automatik selbsttätig abschaltet.

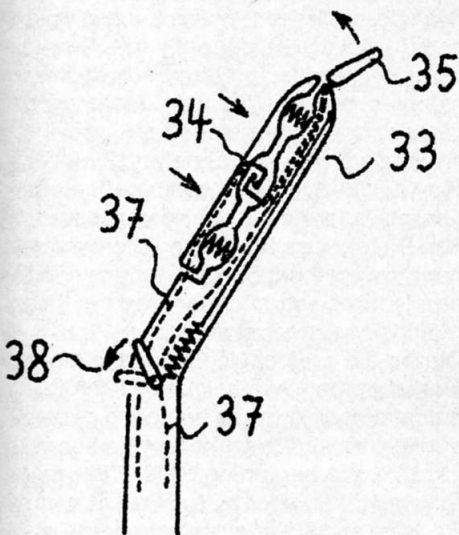


Abb. 4 Schaltbild für die Kombination einer elektrischen Handverstellung (ohne Gestänge in Rumpf und Cockpit) mit der Automatik.

