

08. 05. 2010

Jetzt geht dem Vario die Düse

Totalenergiekompensation bei Modellflugzeugen

Dass es in der letzten Zeit bei den Modellfliegern immer öfter piept, liegt am zunehmenden Einsatz von elektronischen Variometern mit Funkrückmeldung. Wie man damit aber auch die Thermik finden kann, zeigen uns die "großen" Segelflieger.

Variometertechnik mit elektronischen Drucksonden wird immer öfter am Markt angeboten. Sie liefert eine Information über das geometrische Steigen und Fallen des Modellflugzeugs. Piccolario Talk, das sprechende Funkvariometer von Renschler Instruments, oder das Sky-Assistent von pp-rc, welches im Heft "modellflieger" Dezember 2009/Januar 2010 ausgiebig beschrieben wurde, oder die Funkfernsteuerungstechnik im Bereich von 2,4 GHz, die Telemetriekanäle quasi "frei Haus" zur Verfügung stellt, liefern gute Lösungen. Meistens wird dabei der Ton des Variometersignales über UHF auf ein Walkitalki übertragen.

Knüppelthermik

Positioniert man ein solches Gerät im Rumpf des Modellflugzeugs, so misst es anhand der Druckabnahme in Referenz zur Standardatmosphäre die Flughöhe und durch Differenzierung des Höhensignals nach der Zeit das geometrische Steigen und Fallen, welches durch eine steigende oder fallende Tonhöhe signalisiert wird. Beim Steigen ist dieser Ton mit zunehmender Häufigkeit mit kleinen Unterbrechungen versehen. Zieht man nun am Höhenruder, so steigt die Tonhöhe, drückt man, so sinkt sie.

Dieser Effekt, der in der Fliegersprache auch als sogenannte "Knüppelthermik" bezeichnet wird, informiert den Piloten aber nicht über die wahren Verhältnisse der Thermik, in der sich das Modell gerade befindet. Zielsetzung ist es nun, eine Totalenergiekompensation zu erzielen, die die großen Segelflieger seit langem nutzen.

Modellgewicht bedeutungslos

Der Weg hierzu ist ganz einfach, führt man sich die physikalischen Zusammenhänge vor Augen. Segelflugmodelle sind zwischen 30 km/h und 100 km/h schnell. Zieht der Pilot am Höhenruder, so entsteht ein realer Höhengewinn, der sich energiebilanzmäßig aber nicht positiv auswirkt. Wird jedoch vom Variometer ein Signal ausgesendet, welches sich ausschließlich auf den Energiezuwachs bezieht, so ist die Information über

das Steigen und Sinken der umgebenden Luftmassen minus des Eigensinkens des Modellflugzeugs möglich.

Schauen wir mal ganz kurz in die physikalische Gleichung hinein, die beschreibt, wie beim Ziehen des Höhenruders die kinetische Energie der Vorwärtsgeschwindigkeit v des Modellflugzeugs in potenzielle Lageenergie proportional dem Höhengewinn h umgewandelt wird: $\frac{1}{2} m \cdot v^2 = m \cdot g \cdot h$. Das heißt, kürze ich die Masse m auf beiden Seiten heraus, ist das Geschwindigkeitsquadrat proportional zum Gewinn der potenziellen Energie. Die Konstante g wird dabei durch die Erdbeschleunigung gebildet. Dieser Prozess ist demzufolge unabhängig von der Masse des Modells!

Sogwirkung kompensiert

Ich will als Variometeranzeige aber nur den Energiezuwachs haben, nicht das geometrische Steigen. Also muss ich das Signal aerodynamisch von dem unerwünschten Anteil trennen. Dies funktioniert so, dass man den statischen Druck um die Komponenten verringert, die durch die Geschwindigkeit des Modells entsteht. Kompensationsdüsen haben in der Regel eine nach hinten geöffnete Bohrung, die durch Leesog einen solchen Effekt bewirkt. Da der Staudruck quadratisch zur Geschwindigkeit ist, die Lageenergie aber linear, ergibt sich hierdurch eine gute aerodynamische Lösung für die oben angeführte Gleichung.

Mechanischer Aufbau

Diese nach hinten geöffnete Bohrung, oder noch besser, ein Doppelschlitz, wird in einen abgedichteten und senkrecht zur Flugrichtung aufgestellten zylindrischen Körper eingebracht. Der Innenbereich dieses Rohres muss nun pneumatisch mit einem dünnen Silikonschlauch auf die statische Drucksonde des Varios geführt werden. Eine für den Modellflug sehr gut geeignete Variante einer solchen Düse ist in der beiliegenden Zeichnung dargestellt. Sie lässt sich sehr gut aus Messingrohr mittels Lötverbindungen bei einem Gesamtgewicht von ca. 8,2 Gramm fertigen.

Eine Herstellung aus Kohlefaserrohren, wie sie bei Lenkdrachen eingesetzt werden, ist unter zu Hilfenahme von Epoxidklebern ebenfalls bei einem Gesamtgewicht von nur 3,3 Gramm möglich. Beim Modellflugzeug ist für den Einsatz einer Kompensationsdüse eine aerodynamisch ungestörte Druckabnahmestelle erforderlich. Günstig ist hierzu das Seitenleitwerk, eine senkrecht auf dem Rumpf stehende Anordnung ist aber auch geeignet.

Was ist angesagt?

Die Höhenansage beim Vario wird nun durch die Düsenkompensation etwas verfälscht, was aber keinen großen Nachteil darstellt. Da 1 hPa etwa 50 km/h entspricht, 4 hPa etwa 100 km/h und 16 hPa etwa 200 km/h, und die barometrische Höhenstufe 8 m/hPa beträgt, ergibt sich dabei ein geschwindigkeitsabhängiger Ansagefehler mit dem Mittelwert von ca. 30 m. Dieser muss insbesondere bei der Landeeteilung berücksichtigt werden!

4m/s ist der richtige Einstellwert für den Anzeigenbereich des Varios, die Tonausblendung sollte so klein wie möglich eingestellt werden, ich will ja Informationen haben, ein stilles Variometer nützt mir nichts! Eine automatische Akustikanpassung mit umgebungsadaptiver Empfindlichkeitssteigerung ist wenig hilfreich, das Ohr sollte ja auf die realen Thermikverhältnisse kalibriert werden. Die Ansprechzeit ist mit 0,5 s am günstigsten gewählt, alle Einstellungswerte sind modellunabhängig, das ist bei den großen Segelflugzeugen auch nicht anders!

Bart finden und zentrieren

Mit dieser Düsenkompensation wird der Modellpilot in die Lage versetzt, Aufwinde sicher zu finden und beim Kreisen das Zentrum des "Bartes" besser auszumachen. Der größte Vorteil zeigt sich aber bei leichter Thermik oder geschlossener Wolkendecke, wo auch schwache Aufwindfelder noch sicher gefunden werden können, und so unerwartet lange Segelflüge möglich sind.

Auch in Fallgebieten hilft bei Düsenkompensation der tiefe und nicht unterbrochene Ton, da hier, wie beim echten Streckensegelflug auch, durch schnelleres Fliegen unnötiger Energieverlust vermieden werden kann. Und nun viel Spaß mit dem düsenkompensierten sprechenden Vario, weil es nun die richtige Sprache spricht, nämlich die Wahrheit!

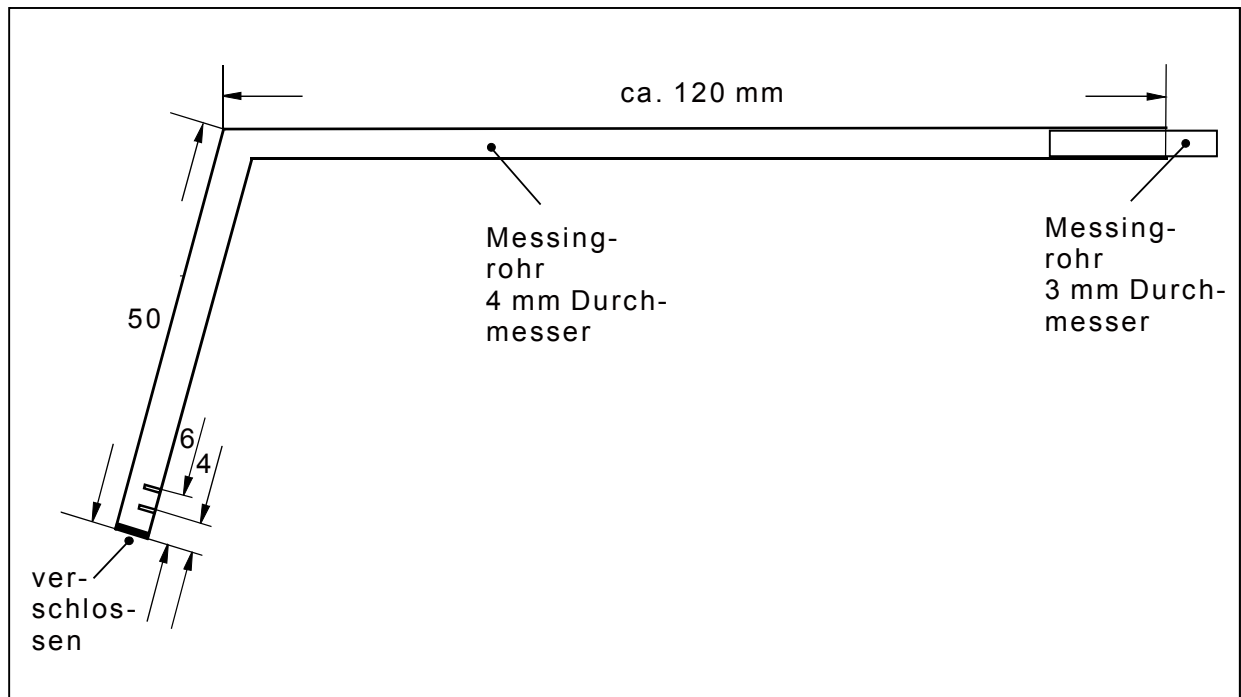


Bild 1 Maßstäbliche Zeichnung der Kompensationsdüse, die man aus Messingrohr mittels Lötverbindungen selbst fertigen kann

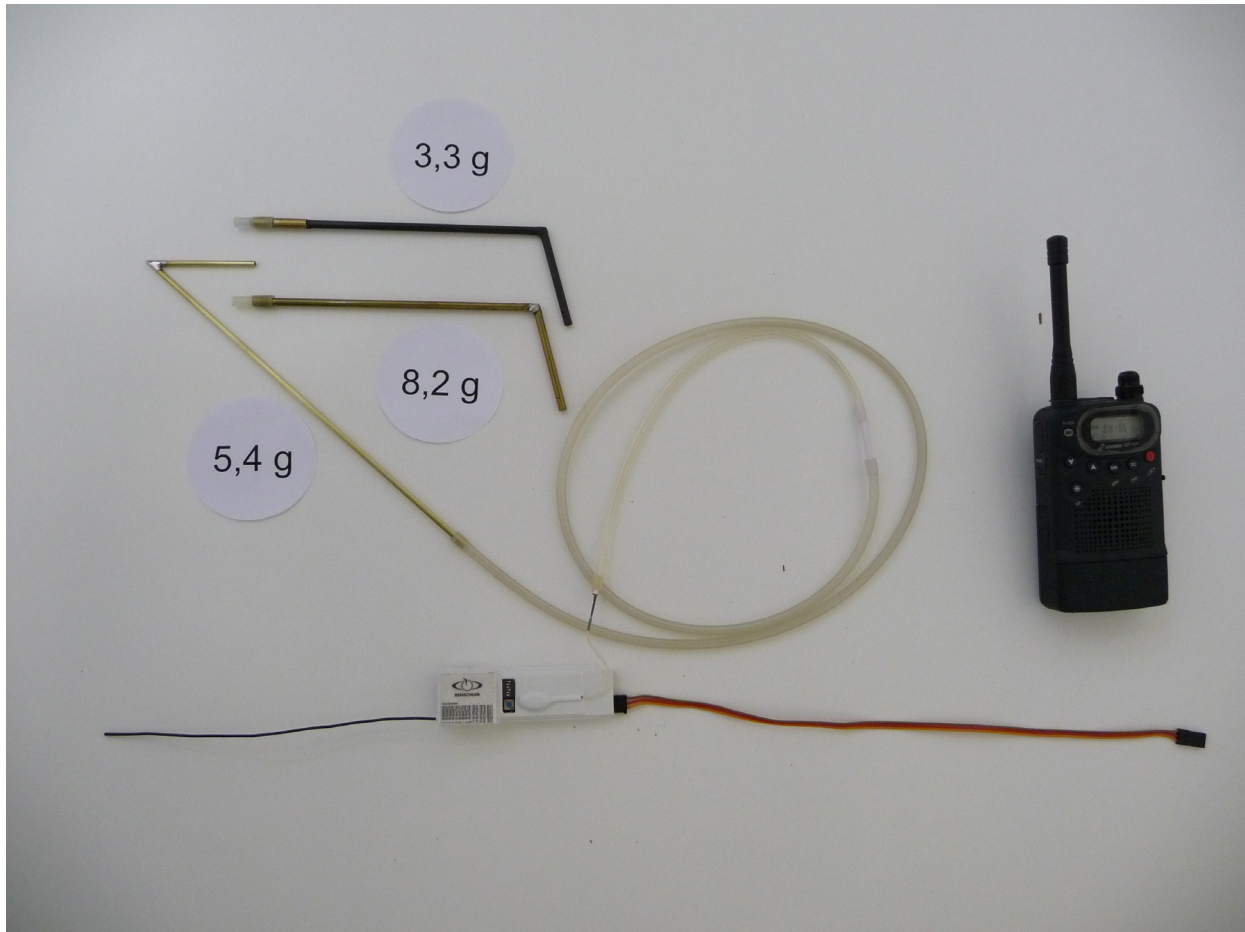


Bild 2 Gesamtübersicht über die im Modellflugzeug benötigten Komponenten und ihr Einzelgewicht. Dargestellt ist hier die Ausrüstung für einen Zweiachssegler



Bild 3 *Das Messingrohr für die Druckabnahmenstelle wird bei einem Zweiachssegler in den Nasenbereich des Seitenleitwerks einlaminieren, wie hier beim MOSQUITO von Graupner (2,5 m Spannweite) zu sehen ist*



Bild 4 *Vorderansicht der Anbringung am Seitenleitwerk des Elektroseglers CANDIDA von Graupner (3,6 m Spannweite). Das Aufsteckrohr mit dem Außendurchmesser von 3 mm ist im Seitenleitwerk in einen Balsaholzklötzchen eingelassen und daher auch gegen unerwünschte Stöße beim Handling des Modells gerüstet*



Bild 5 *Zur Abdichtung wird die Aufschubstelle mit einem Silikonschlauch überzogen, wofür sich Kraftstoffschlauch bestens eignet. Gut sichtbar ist hier auch der nach hinten geöffnete Doppelschlitz der Kompensationsdüse*



Bild 6 *Auch bei der ORBITA von Beineke Modellbau (2,4 m Spannweite) wurde im Seitenleitwerk eine Druckabnahmestelle eingearzt, die dann mit einem dünnen Schlauch nach vorne verbunden ist. Die Karbondüse wird zur Durchmesseranpassung mit einem gelöteten Messingadapter versehen, der wiederum mit einem Silikonschlauch abgedichtet werden muss*



Bild 7 *Die ORBITA von Beineke Modellbau (2,4 m Spannweite) mit Kompensationsdüse aus Karbon zusammen mit einem UHF-Walkitalki (433 MHz)*



Bild 8 *Mit Vario und Düsenanschluss herrscht im Rumpf der ORBITA ein echtes Gedränge*



Bild 9 *Die ORBITA im tiefen Vorbeiflug. Die Düse kann auch mit dem abgewinkelten Ende nach oben aufgesteckt werden, die Wirkung ist die gleiche*



Bild 10 *Die ORBITA im tiefen Vorbeiflug. Die Düse kann auch mit dem abgewinkelten Ende nach oben aufgesteckt werden, die Wirkung ist die gleiche*



Bild 11 *Die Zielitzer Halde bei Magdeburg-Loitsche schimmert im Hintergrund beim tiefen Vorbeiflug der ORBITA mit Kompensationsdüse aus Karbon*