

Telemetrie auf dem Prüfstand



ULRICH PASSERN

SKYPANEL von Ing.-Büro U. Schulz

Piloten bekommen einen Großteil der für sie wichtigen Fluginformationen von ihrem Allerwertesten gemeldet – was aber tun, wenn da nichts kommt, besagtes Organ einfach nur vor sich hin schlummert und auf bessere Tage wartet? Wir Modellflugsportler haben uns ein Ersatzorgan ausgeguckt und das im wahrsten Sinn des Wortes. Wir bedienen uns nämlich der Informationen, die uns unsere Augen liefern und sind damit ebenfalls erfolgreich; einige Spitzenpiloten bringen es doch tatsächlich fertig, ihre Segler an Tagen ohne irgendwelche offensichtliche Thermik stundenlang oben zu halten. Ok, nicht jeder hat so ein Adlerauge. Und – so

ist das nun mal – die Augen lassen im Laufe der Lebensjahre auch noch nach; ältere Fliegerkollegen können davon ein Lied singen. Was liegt näher, sich auch in diesem Bereich den Segnungen der modernen Technik zu bedienen und eine Telemetrieanlage in sein(e) Modell(e) einzubauen? Das aus den Großseglern bekannte Vario liefert schließlich alle notwendigen Informationen über ein drittes Organ – unsere Ohren.

Hilfen machen das Leben leichter

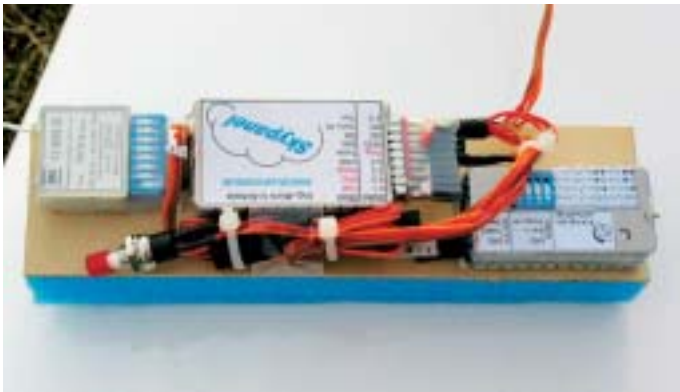
Erfahrene Modellflieger wissen, dass es elektronische Flughilfen bisher nie so ganz leicht hatten bei uns.

Kein Wunder, denn die Wünsche an so ein System gleichen der Quadratur des Kreises:

- + es soll hochgenau arbeiten und präzise Daten vermitteln
- + es soll möglichst klein und leicht sein
- + es darf auf keinen Fall die Empfangsanlage in den Modellen stören
- + es muss eine genügend große Reichweite haben
- + es soll robust und langlebig sein
- + es darf nicht allzu teuer sein.

Ein solcher Forderungskatalog setzt das Vorhandensein entsprechend leistungsfähiger, miniaturisierter und kostengünstiger Bau-

steine voraus – die waren bislang einfach nicht in der geforderten Qualität zu bekommen. Das hat sich mittlerweile geändert, die Industrie bietet hochsensible, temperaturkompensierte und Laserkalibrierte Sensoren an, die sich mit einfachen Mitteln an moderne Mikroprozessoren an koppeln lassen. Was heute möglich ist, zeigt ein kurzer Blick auf das SKYPANEL von Ingenieurbüro Schulz: ein komplettes Telemetriesystem inklusive mehrerer Sensoren und einem leistungsfähigen Sender passt locker auf eine Grundfläche von 16×4 cm und wiegt nicht mehr als 90 Gramm.



Das komplette Telemetriesystem auf einem Holzträger – kompakte Maße und ruckzuck getauscht



Ein behelfsmäßiger Einbau der TEK-Düse ist nicht exakt genug ...

Harter 3-Season Alltagstest

Aber auch wenn es mittlerweile Bauteile gibt, die früher undenkbar waren: wer daran geht, ein Telemetriesystem für den Modellsport zu entwickeln, der stellt sich einer Mammutaufgabe. Der muss ein umfangreiches Know-How aufbauen, eine Vielzahl von aerodynamischen, messtechnischen und elektronischen Problemen lösen und nicht zuletzt eine Unmenge an Zeit investieren.

Ein FMT-Test eines solchen Systems sollte dementsprechend fair, aber auch gründlich sein; wir haben das SKYPANEL von Ingenieurbüro Schulz deshalb fast 10 Monate lang einem harten 3-Season Alltagstest unterzogen.

Und so musste sich das Skypanel im ungewöhnlich heißen Sommer 2003, im wechselhaften Herbst und an kalten Tagen des Frühjahrs 2004 bewähren. Lesen Sie selbst, ob und wie es diesen Test-Marathon gemeistert hat.

Unscheinbares Äußeres, solide innere Qualitäten

Auf den ersten Blick macht das SKYPANEL mit angeschlossenem SKYMELODY-Vario nicht allzu viel her. Zwei kleine quadratische Kästchen, dazu ein noch kleinerer Sendebaustein der HM Funktechnik GmbH und ein Kabelbaum – das wars. Aber schon der zweite Blick zeigt, dass hier ein Köhner am Werk war, denn alle drei Gehäuse sind aus Metall und haben speziell ausgebildete Gehäuse-Deckel, die die Gehäuse HF-technisch besonders gründlich verschließen. Wozu das gut sein soll? Nun, alle elektronischen Schaltungen und insbesondere empfindliche Sensoren sind außerordentlich empfänglich für Störstrahlungen aller Art; ein Telemetriesystem arbeitet aber immer mit einem eigenen Sender und muss deshalb besonders gut gegen Störfrequenzen geschützt sein. Sensoren gibt's bereits im Grundbaustein des Systems, dem SKYPANEL, zur Genüge: gleich zehn Auswertungs-Möglichkeiten sind abruf-



... erst ein Festeinbau der TEK-Düse brachte eine zufriedenstellende Kompensation

bar und können im nichtflüchtigen Datenlogger abgespeichert werden.

Flexibles Modulsystem

Dass bei der Konstruktion des SKYPANEL nachgedacht wurde, ist an vielen Stellen deutlich zu erkennen. Eine der Stärken des Systems ist seine Modulbauweise – sie ermöglicht einen flexiblen Einsatz je nach Bedarf. So kann man das SKYPANEL ohne Sendebaustein einsetzen, es arbeitet in dieser Konfiguration als Flugschreiber und ermöglicht eine nachträgliche Auswertung verschiedener Flüge am PC. Betreibt man das SKYPANEL zusammen mit

dem Sendebaustein, kann man die Daten sofort auswerten und sich so im Flug über die diversen Sensorwerte informieren. Wer nur die Vario-Information braucht oder nicht so viel Platz im Modell hat, kann den Sendebaustein direkt an einen SKYMELODY-Variobaustein anschließen. Schlussendlich verfügt das SKYPANEL als echtes Telemetriesystem natürlich auch über einen externen Datenbus, an dem weitere (auch zukünftige) Bausteine zur Erfassung diverser sonstiger Modellparameter anschließbar sind. Die Tabelle gibt einen Überblick über die Optionen. Eine ganze Reihe der neuen Sensor-

SKYPANEL Hauptbetriebsarten

Der modulare Aufbau des Telemetriesystems erlaubt eine Vielzahl von verschiedenen Einsatzmöglichkeiten. Die drei Hauptbetriebsarten:

Black-Box

In der Hauptbetriebsart Black-Box wird nur das SKYPANEL Hauptmodul an den Modell-Empfänger angeschlossen und arbeitet als Flugschreiber - der Sendebaustein sowie das Vario-Modul entfallen. Das SKYPANEL arbeitet in dieser Konfiguration völlig autark, ermittelt laufend wichtige Parameter wie Flughöhe, Flugzeit, Temperatur, Stellung diverser Endschalter (z.B. Fahrwerk) oder die Qualität des Empfängersignals. Im internen Speicher werden zahlreiche Flüge abgelegt – die Auswertung am PC kann auch noch Wochen danach erfolgen.

Vario

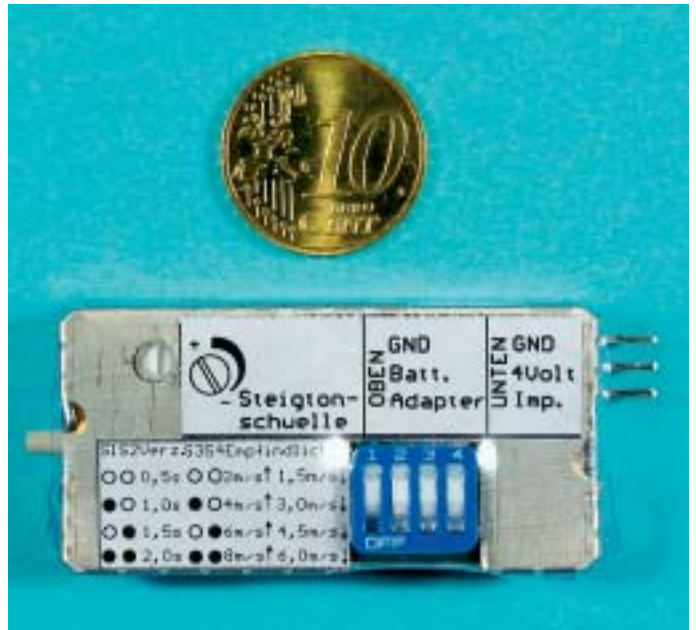
In der Betriebsart „Vario“ wird das Vario-Modul SKYMELODY direkt an den Sendebaustein angeschlossen – alle anderen Bausteine entfallen. Das ergibt einen sehr kompakten Aufbau, der auch in kleinen Seglern Platz findet und dem Piloten nur das Vario-Signal übermittelt.

Telemetrie

In der dritten Betriebsart wird das SKYPANEL Hauptmodul zusammen mit dem Sendebaustein und einem oder mehreren zusätzlichen Sensoren eingesetzt und übermittelt eine Vielzahl von Telemetriedaten an den Empfänger auf dem Boden. Das ist sehr hilfreich bei der Auslegung von Antrieben oder Modellen.



Der SKYPANEL Zentralbaustein hat's ganz schön in sich – wiegt aber gerade einmal 30 Gramm



Das Vario SKYMELODY wiegt nur knapp 20 Gramm

Bausteine werden bis zum Sommer 2004 erscheinen, die GPS-Auswertung wird's wohl erst im Frühjahr 2005 geben (siehe Kasten „Hauptbetriebsarten“).

Einfache Inbetriebnahme

Moderne Technik muss nicht kompliziert sein, wenn sie durchdacht konzipiert wurde. Das SKYPANEL demonstriert das auf eindrucksvolle Weise, denn alle Optionen sind bereits ab Werk optimal voreingestellt. Die Inbetriebnahme des Systems gestaltet sich denn auch unkompliziert und umfasst nur drei Schritte:

- 1) Skypanel-Kabelbaum an den Modellempfänger anschließen,
- 2) den Sendebaustein, Vario und SKYPANEL-Hauptmodul an den Kabelbaum anschließen,
- 3) Fernsteuersender, LPD-Empfänger und Modell-Stromversorgung einschalten.

Der LPD-Empfänger, der die Telemetriedaten und das Vario-Signal auf dem Boden empfängt, ist übrigens nichts anderes als ein ganz normales LPD Funkgerät von Conrad Elektronik – natürlich können auch andere LPD-Band Empfänger eingesetzt werden.

Einfache Datenübermittlung

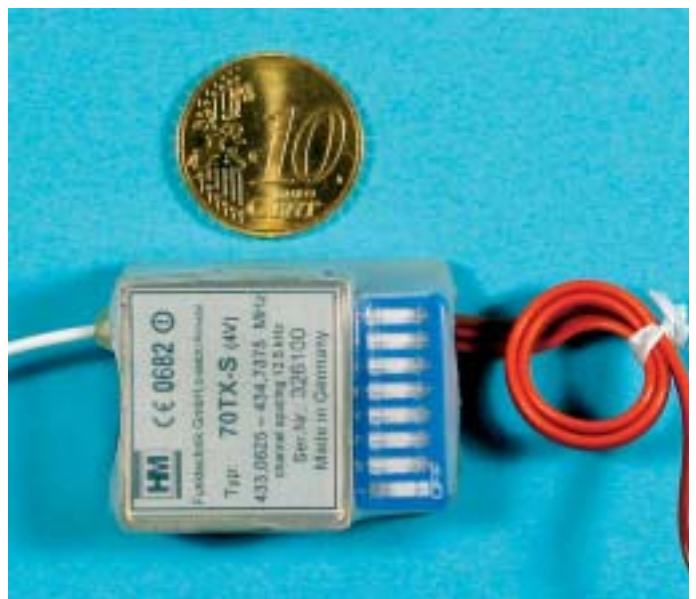
Wer schon einmal ein Telemetriesystem eingesetzt hat, der wird sich fragen, wie beim SKYPANEL denn

Variable Ansagen

Die vielfältigen Informationen des SKYPANEL müssen nicht bei jedem Flug zur Verfügung stehen. Manchmal möchte man genauestens über alle Flugparameter bescheid wissen – manchmal genügt es, wenn lediglich kritische Daten übermittelt werden.

Das SKYPANEL berücksichtigt das und erlaubt die Steuerung der Sprachausgaben über einen Schiebe- und Dreipunktschalter am Sender. Die Bandbreite reicht von der „Vollauskunft“ mit der regelmäßigen Ansage aller Werte über die zeitgesteuerte Ansage aller Werte bis zum „Still-Modus“, in dem nur ausgewählte Ereignisse gemeldet werden. Generell gilt, dass das Vario-Signal während der Ansagen leise geschaltet wird.

nun die Daten an den Piloten übermittelt werden. Auch hier hat Ingenieurbüro Schulz eine überraschend einfache aber geniale Lösung gefunden: die Daten werden einfach per Sprache übertragen. Klar, der Pilot hat während des Fluges kaum die Möglichkeit, auf ein Display zu schauen – also hat Schulz es gleich ganz weggelassen. Und damit die Bodenstation so weit vereinfacht, dass sie nur noch aus einem einfachen Empfänger besteht. „Moment mal, das würde ja bedeuten ...“ – ja, völlig richtig, wenn am Boden nur ein einfacher Empfänger ist, muss im SKYPANEL ein kompletter Sprach-



Professioneller 138-Kanal-Sender der HM Funktechnik GmbH (20 Gramm)

Synthesizer eingebaut sein. Und der ist – kaum noch überraschend – optimal ausgelegt worden; gleich nach dem Einschalten meldet das System den Versionsstand der System-Firmware, den aktuellen Luftdruck, die momentane Flughöhe, die Empfängerspannung, die Temperatur und den aktuellen Stand aller vier Schalter. Die Stimme des SKYPANEL entstammt einem weiblichen Wesen (wer mag wohl hinter dieser freundlichen Stimme stehen?) und ist sehr gut zu verstehen. Was gar nicht so selbstverständlich ist, denn ein Sprach-Synthesizer verschlingt bei hoher Sprach-Auflösung

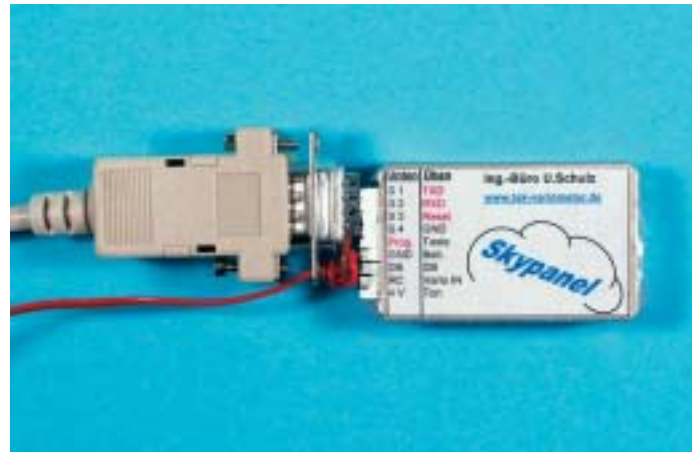
große Mengen an Speicher; außerdem muss das System ja eine Vielzahl von Text-Blöcken für die Ansage der verschiedenen Messwerte vorrätig halten. Wie es Schulz geschafft hat, all diese Funktionen zusammen mit den Sensoren, dem Microcontroller und einem großen Messdaten-Speicher in das kleine SKYPANEL-Gehäuse zu quetschen, bleibt sein Geheimnis. Alle Achtung! (siehe Kasten **Variable Ansagen**“)

Der Hand-Test

Ein Telemetriesystem – insbesondere ein Vario – kann man mit einfachen Mitteln in Verlegenheit bringen. Dazu



Perfekt HF-dichte Gehäuse sind beim SKYPANEL eine Selbstverständlichkeit



Zum Auslesen wird das SKYPANEL über einen Spezialstecker an den PC angeschlossen



umfangreiches Zubehör, weitere Sensoren sind in Vorbereitung

schaltet man es ein, legt es auf den Tisch und hält seine Hand knapp 10 Zentimeter über das Gerät. Nein, das hat nichts mit einer Beschwörungs-Technik zu tun; die Hand wirkt dabei als Kondensator und koppelt das Sendersignal in die Leitungswege des Systems ein. Klingt gemein und ist auch gemein. Das Vario erkennt jetzt fälschlicher Weise ein Steigen oder Sinken (je nachdem, ob man die Hand über dem Vario nach oben oder unten bewegt) – das ist bei der großen Empfindlichkeit eines Varios völlig normal. Schlecht ausgelegte Systeme kann man mit dem Handtest aber völlig außer Tritt bringen, sie produzieren dann ein

unsinniges Daten-Chaos. Das SKYPANEL mit angeschlossenem SKYMELODY reagiert dagegen nur wenig auf den Handtest; die Flughöhe bleibt unverändert und die Vario-Signaländerung hält sich in Grenzen.

Hohe Auflösung des Flughöhen-Sensors

Die schwierigste Disziplin für ein Telemetriesystem ist die Bestimmung der Flughöhe. Rein technisch gesehen gibt es nur drei Möglichkeiten, die Flughöhe zu ermitteln: per Ultraschall, per Laser oder über den Luftdruck – das GPS-Signal gibt keine Höheninformation aus.

Wer sich mit der Materie einmal etwas genauer beschäftigt hat, der weiß, dass die Bestimmung der Flughöhe über den Luftdruck äußerst kompliziert ist. Die Druck-Änderungen pro Meter Flughöhe sind derart gering, dass man sie eigentlich gar nicht mehr messen kann. Dazu kommt, dass jeder Drucksensor – sei er jetzt temperaturkompensiert oder nicht – eine „Temperaturdrift“ hat, die viel größer ist als die zu messenden Luftdruckschwankungen. Aber auch wenn der Sensor ein gutes Signal liefert – der Microcontroller im Telemetriesystem besitzt nur ein begrenztes Auflösungsvermögen, kann

das Sensor-Signal also nur relativ ungenau auswerten.

Schaut man in die Technischen Daten des SKYPANEL, dann wird die Auflösung der Höheninformation mit 1 Meter (!) angegeben. So eine Aussage muss natürlich sofort überprüft werden. Also wird das Skypanel auf den Boden gestellt, eingeschaltet (Flughöhe 0 Meter) und dann so weit nach oben gehoben, wie die Arme reichen. Die Ansage lautet nun – man traut seinen Ohren kaum: „Höhe 2 Meter“. Na gut, also wird das SKYPANEL auf den Tisch gestellt (ca. 80 Zentimeter hoch) – das SKYPANEL sagt jetzt eine Höhe von 1 Meter an! Unglaublich, was das kleine Gerätchen so alles auf dem Kasten hat.

Weitere Tests bei verschiedenen Außentemperaturen ergaben, dass der Höhensensor des SKYPANEL präzise funktioniert – egal, ob es draußen heiß oder kalt ist. Die Temperaturkompensation des Drucksensors ist perfekt gelungen und lässt sich nur schwer austricksen. Auch nach langen Flügen ermittelt das SKYPANEL die Flughöhe nach dem Landen korrekt mit 0 Meter.

Aber natürlich hat auch die beste Technik ihre Grenzen und so sollte man dem SKYPANEL etwas Zeit lassen, sich an die Außentemperaturen anzupassen (z.B. wenn man es im Winter aus dem warmen Auto holt). Ebenso klar sollte dem Benutzer sein, dass Änderungen in den Umgebungsbedingungen (plötzliche Temperatursprünge, Sonneneinstrahlung, Handtest, usw.) durchaus Auswirkungen auf den hochsensiblen Drucksensor haben können; eine



Reiner Vario-Betrieb: das SKYMELODY ist direkt an den Sendebaustein angeschlossen – der Kabelbaum (Mitte) wirkt hier allerdings etwas überdimensioniert

Ungenauigkeit von +/- 2 Höhenmetern kann deshalb immer mal vorkommen und ist völlig normal. Eigentlich geht es ja auch nur darum, die Flughöhen-Information zu bekommen – und die liefert das SKYPANEL mit mehr als ausreichender Genauigkeit.

Das Vario

Eine besondere Stärke des SKYPANEL ist sicher das Vario SKYMELODY, dessen Entwicklung mittlerweile mehrere Generationen umfasst (alle SKYMELODY-Modelle können an das SKYPANEL angeschlossen werden). Das Vario arbeitet mit einem separaten Drucksensor, lässt sich optional mit TEK-Düse betreiben (siehe Kasten) und erlaubt dann die Ausblendung der Knüppelthermik. Wieder einmal eine gut durchdachte Konstruktion. In der Praxis muss man beim Einbau der TEK-Düse sehr exakt vorgehen; ein versuchsweiser Probeanbau der TEK-Düse für Kreuz- und T-Leitwerke brachte zunächst keine einwandfreien Ergebnisse. Also wurde das Testmodell mit einer fest-eingebauten TEK-Düse für V-Leitwerke ausgerüstet – jetzt konnte die Kompensation gut beobachtet werden. Hier sollte man also die Einbauanleitung genau-

estens beachten (siehe **Kasten Ing. Büro Schulz**).

Schulz hat sich bei der Auslegung des Variosignals für eine stufenlose analoge Tonaufbereitung ohne Tonausblendung des Nullschieberbereichs entschieden. Das ist angenehm für die Ohren und man erhält eine sehr empfindliche Vario-Information, die auch das Zentrieren in einem sehr schwachen Thermikschlauch erlaubt. Das Umschalten Steigen-Fallen-Steigen ist deutlich erkennbar und macht nach kurzer Eingewöhnung ein intuitives Fliegen möglich. Insgesamt lässt das Vario-Fliegen mit dem SKYPANEL/SKYMELODY keine Wünsche mehr offen.

Erstaunlich aber wahr: die beiden 12-jährigen Testpiloten konnten ihre Segelflug-Künste mit Hilfe des Varios auf Anhieb steigern. Bei einem Flug konnte die Ausgangshöhe ohne Motor-Einschalten sogar verdoppelt werden – der junge Pilot bekam entsprechend glänzende Augen ...

Komfortable Flugauswertung

Ein Telemetriesystem lebt nicht zuletzt von der Auswertung der Flugdaten. Und auch hier wurde beim SKYPANEL die technisch optimale Lösung realisiert, denn der große Datenspei-



SKYMELODY in einem Lift Off XS – kein Problem



der Kabelbaum kann fest ins Modell eingebaut werden – die Module werden dann nur noch angesteckt

cher ist nicht-flüchtig und kann die Daten zahlreicher Flüge aufnehmen. Stellt man zum Beispiel den Aufzeichnungstakt auf 15 Sekunden ein, erhält man eine Aufzeichnungsdauer von über 33 Stunden. Entsprechend viel Spaß macht dann die Auswertung der Flüge am heimischen PC; das Auswertungs-Programm mit Namen FlightBook ist grafisch hervorragend aufgebaut und erlaubt die Abspeicherung der Messwerte u.a. im Excel CSV-Format. Natürlich kann man das SKYPANEL auch über das FlightBook parametrieren (siehe Kasten **Mehrkanalsender**).

Test-Resümee

Selten hat ein Gerät so restlos überzeugt wie das SKYPANEL von Ing. Büro Schulz. Die Konstruktion wurde mit viel Köpfchen und Know-How durchgeführt und so bietet das Gerät in allen Bereichen die jeweils optimale technische Lösung. Das Gerät ist kompakt, robust und störungssicher aufgebaut, variabel einzusetzen und bietet zahlreiche Ausbaumöglichkeiten.

Wenn es überhaupt einen Kritikpunkt gibt, dann betrifft dies höchstens den Kabelbaum, der die einzelnen Module miteinander ver-

Mehrkanal-Sender

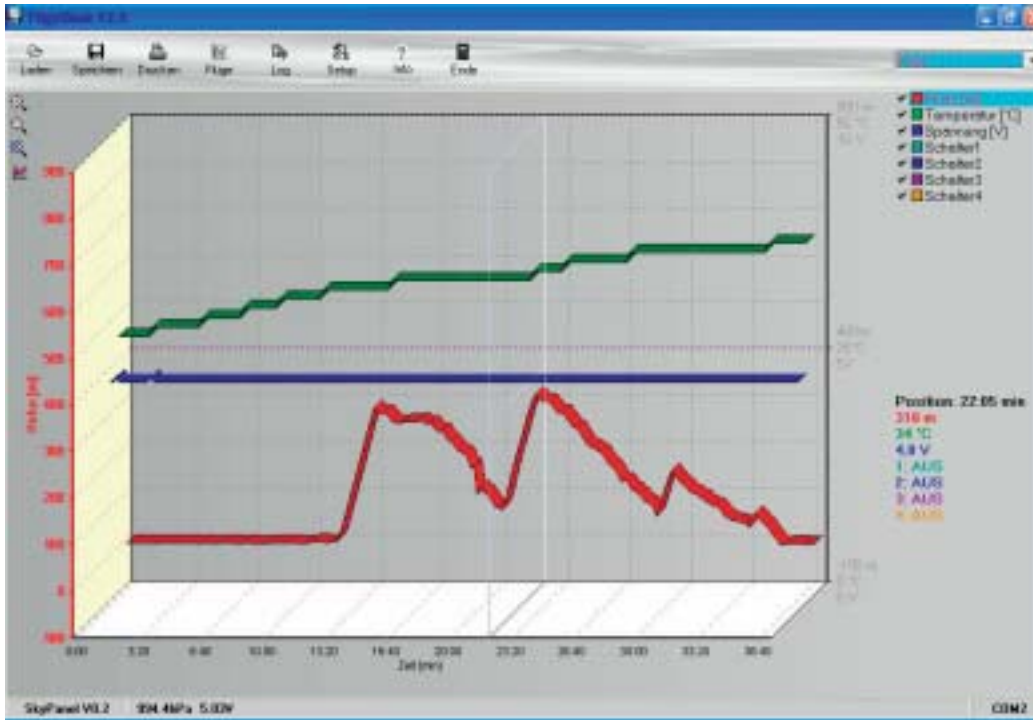
Das SKYPANEL kann mit zwei verschiedenen Sendern bestellt werden. Neben dem Einkanal-Sender gibt es auch eine Mehrkanal-Ausführung, die mit einem 8-fach DIP-Schalter ausgerüstet ist. Dieser Sender erlaubt die Einstellung von nicht weniger als 138 (!) Sendefrequenzen und dürfte somit für jeden Einsatzzweck gerüstet sein. Die Reichweite war beim getesteten Mehrkanal-Sender mehr als ausreichend und hat – auch bei ungünstiger Verlegung der Sendeantenne – zu Problemen geführt.

TEK – Ing. Büro Schulz klärt auf

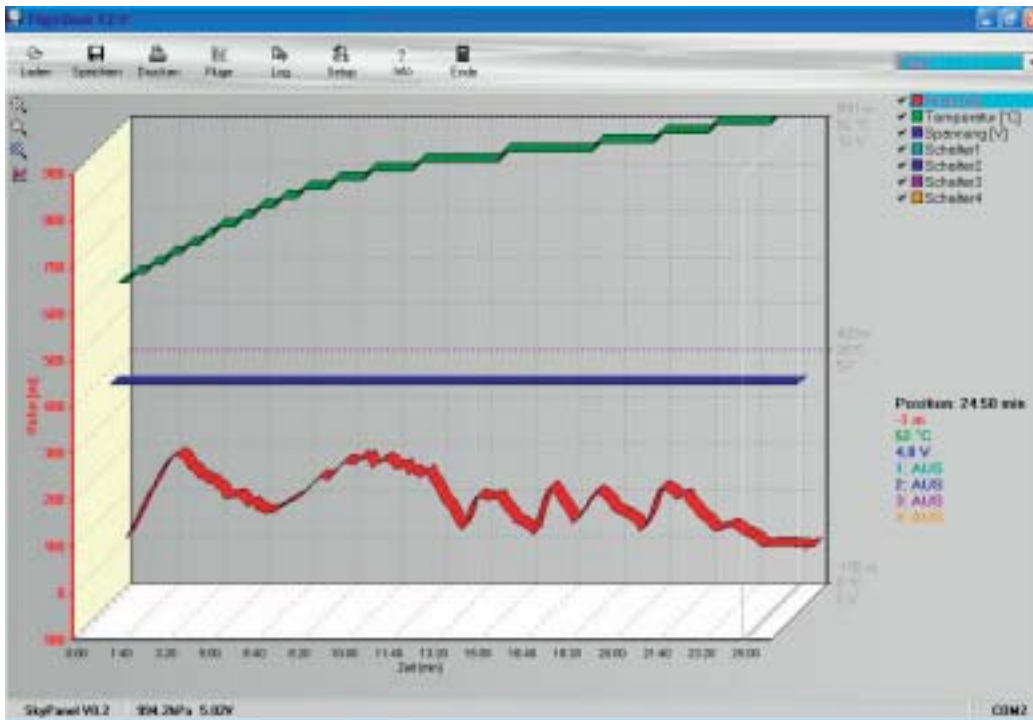
Bei Nutzung der TEK (Totalenergie-Kompensation), also Ausblendung der Knüppelthermik mittels der TEK-Düse, steht nicht mehr alleine der örtliche höhenabhängige Luftdruck am Sensor an, sondern auch der fahrtabhängige Unterdruck.

Genauer gesagt: durch die gesamte Geometrie der Düse wie Winkel, Rohrdurchmesser, Lochgröße usw. wird ein Differenzdruck erzeugt, der sich aus dem statischen Höhendruck und dem dynamischen (geschwindigkeitsabhängigen) Unterdruck zusammensetzt.

Daher ist es unbedingt notwendig zwei Luftdrucksensoren einzusetzen (einen für das Vario und einen für den Höhenmesser). Wollte man nur einen Sensor benutzen, wäre immer ein Höhenmessfehler vorhanden in der Größe des fahrtabhängigen Unterdruckes, der sich ja ändert, da wir nie mit konstanter Geschwindigkeit unterwegs sind. In der Großfliegerei wird es auch nicht anders gemacht.



Das Flightbook erlaubt eine detaillierte Auswertung der im SKYPANEL gespeicherten Flüge



Perfekte Temperaturkompensation des Höhensensors. Trotz Erwärmung auf über 50 Grad ermittelt der Sensor die Flughöhe nach dem Landen mit nur 1 Meter Ungenauigkeit.

Im SKYPANEL sind bereits zahlreiche Sensoren eingebaut

Interner Sensor	Funktion
Drucksensor	Erfassung der Flughöhe
Drucksensor	Integralvariometrie (in SKYMELODY-Varios)
Spannungssensor	Überwachung der Empfänger-Spannungsversorgung
Temperatursensor	Erfassung der Temperatur im Modell
PPM-Signal-Auswertung	Stör- und Reichweiten-Überwachung des PPM-Empfängers
PCM-Signal-Auswertung	Spezielle Failsave-Überwachung
Uhr	Erfassung der Flugzeit
4x Schalter-Eingang	Erfassung der Stellung eines Schalters

Das Telemetriesystem erlaubt den Anschluss zahlreicher zusätzlicher Sensoren

Externer Sensor	Funktion
Stromsensor	Messung des Motor-Stroms (in Vorbereitung)
Temperatursensor	Messung der Motor-/Akkutemperatur (in Vorbereitung)
Drehzahlsensor	Messung der Propeller-Drehzahl (in Vorbereitung)
GPS-Signal-Auswertung	Bestimmung des Standorts des Modells (in Vorbereitung)

bindet. Hier könnte eventuell noch optimiert werden.

Das SKYPANEL hat die Messlatte für Telemetriesysteme ziemlich hoch gelegt – die Konkurrenz dürfte es schwer haben, da noch drüber zu kommen. Wer das Gerät einmal eingesetzt hat, wird es in Zukunft nicht mehr missen wollen.

Bezug

Ing.-Büro Uwe Schulz, am Brammer 30, 29640 Schneverdingen, Tel.: 05193/52667, Fax: 05193/52669, e-mail: u.schulz@t-online.de, Internet: www.tek-variometer.de



Das Buch zum Thema

Walter Gerten
Segelflugmodelle und Elektrosegler

Der Autor gibt Tipps von der Montage eines neuen Modells bis zu seinem perfekten Finish. Er widmet sich allen Fragen zur Trimmung und Steuerung von Modellseglern mit und ohne Elektroantrieb. Außerdem werden die Grundlagen der Aerodynamik mit vielen praktischen Beispielen besprochen, so dass man z.B. in der Lage ist, das jeweils am besten geeignete Profil für ein Modellbauprojekt auszuwählen.

Umfang: 116 Seiten
Format: 165 x 230 mm, 3. Auflage
Best.-Nr.: 310 2067
Preis: € 12,00
(Inland € 3,50; Ausland € 5,-)

Der vth-Bestellservice

☎ 07221/508722
per Fax 07221/508733
Internet: www.vth.de
Postkarte im Heft