

Geschwindigkeitssensor für Telemetriesystem



Passend zum ELV-Modellbau-Telemetriesystem VAM/VAT 300 stellen wir das Erweiterungsmodul VAT 300 GS vor, das die Strömungsgeschwindigkeit der Luft zur Ermittlung der Fluggeschwindigkeit des Modellflugzeugs auswertet. Diese Daten werden über den Telemetriesender VAT 300 an das Empfangs- und Anzeigegerät VAM 300 übermittelt und dort als aktuelle Fluggeschwindigkeit angezeigt. Zusätzlich ist die Ermittlung der beim Flug erreichten Höchstgeschwindigkeit und die Geschwindigkeitsüberwachung durch einen programmierbaren Alarm möglich.

Alles unter Kontrolle

Die Ermittlung der Fluggeschwindigkeit eines Flugmodells ist kein Gimmick, den der technikverliebte Ingenieur einfach innerhalb eines ordentlichen Telemetriesystems sehen will, sondern für den ambitionierten Modellflugpiloten ein wichtiges Instrument zur exakten Überwachung und Weiterentwicklung des Modells.

So kann der, der die Eigenschaften seines Modells genau kennt, anhand von erreichten Momentangeschwindigkeiten ge-

nauer abschätzen, welche Flugmanöver möglich sind. Ebenso kann man etwa durch Ermittlung von Höchstgeschwindigkeiten die Einstellungen und das Feintuning des Modells verbessern. Besser als auf jedem Prüfstand am Boden sind so optimale Motoreinstellungen möglich. Wer noch an der Aerodynamik seines Modells „feilt“, wird eine derartige Bewertungshilfe für das Flugverhalten unter realen Bedingungen sehr zu schätzen wissen.

Auch eine Alarmierung bei Erreichen bestimmter Geschwindigkeiten hilft nicht nur dem Anfänger, sein Modell besser zu

beherrschen, sei es beim Start (Startgeschwindigkeit), während des Fluges (Warnung bei Unterschreiten der Mindestgeschwindigkeit oder bei Überschreiten der Höchstgeschwindigkeit) oder bei der Landung. Besonders hier macht sich eine solche Hilfe bemerkbar, erlaubt sie doch die perfekte Landung bei optimaler Landegeschwindigkeit – gerade für Anfänger eine große Hilfe!

Deshalb stellt das zum ELV-Modellbau-Telemetriesystem passende VAT 300 GS eine interessante und sehr praktische Ergänzung des Gesamtsystems dar und erlaubt dem Modellpiloten eine noch bessere Kontrolle seines Flugmodells.

Messen unter Druck

Es gibt verschiedene Arten der Geschwindigkeitsmessung bei Flugzeugen.

Genau und absolute Geschwindigkeitsangaben lassen sich heutzutage beispielsweise mit Hilfe von GPS-Signalen ermitteln. Im Modellbau wird auf diese Technik allerdings verzichtet, da für einen zuverlässigen Empfang ein komplettes GPS-Equipment erforderlich ist, das ein gegenüber dem eigentlichen Modell sehr hohes Gewicht, hohen Stromverbrauch sowie nicht geringe Anschaffungskosten mit sich bringt.

Der VAT 300 GS misst die Geschwindigkeit stattdessen mittels Luftdruck. Dabei wird die Fluggeschwindigkeit relativ zur Umgebungsluft mit Hilfe eines Staurohres gemessen. Im Staurohr entsteht ein Gesamtdruck, der sich aus dem statischen Druck, der dem Luftdruck der Umgebung in der aktuellen Flughöhe entspricht, und dem dynamischen Staudruck ergibt. Zum Auswerten des dynamischen Staudruckes muss die Druckdifferenz zwischen dem Gesamtdruck, der vom Staurohr kommt, und dem statischen Druck gebildet werden. Aus dem dynamischen Staudruck kann dann die Geschwindigkeit relativ gegenüber der umgebenden Luft ermittelt werden.

Technische Daten

Messbereich: 0 bis 1000 km/h
 Betriebsspannung: 3,3 V aus VAT 300
 Stromaufnahme: 5 mA
 Gehäuseabmessungen
 (B x H x T): 44 x 15 x 30 mm
 Gewicht inkl. Anschlussleitung: 20 g

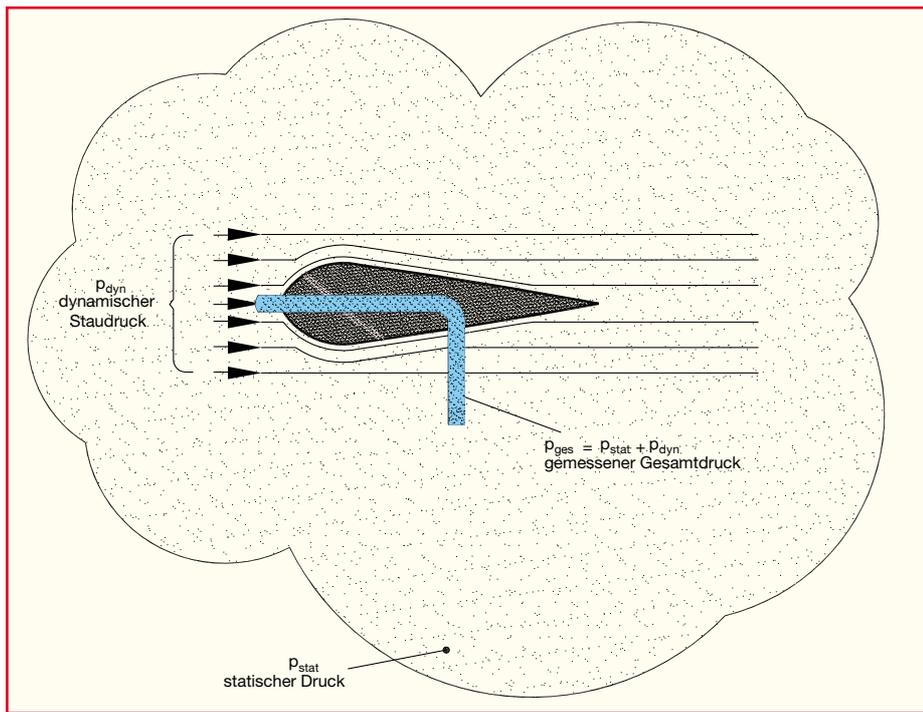


Bild 1: Die Ermittlung der Fluggeschwindigkeit mittels Staurohr

Einfache Geschwindigkeitsmesser für Flugzeuge bilden die Druckdifferenz mechanisch ab, z. B. mit Hilfe einer Flüssigkeitssäule, an der die Geschwindigkeit im Flugzeug abgelesen werden kann, oder einer Membrandose, die die Anzeigenadel eines Fahrtmessers bewegt.

Im VAT 300 GS wird der Staudruck wie auch im Telemetriesender VAT 300 über einen elektronischen Drucksensor gemessen. Dabei handelt es sich um den MS5534A von Intersema. Der Messbereich von 300 bis 1100 mbar ermöglicht es, mit dem VAT 300 GS Geschwindigkeitsmessungen bis zu 1000 km/h zu realisieren.

Übliche Staudruckmesser im Modellbau sind so ausgeführt, dass sowohl der statische als auch der Gesamtdruck über ein gemeinsames Staurohr erfasst werden. Da aber der Telemetriesender VAT 300 bereits über einen internen Drucksensor für die Höhenmessung verfügt, kann das Staurohr für den VAT 300 GS sehr einfach und damit kostengünstig ausgeführt sein.

Funktion

Die Geschwindigkeit wird aus dem dynamischen Staudruck p_{dyn} ermittelt, der vom Staurohr zusammen mit dem statischen Druck p_{stat} als Gesamtdruck p_{ges} über den Silikonschlauch in das Gehäuse des VAT 300 GS geleitet wird. Die Zusammenhänge sind in Abbildung 1 dargestellt.

Der so ermittelte Wert des Gesamtdrucks p_{ges} wird an den VAT 300 weitergeleitet. Dieser bildet dann die Differenz aus diesem Gesamtdruck und dem statischen Druck p_{stat} , den der VAT 300 über seinen internen Drucksensor selbst gemessen hat, und ermittelt auf diese Weise den dynamischen Staudruck p_{dyn} , der ursprünglich allein von der Luftströmung verursacht wurde. Daraus errechnet der VAT 300 die Geschwindigkeit nach der Formel:

$$V [km/h] = 4,644 \cdot \sqrt{p_{dyn} [pa]}$$

Das Ergebnis wird über Funk an den Telemetrieempfänger VAM300 weitergeleitet und dort nach Bedarf angezeigt.

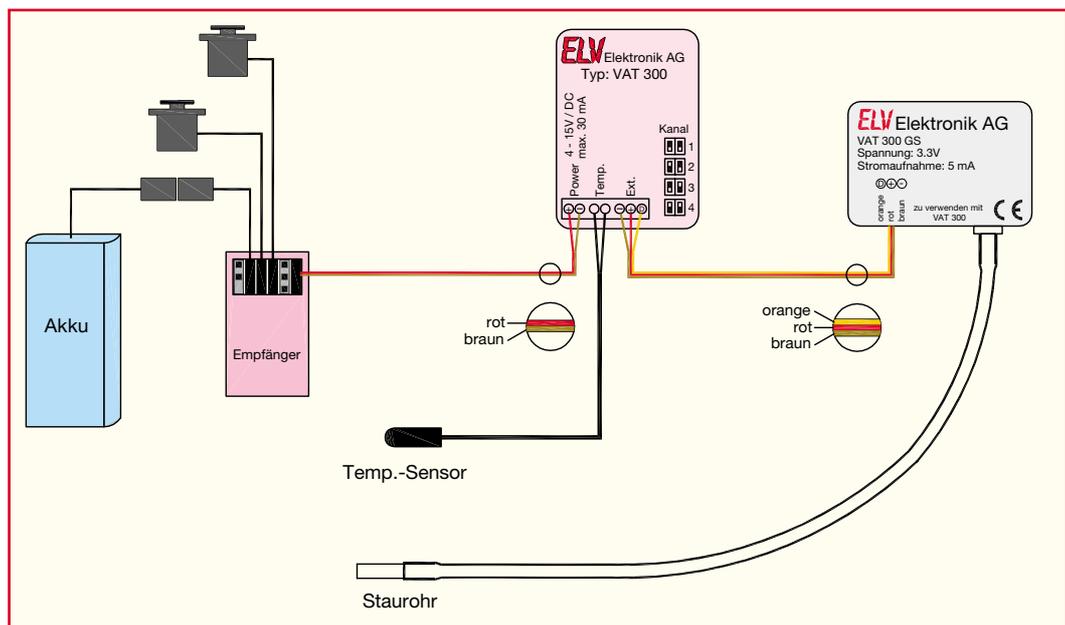


Bild 2: Das Telemetriesystem ist modular aufgebaut und damit flexibel im Modell installierbar.

Durch Ungenauigkeiten der Drucksensoren oder schwachen Wind kann die angezeigte Geschwindigkeit eines Flugmodells schon im Stand bis ca. 20 km/h schwanken. Das angewandte Rechenverfahren mit dem Bilden von Differenz und Wurzel hat jedoch zur Folge, dass diese Messfehler die Geschwindigkeitsanzeige bei höheren Geschwindigkeiten immer weniger beeinflussen.

Einbau und Bedienung

Für die Ermittlung eines aussagekräftigen Differenzdrucks müssen VAT 300 GS und VAT 300 korrekt aufgebaut und montiert sein. Die Einbauorte sind dank des modularen Aufbaus (Abbildung 2) flexibel wählbar.

Staurohr

Als Staurohr kann jedes beliebige Rohr verwendet werden. Der Durchmesser Rohr hat keinen Einfluss auf die Geschwindigkeitsmessung. Wenn der mit dem Bausatz mitgelieferte Silikonschlauch zum Einsatz kommen soll, empfiehlt sich ein Rohr mit einem Außendurchmesser von 4 bis 6 mm. Dies kann z. B. ein kurzes Stück Rohr aus Aluminium, Messing oder Kupfer aus dem Modellbaubedarf sein.

Das Staurohr darf nicht im Einflussbereich des Antriebs (z. B. Luftschraube) montiert werden. Befinden sich die Motoren an den Tragflächen oder handelt es sich um ein Segelflugmodell, bietet sich die Rumpfnase als idealer Einbauort an. Auch am oberen Ende des Seitenleitwerks oder unter dem Rumpf findet sich je nach Antriebskonzept ein guter Ort zur Staurohrmontage.

Auf welche Bereiche des Rumpfes und der Tragflächen der Luftstrom der Luft-

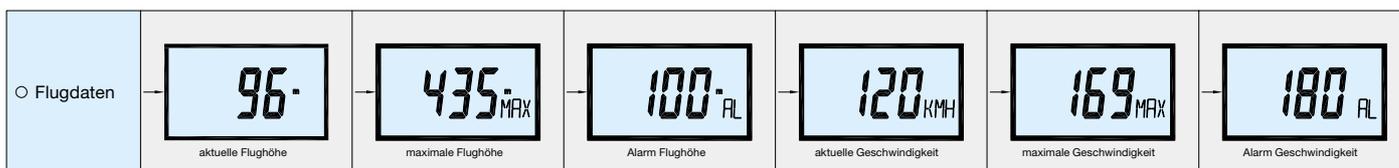


Bild 3: Das erweiterte Flugdatenmenü des VAM 300

schraube(n) Einfluss hat, lässt sich z. B. sehr gut auf dem Prüfstand ermitteln, indem man die Luftschraube Rauch ansaugen lässt.

Bei der Montage an den Tragflächen ist darauf zu achten, dass sich die Öffnung in einem Bereich vor der Vorderkante der Tragfläche befindet, wo die Luftströmung noch homogen ist und nicht durch die Tragflächenform (siehe auch Abbildung 1) beeinflusst wird. Je nach Größe des Flugmodells sollte das Staurohr 20 bis 30 mm hervorstehen, um Einflüsse durch Luftverwirbelungen an Rumpf oder Tragfläche zu eliminieren.

VAT 300 GS

Das Gehäuse des VAT 300 GS muss luftdicht verschlossen sein. Dazu ist es nötig, den Deckel und die Öffnungen für Leitung und Schlauchanschluss mit einer geeigneten Dichtmasse abzudichten.

Der Einbauort des VAT 300 GS kann beliebig gewählt werden. Nur die Länge der Anschlussleitung und des Silikon-schlauches sind zu beachten. Eine Trennung zwischen Tragfläche und Rumpf kann je nach Einbauart durch Abziehen des Silikon-schlauches oder Abziehen der Steckverbinder realisiert werden.

VAT 300

Zur Erinnerung: Der Einbauort des VAT 300 muss frei sein von Luftdruckänderungen, hervorgerufen z. B. durch das Antriebssystem oder durch Lüftungsschlitze, die Luft aus der Flugströmung zum VAT 300 leiten.

Der VAT 300 GS ist mit dem VAT 300 zusammenzuschalten, bevor die Betriebsspannung des VAT 300 eingeschaltet wird. Beim Einschalten der Betriebsspannung sucht der VAT 300 nach einem angeschlossenen VAT 300 GS.

Wenn dieser detektiert wurde, gleichen sich die beiden Geräte auf eine Geschwindigkeit von 0 km/h ab. Daher sollte es beim Zuschalten der Betriebsspannung windstill sein (ggf. das Staurohr vor Luftzug abschirmen).

VAM 300

Wenn das VAM 300 ein gültiges Signal von einem VAT 300 mit angeschlossener VAT 300 GS empfangen hat, erweitert sich das Menü „Flugdaten“ (Abbildung 3) automatisch um die Funktionen:

- „aktuelle Geschwindigkeit“
- „maximale Geschwindigkeit“
- „Alarm Geschwindigkeit“

Diese neuen Funktionen lassen sich wie die Flughöhenfunktionen (einschließlich Alarmwerteingabe) bedienen, beziehen sich allerdings auf die Geschwindigkeit.

Die Tonfolgen für die akustische Alarmierung werden nach Tabelle 1 um die Tonfolgen für die Geschwindigkeit erweitert.

Schaltung

Im Wesentlichen besteht die Schaltung aus dem Drucksensor DS 1, der vom Mikrocontroller IC 1 angesteuert und ausgelesen wird. Die Taktung des Mikrocontrollers erfolgt durch seinen internen Oszillator, dessen Taktfrequenz durch den Keramikresonator Q 1 auf 4 MHz stabilisiert wird.

Beim Anlegen der Versorgungsspannung sorgt eine interne Power-on-Reset-Schaltung für einen kontrollierten Reset des Mikrocontrollers. Der Widerstand R 1 hält den RESET-Pin anschließend auf High-Pegel und verhindert so das ungewollte Auslösen eines weiteren Reset-Vorgangs.

Die Daten des Drucksensors DS 1 gibt der Mikrocontroller IC 1 mit Hilfe seiner internen seriellen Schnittstelle über den TXD-Pin am Datenausgang ST 3 aus. Der Widerstand R2 dient der Leitungsanpassung und soll den Mikrocontroller IC 1 schützen.

Der Kondensator C 1 filtert die Versorgungsspannung, die über die Anschlüsse ST 1 und ST 2 vom VAT 300 bezogen wird. Die Kondensatoren C 2 bis C 4 filtern Strom- und Spannungsspitzen auf der Versorgungsspannung, die durch Schaltvorgänge des Mikrocontrollers entstehen. Der Programmieradapter ist nur für eine industrielle Serienproduktion zur Programmierung von IC 1 relevant.

Nachbau

Der Nachbau erfolgt ausschließlich in SMD-Technik. Da der Aufbau aufgrund der Kompaktheit des Gerätes sehr gedrängt

und mit sehr geringen Pin-Abständen ausgeführt ist, sollte man schon etwas SMD-Löterfahrung besitzen. Zur Verfügung stehen sollte auch das entsprechende Werkzeug, also mindestens ein geregelter Löt-kolben mit sehr feiner Spitze, eine Pinzette, SMD-Lötzinn, Entlötlitze und eine Standlupe, möglichst beleuchtet.

Zur Abdichtung des Gehäuses ist zusätzlich noch ein geeignetes Dichtungsmittel, etwa Silikon, erforderlich.

Die Bestückung erfolgt anhand des Bestückungsplans, der Stückliste, des Bestückungsaufdrucks und des Platinenfotos.

Sie beginnt mit dem Mikroprozessor IC 1. Dazu ist zunächst ein zu IC 1 gehörendes Löt-pad auf der Platine mit ein wenig Löt-zinn vorzuverzinne. Dann setzt man den Mikrocontroller lagerichtig auf die zugehörigen Pads auf. Pin 1 ist im Bestückungsdruck durch eine abgeflachte Ecke markiert. Hierher gehört die Ecke des Mikrocontrollers, die durch eine runde Vertiefung gekennzeichnet ist (siehe auch Platinenfoto). Ist IC 1 richtig aufgesetzt, erfolgt das Fixieren durch erneutes Erwärmen des vorverzinnten Löt-pads. Nach nochmaliger Kontrolle der exakten Lage aller Pins auf den zugehörigen Löt-pads und eventueller Korrektur verlötet man nun alle weiteren Anschlüsse. Läuft dabei etwas Löt-zinn zwischen die Anschlüsse, ist dieses mit Entlötlitze wieder zu entfernen.

Der Drucksensor wird mit den Löt-pads auf seiner Unterseite kontaktiert. Diese Löt-pads müssen direkt auf den Löt-pads der Platine liegen. Die richtige Einbaulage ist an der Anordnung der Löt-pads zu erkennen. Zum Einlöten wird auch hier zunächst wieder nur ein Löt-pad auf der Platine vorverzinnt, an dem man den Drucksensor fixiert. Anschließend erfolgt eine Kontrolle der richtigen Einbaulage und ggf. eine Korrektur, bevor die restlichen Löt-pads des Drucksensors verlötet werden. Dazu ist das jeweilige Löt-pad auf der Platine mit dem Löt-kolben zu erwärmen und das Löt-zinn so zuzuführen, dass es sich mit den Löt-pads unterhalb des Drucksensors verbindet.

Nun folgen die restlichen Bauteile. Auch sie werden zunächst an einem Löt-pad fi-

Tabelle 1: Erweiterung der Tonfolgen

Ereignisse:	Signale: 0 ⇔ 2 kHz, 1 ⇔ 4 kHz
Alarmgeschwindigkeit durchschritten	10101 von unten nach oben 10110 von oben nach unten

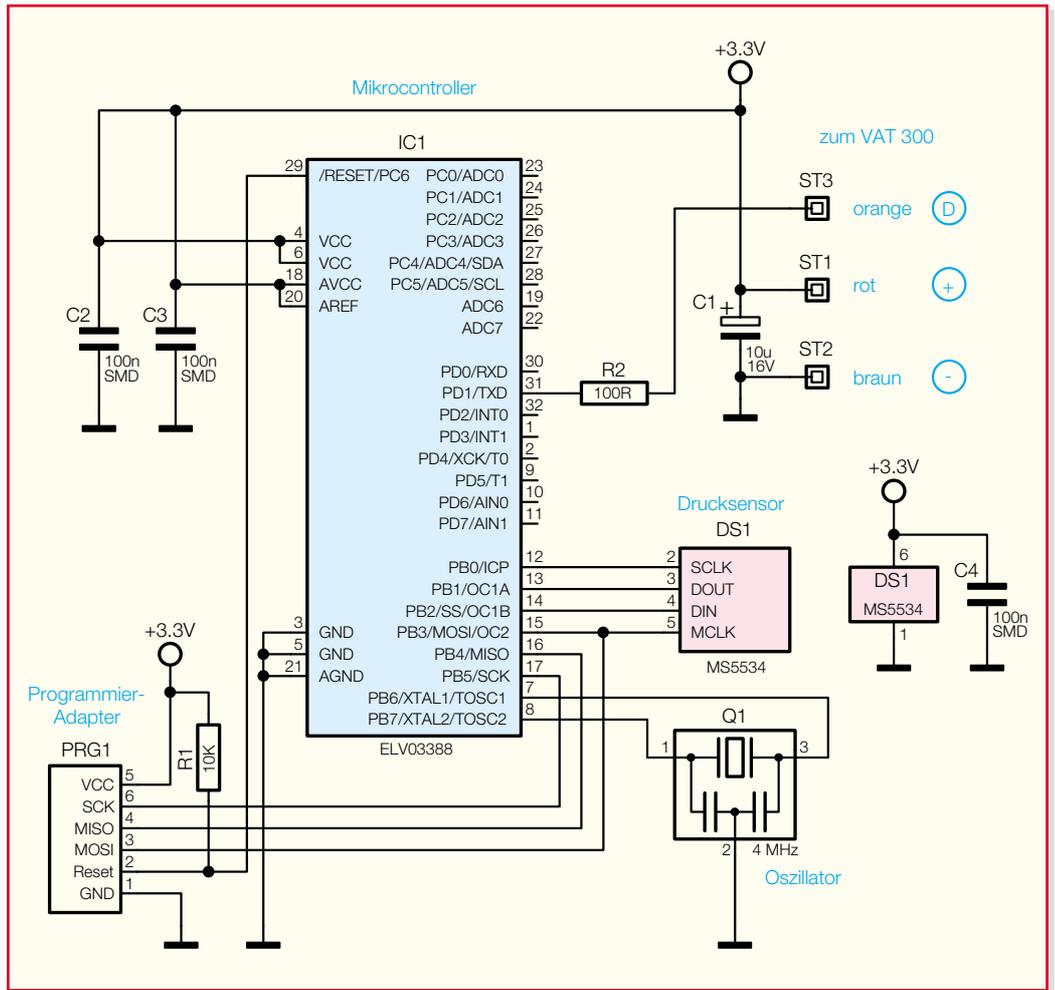
Bild 4:
Schaltbild des VAT 300 GS

xiert, nach einer Lagekontrolle folgt dann das Verlöten der weiteren Anschlüsse. Der Elko C 1 ist polrichtig zu bestücken, ein aufgedruckter Strich markiert hier den positiven Anschluss.

Damit ist die Bestückung abgeschlossen. Nach nochmaliger Sichtprüfung auf Bestückungsfehler und Lötbrücken ist die Platine nun in das zugehörige Gehäuseunterteil einzusetzen. Anschließend ist das offene Ende des mitgelieferten Servokabels durch die zugehörige Öffnung des Gehäuses (siehe auch Abbildung 2) zu führen und die Kabelenden sind an ST 1 (rot), ST 2 (braun) und ST 3 (orange) mit reichlich Lötzinn zu verlöten.

Hat man ein komplettes Telemetriesystem, bestehend aus VAM 300 und VAT 300, zur Verfügung, ist jetzt nach Anschließen des Servokabelsteckers an die Steckerleiste „EXT“ des VAT 300 (siehe Abbildung 2) ein Funktionstest auszuführen. Ist am VAM 300 die Funktion „Geschwindigkeit“ anwählbar, kommuniziert der VAT 300 GS fehlerfrei mit dem Telemetriesystem.

Ist der Funktionstest erfolgreich verlaufen, erfolgt die weitere Montage des Gerä-



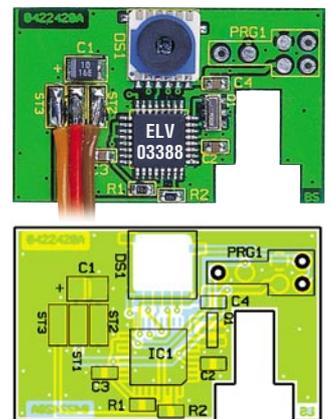
tes. Dazu wird ein geeignetes Abdichtmittel benötigt, denn das gesamte Gerät muss gegenüber der Umgebung luftdicht verschlossen sein, um den exakten Staudruck messen zu können. Gut geeignet ist Sanitär silikon. Dabei ist aber darauf zu achten, dass man neutral vernetzendes Silikon einsetzt, da das sauer vernetzende Silikon (am starken Essiggeruch zu erkennen) durch die enthaltene Essigsäure Metalle angreift. Auch Acryl ist nur bedingt geeignet, da es im Gegensatz zu Silikon nicht dauerelastisch bleibt und mit der Zeit an Volumen verliert. Zwischen den einzelnen Schritten sollte man die Dichtungsmasse etwas abbinden lassen.

Zunächst ist nach Herausnehmen der Platine aus dem Gehäuse der Schlauchstutzen rings um das Schraubgewinde mit Dichtungsmasse zu versehen und dann in die zugehörige Gehäuseöffnung einzusetzen und zu verschrauben. Heraustretende Dichtungsmasse verstreicht man glatt und achtet darauf, dass diese innen und außen gleichmäßig um die Öffnung verteilt ist.

Dann wird die Platine wieder eingesetzt und an ihren vier Ecken ebenfalls mit ein wenig Dichtungsmasse fixiert. Auch die Kabeldurchführung wird sorgfältig mit reichlich Dichtungsmasse versehen und so ebenfalls luftdicht abgeschlossen.

Schließlich ist auch der Gehäusedeckel ringsum mit Dichtmasse zu versehen und seitenrichtig aufzusetzen. Außen herausquellende Dichtmasse streicht man sorgfältig glatt.

Das so abgedichtete und montierte Gerät sollte man nun einige Zeit nicht bewe-



Fertig aufgebaute Platine des Geschwindigkeitssensors mit Bestückungsplan

gen, damit der Dichtungsstoff abbinden kann, bevor man das Modul über den Silikon Schlauch an das Staurohr sowie über das Servokabel an den VAT 300 anschließt und es fest im Modell fixiert (z. B. mit starkem Doppelklebeband). **ELV**

Stückliste:	
Geschwindigkeitssensor	
Widerstände:	
100 Ω/SMD	R2
10 kΩ/SMD	R1
Kondensatoren:	
100 nF/SMD	C2–C4
10 µF/16 V/SMD	C1
Halbleiter:	
ELV03388/SMD	IC1
MS5534A/SMD	DS1
Sonstiges:	
Keramikschwinger, 4 MHz, SMD Q1	
1 Schlauchstutzen	
1 Mutter, M5	
1 Installationsgehäuse, bearbeitet und bedruckt, weiß, 44 x 30 x 15 mm	
1 Servoanschlusskabel JR, 30 cm	
50 cm Silikon Schlauch, ø 3/5 mm	