

## Instrumenteneinbau und Leckcheck in Segelflugzeugen

Um die genauesten Angaben der im Segelflugzeug eingebauten Instrumente zu erhalten, ist es notwendig, dass der Einbau korrekt erfolgt und die Zuleitungen dicht sind.

Nachfolgend einige einfache Einbaurichtlinien:

- 1.) Benutzt als Verbindung nur gutes Schlauchmaterial, Mike Borgelt empfiehlt die Marke Tygon
- 2.) Benutzt für lange Verlegestrecken (z.B. von der TEK-Düse im Seitenruder zum Instrumentenpilz \*) keine Schläuche mit weicher Wandung. Stellt sicher, dass diese Verschlauchung in kürzeren Abständen fest mit dem Rumpf verbunden ist. Bei weichen Schläuchen und großen Längen zwischen den Befestigungspunkten verformt sich der Schlauch kurzzeitig infolge wechselnder g-Belastung oder in Turbulenzen. Das wiederum führt zu Druckänderungen im Schlauch und damit zu kurzzeitiger fehlerhafter Anzeige.  
Als Material für länger Leitungsstrecken empfiehlt sich steifer Schlauch (z.B. aus PE\*) oder Nylon-Druckschlauch, da sich dadurch der Einfluss des sich beim Hochziehen oder starken Drücken verändernden statischen Druckes im Rumpf minimiert. Aus dem gleichen Grund sollten Ausgleichsgefäße mit flexibler Wandung gegen solche mit steifer Wandung ausgetauscht werden.
- 3.) Die Schläuche sollten sich allgemein in gutem Zustand befinden keine Riefen aufweisen und nicht rissig sein. Die Instrumentenanschlüsse müssen stramm in den Schläuchen sitzen. Selbst eine kleine Undichtigkeit im Schlauch führt zu einer gestörten oder unbrauchbaren Geräteanzeige.  
Als zusätzliche Sicherungseinrichtung bietet die Fa. Borgelt kleine dickwandige Gummiringe an. Sie werden, bevor das Instrument angeschlossen wird, über das Schlauchende gezogen. Nachdem der Schlauch auf den Instrumentenanschlussstutzen geschoben wird, wird der Ring auf dem Schlauch zurück bis über den Anschlussstutzen gerollt um dort den Schlauch gegen den Stutzen zu pressen. Beim TE-Anschluß können zwei Ringe hintereinander benutzt werden.
- 4.) Verwende keine Kabelbinder oder Sicherungsdraht, da das fast sicher zu einer Undichtigkeit führen wird.
- 5.) Wenn unterschiedliche Variometer am TE-Anschluß hängen, sollte dessen Verzweigung in verschiedene Schläuche so nah wie möglich an der TEK-Düse erfolgen. Damit wird die gegenseitige Beeinflussung unterschiedlicher Messgeräten mit und ohne Ausgleichsgefäßen vermindert. Gleichzeitig verringert sich die Anzeigeverzögerung des Gerätes ohne Ausgleichsgefäß, weil die Dämpfungswirkung, die durch das Ausgleichsgefäß des zweiten Gerätes entsteht, verringert wird. Praktischerweise platziert man das T-Stück der Schlauchverteilung unter der Sitzwanne im Bereich des Rückenteils.  
Der häufigste Fehler bei der Installation mehrerer Varios ist die Aufteilung der TE-Leitung direkt im Instrumentenpilz. Das ist nur dann vernünftig, wenn keines der angeschlossenen Variometer ein Ausgleichsgefäß besitzt. Variometer mit Ausgleichsgefäß haben erhebliche Rückwirkungen auf den TE-Anschluß. Diese führen zu einer gegenseitigen Beeinflussung der angeschlossenen Geräte und/oder zu einer spürbaren Verzögerung der Anzeigen.

- 6.) Verwendet keinen Staubfilter im TEK-Schlauch, bevor der sich aufteilt. Besser ist ein Filter vor jedem Gerät wenn ihr meint, er sei nötig. Stellt sicher, dass sich keine Verunreinigungen oder Querschnittsverengungen im Schlauchsystem oder in der Düse selbst befinden. Die meisten modernen E-Varios wandeln Drucksignale in elektrische Signale um. Sie benötigen normalerweise keinerlei Staubfilter oder Begrenzer. Beim Einbau eines Papierfilters wie wir ihn als Spritfilter bei Motorrädern kennen, ist darauf zu achten, dass dessen Gehäuse steif ist, und sich nicht zusammendrücken lässt. Ansonsten zeigt das Vario beim Hochziehen falsche Werte an.
- 7.) Eine gute TEK-Düse ist sehr wichtig  
Die am weitesten verbreitete TEK-Düse ist eine modifizierte Variante des Irving-Typs. Es ist ein einfaches waagerechtes Rohr von 6 mm Durchmesser dessen um 20° gegen die Senkrechte gebogenes, ca. 80 mm langes Endstück auf seiner Rückseite zwei Bohrungen aufweist. Sie befinden sich 8mm über dem unteren Rande und sind in einem Winkel von 40° - 60 °ca. gespreizt.



Sofern diese Düse entsprechend sorgfältig hergestellt ist, ist ihre Funktion ausreichend genau. Düsen älteren Datums sollten gegen diese Bauart ausgetauscht werden. Hergestellt werden sie aus eloxiertem Aluminium und sind u. a. bei der Fa. Borgelt zu beziehen.

- 8.) Elektronische Bordinstrumente sind äußerst dankbar für eine stabile und unterbrechungsfreie Strom- und Spannungsversorgung. Sie sollte mittels einer Sicherung geschützt werden, die so dicht als möglich an der Batterie sitzt. Alle Kabel, die zwischen der Batterie und der Sicherung liegen sind nicht gegen Überlast geschützt. Es sollte daher auf eine doppelte Isolierung geachtet werden. Benutzt einen qualitativ hochwertigen Stecker, der eine Polvertauschung unmöglich macht. Eine Verwechslung von plus- und Minuspol führt mitunter zu sehr teuren Beschädigungen des Funkgerätes und anderer elektronischer Komponenten.
- Die Instrumente der Fa. Borgelt sind grundsätzlich mit einem wirksamen Verpolungsschutz ausgerüstet, ihr solltet das jedoch nicht ohne Not ausprobieren. Schalter und Sicherungen für Einzelgeräte sollten Industriestandard besitzen und keine Billigware sein. Es ist äußerst empfehlenswert, zur Verkabelung der Geräte luftfahrtgeprüftes Kabel zu verwenden. Benutzt entsprechend große Querschnitte für den Anschluss des Funkgerätes und eines evtl. vorhandenen Transponders, ebenso für das benötigte Massekabel. Am besten, ihr legt ein separates Anschlusskabel von der Batterie für das E-Vario, das GPS und den Logger. So vermeidet man bei diesen Geräten Spannungsschwankungen, elektrische Schwingungen und Störungen.
- Eintypischer Grund für Spannungsabfälle und -unterversorgung des Loggers und E-Varios sind Sicherungen und Schalter mit hohem Innenwiderstand. Um den Spannungsabfall, den eure Verkabelung produziert, zu messen, müsst ihr mittels digitalen Voltmeter nur die Spannung an der Batterie messen und die, die bei eingeschaltetem Gerät direkt an dessen Anschluss ankommt. Sollte der Abfall mehr als 0,2 V betragen, sucht nach der Ursache und wechselt den Verursacher aus.
- Stellt sicher, dass das Antennenkabel für das Funkgerät und evtl. für den Transponder richtig am Antennenstecker angeschlossen ist. Es ist öfteren vorgekommen, dass selbst bei Neuflugzeugen mit werksseitig eingebauten Geräten hier ein Fehler auftrat. Es gibt ein Standardverfahren um das Kabel anzuschließen.

## 9.) Dichtigkeitsprüfung der Verschlauchung

In jedem Segelflugzeug gibt es eine Düse zur Messung des Staudrucks, aus dem die Geschwindigkeitsanzeige erzeugt wird. Diese Düse können wir zur Ermittlung aller Undichtigkeiten im Schlauchsystem, in den Instrumenten selbst, in der Abnahme für den statischen Druck und im Pitot-Rohr verwenden.

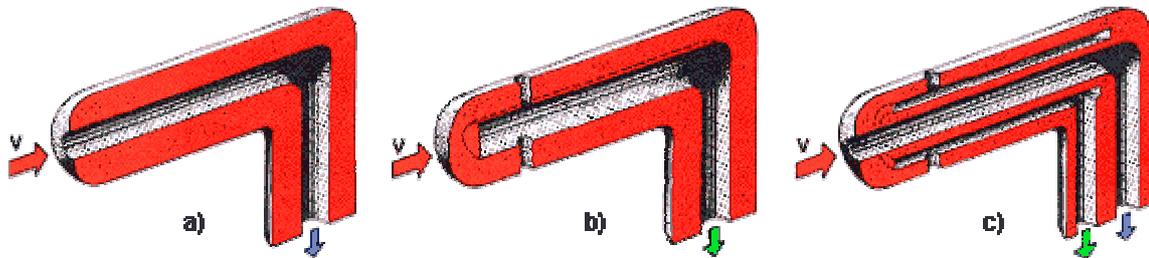


Abb.: a) das Pitotrohr misst nur den Gesamtdruck, b) die statische Sonde misst ausschließlich den statischen Druck, c) das Staurohr (Prandtlrohr) misst sowohl statischen- als auch Gesamtdruck

Die Grafik des Pitotrohres wurden durch den Bearbeiter des Artikels eingefügt  
Quelle: [http://www.luftpiraten.de/glos\\_s64.html](http://www.luftpiraten.de/glos_s64.html)

Wir benötigen dafür die folgenden Utensilien:

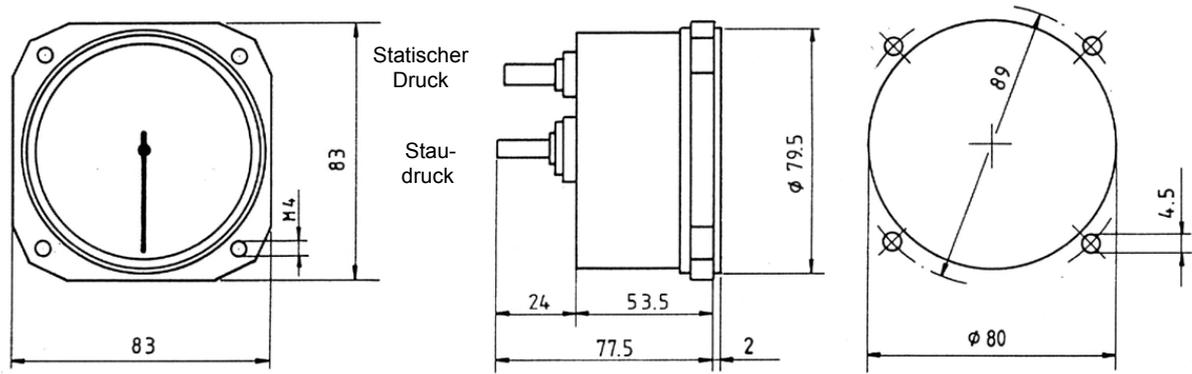
- Eine Spritze aus der Apotheke
- Schlauchklemmen
- Ein Schlauchverbindungsstück zur Verbindung der Spritze mit dem Schlauch
- ein Stück Ersatzschlauch (am besten weicher Silikonschlauch (Anm. d. Ü.))
- ein dazu passendes T-Stück
- eine Spitzzange mit glatten Backen

**ACHTUNG:** Alle Leckagetests sollten bei annähernd gleichbleibender Temperatur von Material und Umgebung durchgeführt werden da ansonsten der Druck nicht konstant bleibt. Sonneneinstrahlung auf den Rumpf z.B. führt in einem geschlossenen System zu einer Druckerhöhung.

Ihr müsst natürlich auch alle elektrischen Instrumente ausschalten, da sie beim Betrieb Wärme erzeugen.

**ACHTUNG!** Alle Druckänderungen sollten sehr langsam vorgenommen werden, um Beschädigungen der angeschlossenen Instrumente zu vermeiden. Prüft vor Beginn der Aktion noch einmal die Schlauchanschlüsse, damit sie nicht von den Instrumenten rutschen.

Zuerst prüfen wir den Fahrtmesser auf Undichtigkeit.



**Winter Bordgeräte:** Staudruck-Fahrtmesser 6 FMS 2 und 6 FMS 5, Staudruck-Fahrtmesser 6 FMS 4  
 Quelle: [http://www.winter-instruments.de/deutsch/produkte/fahrtmesser/fms\\_skizze.html](http://www.winter-instruments.de/deutsch/produkte/fahrtmesser/fms_skizze.html)

Dazu verbinden wir den Anschluss des Statischen Druckes mit einem Schlauchstück. In die andere Seite des Schlauches wird die Spritze eingesteckt. Jetzt drücken wir mit der Spritze **vorsichtig** so viel Luft in die Leitung, dass der Fahrtmesser etwa 150 Km/h anzeigt und klemmen den Schlauch mittels Schlauchklemme ab (Spritze dranlassen (Anm. d. Ü.)). Die Anzeige sollte jetzt für mindestens eine Minute den Wert halten. Durch leichtes Klopfen auf die Anzeige erkennt man geringe Undichtigkeiten. Jetzt kann die Klemme wieder entfernt, und der Druck langsam abgebaut werden, bis die Anzeige wieder Null erreicht. Fällt der Druck zwischenzeitlich ab, hat die Verschlauchung vermutlich einen Undichten.

Das gleiche machen wir noch einmal mit dem Anschluss des Statischen Druckes. Dieses Mal saugen wir **vorsichtig** solange Luft ab, bis wir einen Wert von 150 Km/h auf der Anzeige haben und klemmen wiederum ab. Wenn beide Male die Fahrtanzeige abfällt und die Schlauchverbindung dicht war, ist der Fahrtmesser defekt und das Gerät muss zur Überprüfung eingeschickt werden.

Jetzt prüfen wir die vorhandene Schläuche und Instrumente.

Die Schläuche für den statischen Druck sollten auf Druck und Unterdruck geprüft werden. Als erstes kleben wir die Öffnungen der statischen Druckabnahme auf dem Rumpf ab. Dazu benutzen wir glattes PVC-Klebeband.

Wir fügen ein T-Stück in die Schlauchleitung der statischen Druckabnahme ein (Das kann entweder an einem Instrumentenanschluss oder direkt an der Druckabnahme sein (Anm. d. Ü.)). Auf den freien Anschluss kommt ein Schlauchstück mit der Spritze. Jetzt saugen wir soviel Luft aus dem System, bis die Fahrtanzeige 150 Km/h anzeigt und klemmen den Schlauch ab (die Spritze bleibt ebenfalls dran (Anm. d. Ü.)). Die Fahrtanzeige sollte auch hier ca. eine Minute auf dem Ausgangswert verharren. Leichtes Klopfen an der Fahrtmesserscheibe zeigt, ob die Anzeige hängt.

Das wiederholen wir am Düsenanschluss für den Staudruck (allerdings ohne T-Stück, sondern direkt mittels Verbindungsadapter zwischen den Schläuchen (Anm. d. Ü.)). Sollte sich ein Druckabfall einstellen, nehmen wir die Spitzzange und drücken die Schlauchverbindung so lange an unterschiedlichen Stellen ab, bis wir die Undichtigkeit gefunden haben.

Die Gründe für Undichtigkeiten und deren Stellen sind vielfältig.

Zu unterscheiden sind Lecks in Instrumenten, undichten T- und Verbindungsstücken, und den Druckabnehmern des Statischen Druckes oder des Pitotrohres, die in den Rumpf geharzt oder dort angebracht sind.

Lecks können aber auch durch Überalterung und damit verbundene Porosität der Schläuche entstehen. Es kommt vor, dass das Schlauchmaterial mit der Zeit verhärtet und dadurch die Anschlussstutzen der Instrumente nicht mehr dicht umschließt.

Borgelt bietet für diesen Fall Klemmringe an, die die Verbindung zusammenpresst, selbst wenn der Schlauch seine Elastizität verloren hat.

Nun werden die Schläuche und Anschlüsse der TEK-Düse mittels Unterdruck geprüft da sich dieser Zustand auch im Flug einstellt. Dazu schließen wir den Schlauch der Düse (über das T-Stück Anm. d. Ü.) an den Anschluss des statischen Drucks am Fahrtmesser an. Die Öffnungen an der Düse werden mit weichem PVC-Klebeband abgeklebt. Mit der Spritze wird nun **langsam** ein Unterdruck erzeugt. Wieder wird bei 150 Km/h abgeklemmt. Bei Druckanstieg –also Fahrtabfall- wird die Leckstelle durch Abklemmen des Schlauches an verschiedenen Stellen mittels Spitzzange lokalisiert.

**Achtung!** Speziell mechanische Varios sind extrem empfindlich bei schnellen Druckänderungen. Stellt also sicher, dass die Druckänderungen, die ihr mit der Spritze erzeugt, **wirklich langsam** erfolgen und achtet darauf, dass die mechanischen Varios nicht gegen die Endanschläge knallen. (Sollte der Kolben in der Spritze klemmen, fettet ihn vorher etwas ein (Anm. d. Ü.))

**Bitte beachten:** Bei einigen elektronischen Variometern und Fahrtmessern kommt es vor, das sich kein Druck im System hält. Das liegt daran, dass diese Geräte mit einem Strömungsmesser arbeiten, der durch eine Kapillaröffnung gespeist wird (Stichwort Hitzdrahtanemometer (Anm. d. Ü.)). Dadurch entweicht natürlich kontinuierlich Luft aus dem System.

Neben herkömmlichen Leckagen führen Instrumenten dieser Bauart natürlich zu erheblichen Beeinträchtigungen und Fehlanzeigen bei Fahrt und Varioanzeige, sowie elektronischer Sollfahrt- und Endanflugberechnung sowie der Windermittlung.

Sollten trotz der Verwendung guter Schläuche und guter Verbindungs- und T-Stücken Lecks an Verbindungsstellen auftreten, könnt ihr mit einem Dichtmittel abhilfe schaffen. Ich empfehle „Permatex Aviation Form-A-Gasket No.3 Non Hardening sealing compound.

Bezugsquelle u.a.

<http://www.dragosupply.com/drago/servlet/CyberVendor/category/G1902109/catalog/group.jsp/>. (Anm. d. Ü.)

Benutzt kein Silikon, da dessen Ausdünstungen, die beim Erhärten entstehen, äußerst korrosiv auf die Einbauteile der Instrumente wirken.

Bei Undichtigkeiten im Material oder in Instrumenten wendet euch bitte an die Hersteller.

<p>Artikel von Mike Borgelt</p> <p>Borgelt Instruments August 200</p>	<p>Angaben zum Autor: Mike Borgelt und seine Frau Carol betreiben die Firma Borgelt Instruments. Die Firma produziert seit 1978 Segelfluginstrumente. Mike hat einen Abschluß in Physik und ist diplomierter Meteorologe. Er fliegt seit 1966, besitzt die Gold-C mit zwei Diamanten und gewann die Australische Meisterschaft in der 15 m-Klasse. Zur Zeit fliegt Maik einen Ventus C 17.6 mit TOP und als Motorflugzeug eine BD4.</p>
---	---

Dieser Artikel wurde frei übersetzt und mit einigen zusätzlichen Informationen und Grafiken versehen von Gero Winkler