

## **Dichtheitsprüfung der Instrumentenanlage von Segelflugzeugen**

Undichte Stellen im Luftversorgungssystem einer Instrumentenanlage können zu hartnäckigen Fehlanzeigen oder auch zum völligen Funktionsausfall mehrerer Flugzeuginstrumente führen. Man kann sich ausmalen, dass dadurch recht unangenehme, unter Umständen auch gefährliche Situationen heraufbeschworen werden können. Dies ist vermeidbar. – Im folgenden sollen die Maßnahmen der Dichtheitsprüfung einer Instrumentenanlage – speziell am Beispiel einer Segelflugzeuginstrumentierung – beschrieben werden, obwohl dies an anderen Stellen bereits mehrfach geschehen ist (siehe Literaturangaben).

Die Schläuche, welche die Flugzeuginstrumente untereinander und mit den Druckentnahmestellen verbinden, sollten im Idealfall kurz und gerade sein. Natürlich lässt sich dies nicht streng durchführen; scharfe Krümmungen oder Abknickungen sollten aber beim Verlegen der Schläuche auf jeden Fall vermieden werden. Man schiebt die Schläuche mehrere Zentimeter über die Anschlussnippel; wird ein PVC-Schlauch einmal abgezogen, so empfiehlt es sich, ihn vor dem erneuten Aufstecken um dieses Stück zu kürzen.

Bei den Prüfungen auf Dichtigkeit wird in den zu prüfenden Systemen ein Überdruck oder Unterdruck hergestellt, der anschließend bei verschlossenen Leitungen mehrere Minuten lang konstant bleiben muss. Eine Änderung des Drucks würde auf eine undichte Stelle hindeuten. Ein geeigneter Druckmesser steht in Gestalt des Fahrtmessers in jedem Flugzeug zur Verfügung.

Die Leitungen und Geräte für statischen Druck, Gesamtdruck (=“Messdruck“ für den Fahrtmesser) und den Druck, den eine Kompensationsdüse liefert (im folgenden kurz „Düsendruck“ genannt), werden jeweils gesondert geprüft.

### **1. Prüfung der Leitungen für den statischen Druck mit sämtlichen angeschlossenen Instrumenten**

An den statischen Druck angeschlossene Instrumente können Fahrtmesser, Höhenmesser, Variometer mit Membran-Kompensatoren, elektrisch kompensierte Variometer und unkompensierte Variometer sein. Bei Geräten, die an den statischen Druck angeschlossen sind, machen sich Undichtigkeiten während des Fluges nicht in drastischer Weise bemerkbar, da sich bei Segelflugzeugen der Druck in Rumpf und Kabine vom statischen Druck der Außenluft nur wenig unterscheidet. Man sollte daraus aber nicht schließen, dass demnach ein Dichtigkeitstest hier entbehrlich sei. Betroffen sind ja die für die Flugsicherheit wichtigsten Instrumente, nämlich Fahrtmesser und Höhenmesser, deren zuverlässige Arbeitsweise auf jeden Fall gewährleistet sein muss. Im Falle einer Undichtigkeit könnte man unzuverlässige große Fehler in der Fahrt- und Höhenanzeige nicht ausschließen.

Bei der Dichtigkeitsprüfung geht man schrittweise vor.

**Schritt 1:** Die Öffnungen für die statische Druckabnahme (außen am Flugzeug) werden verschlossen, etwa mit einem Klebestreifen luftdicht abgeklebt.

**Schritt 2:** In die Leitung für statischen Druck wird ein Verzweigungsstück mit drei Anschlüssen (T-Stück) eingebaut, wobei es unwesentlich ist, an welcher Stelle dies geschieht. Auf den freien Anschluss des T-Stücks steckt man eine Schlauchleitung S (siehe Bild 1a).

**Schritt 3:** Über den Schlauch S wird die Luft langsam abgesaugt. Es ist von Vorteil, wenn hierfür eine Aquariumsluftpumpe mit Saugluftanschluss und einem feinen Dosierventil zur Verfügung steht. Notfalls geht das Absaugen auch mit dem Mund. –

Hier wie bei den folgenden Tests ist stets zu beachten, dass sich abrupte Druckänderungen sehr schädlich auf die Instrumente auswirken können. Besonders gefährdet sind Stauscheiben-Variometer, deren hochempfindliches Messwerk durch plötzliche Druckstöße völlig funktionsuntüchtig werden kann. Es empfiehlt sich deshalb sehr, zur Sicherheit ein Verbindungsstück mit einer Querschnittsverengung vorzuschalten. (Geeignet sind Kapillaren oder die in Apotheken erhältlichen „Einweg-Kanülen“.) Achtung: Ist ein Variometer an den statischen Druck angeschlossen, so darf bei der Dichtheitsprüfung seine Anzeige nicht über Vollausschlag hinausgehen!

**Schritt 4:** Während die Luft in den Leitungen für statischen Druck langsam absaugt, kann man beobachten, wie die Anzeige des Fahrtmessers ansteigt. Bei 150 km/h oder einer anderen markanten Geschwindigkeit wird der Schlauch S verschlossen (zum Beispiel mit einer Flachzange abgeklemmt). Ist das System dicht, so muss jetzt die Fahrtmesseranzeige über lange Zeit konstant bleiben. Um sicherzugehen, sollte man mindestens 2 bis 3 Minuten lang warten. Ein Leck macht sich durch ein mehr oder minder schnelles Zurückgehen der Anzeige bemerkbar.

**Schritt 5:** Über den Schlauch S wird die Luft langsam wieder eingelassen. Zu beachten ist dabei, dass sich ein abrupter Druckanstieg ebenso schädlich auf die Instrumente auswirkt wie ein abrupter Druckabfall. Das unter Schritt 3 Gesagte gilt hier also sinngemäß. Falls sich das System als dicht erwiesen hat, wird der ursprüngliche Zustand wiederhergestellt, d.h. die verschlossenen Öffnungen werden wieder geöffnet und das T-Stück ausgebaut.

Wurde ein Leck festgestellt, so stellt sich die Aufgabe, die Fehlerquelle zu lokalisieren. Dazu werden die Leitungen an verschiedenen Stellen abgezogen und das freie Leitungsende luftdicht verschlossen. Dies kann durch einen geeigneten Stopfen geschehen, oder indem man ein T-Stück, bei dem zwei Anschlüsse durch ein Stück Schlauch verbunden sind, aufsteckt. (Abklemmen mit einer Flachzange ginge auch). Dies erscheint hier aber weniger ratsam, da die Schlauchleitungen beschädigt werden könnten. Die Schritte 3 bis 5 des Dichtigkeitstests müssen dann jeweils wiederholt werden.

Die **Bilder 1a und 1b** mögen die Methode der Fehlerquellensuche veranschaulichen. Wurde im Falle von **Bild 1a** ein Leck festgestellt, so kann man zunächst die Dichtigkeit des Fahrtmessers überprüfen, indem man die Schlauchleitung an der Stelle A abzieht und den Schlauch S direkt auf den (stat. Druck-) Anschluss des Fahrtmessers aufsteckt. Erweist sich der Fahrtmesser als dicht, so kann man als nächstes die Schlauchverbindung etwa an der Stelle 8 lösen und luftdicht verschließen (siehe Bild 1b). Falls jetzt die Dichtigkeit festgestellt wird, muss das Leck beim Höhenmesser liegen. Andernfalls kommen als mögliche Fehlerquellen noch die Abnahmestellen für statischen Druck und die Verbindungsleitungen in Frage. Bei systematischem Vorgehen kann man wahrscheinlich nach wenigen weiteren Versuchen die undichte Stelle eindeutig bestimmen.

## **2. Prüfungen der Leitungen für den Gesamtdruck mit sämtlichen angeschlossenen Instrumenten**

Man geht im Prinzip genauso vor wie bei der Prüfung des Systems für statischen Druck. Dieser Fall kann hier also kurz abgehandelt werden. An den Gesamtdruck angeschlossen sind außer dem Fahrtmesser eventuell noch Sollfahrt-Variometer, Sollfahrtgeber, elektrisch kompensiertes Variometer und Membran-Kompensator. Um einen positiven Ausschlag des Fahrtmessers zu erhalten, darf jetzt allerdings die Luft nicht abgesaugt werden, sondern es muss durch (behutsames!) Hineinblasen ein Überdruck hergestellt werden. Die einzelnen Schritte seien nochmals kurz zusammengestellt:

**Schritt 1:** Die Gesamtdruckabnahme (Pitot-Rohr) wird verschlossen. In Bild 2 wurde angenommen, dass außer dem Fahrtmesser noch ein Sollfahrt-Variometer an den Gesamtdruck angeschlossen ist. Die Anlage kann dann noch nicht dicht sein, da die Luft über die Kapillare des Sollfahrt-Variometer abfließen würde. Man löst deshalb die Schlauchleitung an der Stelle C („variometer-seitig“) und verschließt sie luftdicht.

**Schritt 2:** In der Gesamtdruckleitung wird ein T-Stück eingebaut und auf den freien Anschluss eine Schlauchleitung aufgesteckt.

**Schritt 3:** Es wird vorsichtig in den Schlauch geblasen. Plötzliche Druckänderungen müssen dabei vermieden werden.

**Schritt 4:** Zeigt der Fahrtmesser 150 km/h oder eine andere markante Geschwindigkeit an, wird der Schlauch verschlossen. Ist das System dicht, so muss die Fahrtmesseranzeige mindestens 2- bis 3 Minuten lang konstant bleiben.

**Schritt 5:** Die Schlauchleitung wird vorsichtig wieder geöffnet, so dass der Überdruck langsam abgebaut wird.

Im Falle eines Lecks nimmt man eine systematische Fehlerquellen-Suche wie bei der Prüfung des Systems für statischen Druck vor.

### **3. Prüfung der Leitungen für den „Düsendruck“ mit sämtlichen angeschlossenen Instrumenten.**

Zur Totalenergie-Kompensation werden Variometer heute meistens an eine Kompensationsdüse angeschlossen. Sie liefert einen Unterdruck, der sowohl im Variometergehäuse als auch im Ausgleichsgefäß und in den Verbindungsleitungen ansteht. Infolge der Sogwirkung des Unterdrucks reagieren düsen-kompensierte Variometer auf Undichtigkeiten empfindlicher als die herkömmlichen unkompen-sierten Geräte, welche an den statischen Druck angeschlossen wurden. Ist beispielsweise zwischen Variometer und Ausgleichsgefäß eine undichte Stelle vorhanden, hat dies zur Folge, dass das Variometer sogleich nach dem Start „Steigen“ anzeigt und während des gesamten Fluges im Steigbereich verharrt. (Leider kann eine solch „optimistische“ Variometeranzeige die Segelflugleistungen in keiner Weise positiv beeinflussen)

In den bisher beschriebenen Prüfungen spielte der Fahrtmesser eine doppelte Rolle. Einerseits war er Prüfobjekt, das auf undichte Stellen hin untersucht wurde; andererseits diente er als Druckmessgerät, das die beschriebenen Prüfungen überhaupt erst ermöglichte. Wenn sich in den Prüfungen I und II herausgestellt hat, dass er keine undichten Stellen aufweist, kann man ihn jetzt gezielt als Druckmessgerät einsetzen. Noch besser ist es, wenn ein weiterer Fahrtmesser zur Verfügung steht, so dass man die Anschlüsse des eingebauten Fahrtmessers nicht mehr zu lösen braucht. Ansonsten verläuft die Prüfung im Prinzip gleich wie die vorigen.

**Schritt 1:** Die Kompensationsdüse wird abgedichtet. Die Sollfahrt-Kapillare wird an der Stelle D („gesamtdruck-seitig“) abgenommen und luftdicht verschlossen.

**Schritt 2:** In die „Düsenleitung“ wird jetzt an beliebiger Stelle ein Verzweigungsstück mit vier Anschlüssen (Kreuz-Stück) eingebaut. Einer der freien Anschlüsse des Kreuz-Stücks wird mit dem Messdruck eines Fahrtmessers verbunden; auf den anderen Anschluss des Kreuz-Stücks wird eine Schlauchleitung aufgesteckt (siehe **Bild 3**).

**Schritt 3:** Es wird vorsichtig in den Schlauch geblasen. Die Druckänderung muss so langsam von-statten gehen, dass die Variometeranzeige nicht über Vollausschlag gehen.

**Schritt 4:** Zeigt der Fahrtmesser 150 km/h oder eine andere markante Geschwindigkeit an, wird der Schlauch verschlossen. Nach ca. 2 bis 3 Minuten kann man entscheiden, ob das System dicht ist.

**Schritt 5:** Der Überdruck wird langsam wieder abgebaut. Ist ein Leck vorhanden, so verläuft die Fehlerquellensuche in der bekannten Weise.

Haben sich alle Systeme als dicht erwiesen, ist die Prüfung beendet. Man hat jetzt die Gewähr, dass durch Undichtigkeiten bedingte Fehlanzeigen und Funktionsausfälle der Instrumente während des Fluges sehr wahrscheinlich nicht auftreten werden.

Die Prüfungen auf Dichtigkeit sollten jeweils dann vorgenommen werden, wenn eine Änderung an der

Instrumentenanlage erfolgt ist, also nach jedem Instrumenteneinbau oder –umbau. Überdies sollten die Prüfungen mindestens einmal jährlich durchgeführt werden, am besten bei der Jahresnachprüfung des Segelflugzeuges.

**Literatur:**

H. Reichmann, Streckensegelflug, Motorbuch Verlag Stuttgart, 1975

I. Westerboer, Das optimale Instrumentenbrett, Luftsport 6/1977

Gebr. Winter GmbH & Co., KG Standard-Anweisung für die Dichtigkeitsprüfung der Instrumentenanlage, Ausgabe Januar 1978

## Standard-Anweisungen für die Dichtheitsprüfung der Instrumentenanlage von Segelflugzeugen, die mit Winter-Instrumenten ausgerüstet sind.

### Technische Mitteilungen Nr. 3/81

#### **Vorbemerkung:**

Diese Standard-Anweisung dient der Dichtheitsprüfung einer Instrumentenanlage, bestehend aus Winter-Geräten. Da die Anlage der jeweilige Luftfahrzeughersteller gestaltet, sind seine diesbezüglichen Anweisungen zu beachten, wobei diese Standard-Anweisung als Ergänzung dienen kann.

Undichtigkeiten in der Instrumentenanlage können die Anzeigegenauigkeit der Instrumente stark beeinträchtigen bzw. zum völligen Funktionsausfall führen. Eine Überprüfung auf Dichtigkeit ist deshalb nach jedem Instrumenteneinbau oder -umbau unerlässlich. Sie sollte überdies mindestens einmal jährlich vorgenommen werden.

Man kann dabei nach folgendem Schema vorgehen:

#### **1. Prüfung der Leitungen für den statischen Druck mit sämtlichen angeschlossen Instrumenten (Höhenmesser, Fahrtmesser, Variometer mit Membran-Kompensator, unkompenzierte Variometer)**

1. Die Öffnungen für die statische Druckabnahme werden verschlossen.
2. In die statische Druckleitung wird ein T-Stück eingebaut.
3. Auf den freien Anschluss des T-Stücks wird eine Schlauchleitung aufgesteckt.
4. Über den Schlauch wird die Luft langsam abgesaugt, wobei ein Unterdruck entsteht. Das Variometer darf dabei nicht über Vollausschlag gehen. Vorsicht! Variometer sind gegen plötzliche Druckänderungen sehr empfindlich, weshalb wir empfehlen, in der unter Pos. 3 benannten Schlauchleitung eine Querschnittsverengung vorzunehmen, damit die Druckänderung in den Geräten langsam erfolgt.
5. Hat der Fahrtmesser den Endausschlag erreicht, wird der Schlauch verschlossen (z.B. mit einer Flachzange abgeklemmt). Ist das System dicht, so bleibt die Fahrtmesseranzeige über lange Zeit konstant. Ein Leck macht sich durch Abfall der Fahrtmesseranzeige bemerkbar. In diesem Fall kann man die Schlauchleitungen nacheinander an verschiedenen Stellen verschließen und auf diese Weise die Fehlerquelle lokalisieren.
6. Nach einer Wartezeit von 2 bis 3 Minuten bei konstanter Fahrtmesseranzeige wird unter Beobachtung des Variometers (!) langsam wieder Luft eingelassen.
7. Die verschlossenen Anschlüsse werden wieder geöffnet und das T-Stück ausgebaut.

#### **2. Prüfungen der Leitungen für den Gesamtdruck mit sämtlichen angeschlossenen Instrumenten (Fahrtmesser, Sollfahrtgeber, Membran-Kompensator)**

1. Die Gesamtdruckabnahme wird verschlossen. (Sollfahrt- und Netto-Kapillaren werden varioseitig abgenommen und verschlossen)
2. In die Gesamtdruckleitung wird ein T-Stück eingebaut.

3. Auf den freien Anschluss des T-Stücks wird eine Schlauchleitung aufgesteckt.
4. Es wird vorsichtig in den Schlauch geblasen, so dass ein Überdruck entsteht. Plötzliche Druckänderungen müssen dabei vermieden werden.
5. Hat der Fahrtmesser den Endausschlag erreicht, wird der Schlauch verschlossen. Ist das System dicht, so bleibt die Fahrtmesseranzeige über lange Zeit konstant. Ein Leck macht sich durch Abfall der Fahrtmesseranzeige bemerkbar. In diesem Fall kann man die Schlauchleitungen nacheinander an verschiedenen Stellen verschließen und auf diese Weise die Fehlerquelle lokalisieren.
6. Nach einer Wartezeit von 2 bis 3 Minuten bei konstanter Fahrtmesseranzeige wird die unter Pos. 3 benannte Schlauchleitung vorsichtig wieder geöffnet, so dass der Überdruck langsam abgebaut wird.
7. Die verschlossenen Anschlüsse werden wieder geöffnet und das T-Stück ausgebaut.

### **3. Prüfungen der Kompensierdüse (Althaus-Düse, Braunschweigdüse, Nickdüse usw.) mit allen Leitungen und angeschlossenen Variometer**

1. Die Düse wird abgedichtet. (Sollfahrt- und Netto-Kapillaren werden gesamtdruckseitig abgenommen und verschlossen.)
2. In die Düsenleitung wird ein Viereranschluss (+-Stück) eingebaut. Der Messdruck eines Fahrtmesser wird über eine Schlauchleitung mit dem +-Stück verbunden.
3. Auf den freien Anschluss des +-Stücks wird eine Schlauchleitung aufgesteckt.
4. Es wird vorsichtig in den Schlauch geblasen, so dass ein Überdruck entsteht. Das Variometer darf dabei nicht über Vollausschlag gehen. Plötzliche Druckänderungen müssen vermieden werden.
5. Hat der Fahrtmesser den Endausschlag erreicht, wird der Schlauch verschlossen. Ist das System dicht, so bleibt die Fahrtmesseranzeige über lange Zeit konstant.
6. Nach einer Wartezeit von 2 bis 3 Minuten bei konstanter Fahrtmesseranzeige wird unter Beobachtung des Variometers der Überdruck langsam wieder abgebaut.
7. Die verschlossenen Anschlüsse werden wieder geöffnet und das +-Stück ausgebaut.

Hauptstr. 25, D – 72417 Jungingen

Tel: +49 (0) 7477 262      FAX: +49 (0) 7477 1031

Tel: +49 (0) 7477 151263    E-Mail: [technik@winter-instruments.de](mailto:technik@winter-instruments.de)

Internet: <http://www.winter-instruments.de>

