SB-8 Handbuch bis S/N 6900

INHALTSVERZEICHNIS Seite

1. Verwendungszweck 2

2. Messprinzip 2

3. Systembeschreibung 3
3.1. Aufbau..... 3
3.2. Variometerfunktion 4
3.3. Vario - Tongenerator 4
3.4. Sollfahrtgeber 5
3.5. Sollfahrt-Tongenerator 7
3.6. Betriebsartenumschaltung 7
3.7. Anzeige 8
3.8. Außenthermometer 9

4. Technische Spezifikationen..... 9

5. Einbau 11
5.1. Garantie 11
5.2. Auspacken 11
5.3. Mechanischer Einbau 12
5.4. Elektrische Installation 13
5.5. Pneumatischer Anschluß 15
5.6. Prüfung nach dem Einbau 16

6. Bedienung 18
6.1. Funktion der Bedienungsorgane 18
6.2. Einstellungen im Gerät 19
6.3. Programmierung der Polaren 20
6.4. Mathematische Darstellung der Polaren ... 22
6.5. Mückenpolare 23

7. Variometer SB-8 im Fluge 24
7.1. 1-sec- und 3-sec-Antwort 24
7.2. Turbulenz und Böen 26
7.3. Die Mittelwertanzeige 29
7.4. Der Sollfahrtflug 30
7.5. Thermiksuche mit dem Sollfahrtgeber 31
7.6. Einfluß der Beschleunigung auf die TE-Vario-Anzeige..... 31

SB-8

VARIOMETER MIT SOLLFAHRTRECHNER

1. VERWENDUNGSZWECK.

Das Variometersystem erfüllt zwei Aufgaben beim Streckenflug:
Erstens: Zum Zentrieren im Aufwind wird die Vertikalgeschwindigkeit gemessen. Nach einer Aufbereitung des Signals zur Unterdrückung der von der Luftturbulenz hervorgerufenen Störungen wird der Meßwert sowohl visuell als auch akustisch angezeigt. Der Mittelwert der Vertikalgeschwindigkeit über eine Zeitspanne, die etwa der Dauer eines Thermikkreises entspricht, wird ebenfalls ausgegeben. Er dient der Beurteilung der Güte eines Aufwindes und zur Abschätzung des erwarteten Steigens im nächsten Aufwind, dem wichtigsten Parameter für die Gleitphase. Zusätzlich kann die Außentemperatur und der Ladezustand der Bordbatterie abgefragt werden.
Zweitens: Beim Gleitflug zwischen den Aufwinden wird zusätzlich der Staudruck und die der Streckenflugtheorie entsprechende optimale Fluggeschwindigkeit aus den Größen Flugzeugpolare (2 voneinander unabhängige Polaren werden gespeichert und im Flug ausgewählt), Flächenbelastung, erwartetes Steigen, momentane Vertikalgeschwindigkeit der Luftmasse errechnet. Der Unterschied zwischen dieser Sollfahrt und der wirklichen Geschwindigkeit wird visuell und akustisch angezeigt. Der Pilot regelt die Fluggeschwindigkeit im Sinne einer Optimierung des Gleitfluges.

2. MESSPRINZIP

Die Meßwertaufnehmer für Vertikal- und Fluggeschwindigkeit sind thermische Durchflußmesser mit Heißleiterperlen konstanter Temperatur. Sie zeichnen sich aus durch große Stabilität des Nullpunktes, große Unabhängigkeit des Eichfaktors von der Gerätetemperatur und sehr kurze Reaktionszeit (5 ms). Letztere ermöglicht es, im Gegensatz zu langsamen thermischen Sensoren, das Meßsignal in gewollter Weise zu filtern, um Störungen durch die Luftturbulenz weitgehend zu unterdrücken, ohne die Antwort zu lange zu verzögern.
Zur Messung der Vertikalgeschwindigkeit wird dabei ein Sensor an ein thermisch sehr gut isoliertes Ausgleichsgefäß angeschlossen, zur Messung des Staudrucks ein zweiter an eine Kapillare. Das Staudrucksignal wird aus der Differenz von Gesamtdruck und dem Druck einer Totalenergie-Kompensationsdüse abgeleitet. Die Ge-

nauigkeit der Messung ist sehr gut, wenig empfindlich gegen Störungen durch die Luftturbulenz und durch Schieben des Flugzeugs, was sich besonders beim Kurbeln in rauher Thermik nicht vermeiden läßt.

3. SYSTEMBESCHREIBUNG

3.1. Aufbau

Das komplette funktionsfähige System (Elektronik, Anzeigeinstrument, Lautsprecher, Ausgleichsgefäß und Bedienungsorgane) ist in einem einzigen Gehäuse untergebracht. Alle elektronischen Anschlüsse (Bordspannung, Temperaturfühler, Zusatzgeräte, Zweitanzeigen, Zweitlautsprecher, elektrische Betriebsartenumschaltung) erfolgen über einen 15-poligen Stecker an der Rückseite. Zweitanzeigen werden mit farbkodierten Flachsteckern angeschlossen, so daß sie ohne weiteres abgetrennt werden können. Alle Zusatzgeräte haben Gehäuse entsprechend der Luftfahrtnorm 57 mm. Die elektrischen Anschlüsse sind durch Entstörfilter geschützt, deshalb ist eine Störung durch das Funkgerät nicht zu erwarten. Der Gesamtdruck (Fahrtmesser-Meßdruck) und der TEK-Düsendruck werden über Nippel an der Rückwand angeschlossen. Dank der eingebauten elektronischen Filter sind keinerlei pneumatische Filter (Kapillaren) notwendig. Das Zwischenschalten von Benzinfiltern aus Kunststoff wird jedoch sehr empfohlen, um Staub und Wasser von den Sensoren fernzuhalten.

Die gesamte Elektronik ist in Baugruppen untergebracht. Diese Baugruppen sind einzeln abgeglichen, geeicht und geprüft. Eventuell auftretende Störungen und Ausfälle sind daher schnell und einfach durch Austausch zu beheben. Die einzelnen Leiterplatten sind mechanisch sehr starr mit dem Gehäuse verbunden. Dadurch ist das Gerät stoß- und schwingungsfest.

Dank der großen Stabilität der Sensoren ist ein Nullstellen während des Flugbetriebs nicht nötig. Die Programmierung des Gerätes erfolgt durch Schalter im Inneren, die nach dem Entfernen der Gehäusehälften zugänglich sind.

3.2. Variometerfunktion

Das rohe Variometersignal wird, vom Sensor kommend, parallel drei verschiedenen elektronischen Filtern zugeführt, die es ständig zum Ausgangssignal formen. Es ist daher keine Wartezeit nötig, wenn man von einem Filtertyp auf den anderen oder von einer Funktion auf die andere umschaltet. Die Varioanzeige (akkustische und visuelle Anzeige) kann mit Hilfe des Filterwahlschalters wahlweise auf eines der zwei folgenden Filter umgeschaltet werden:

1-Sekunden-Filter: Aktives Filter 2. Ordnung, das eine schnelle und deutliche Anzeige liefert (es unterdrückt die störenden höheren Frequenzen sehr stark). Es ist besonders geeignet für das Zentrieren in der Thermik, da es die unterschiedlichen Steigwerte im Aufwind nahezu verzögerungsfrei anzeigt.

3-Sekunden-Filter: Aktives Filter 1. Ordnung, das eine Anzeige liefert, die in etwa der eines guten Stauscheibenvariometers entspricht. Bei sehr böigem Wetter ist es ratsam, das 3-Sekunden-Filter einzuschalten.

Das dritte Filter ist dem 1-Sekunden-Filter im Verhalten ähnlich, jedoch mit einer erheblich größeren Zeitkonstante versehen. Es dient zur Errechnung des laufenden Mittelwertes, der bei Betätigung des 30 s-Tasters am Anzeigeinstrument erscheint. Im Abschnitt 7 wird das Verhalten der drei Filter ausführlich dargestellt.

Die eingebaute Rundanzeige hat einen festen Meßbereich von ± 5 m/s, um Fehlinterpretationen der Varioanzeige zu vermeiden. Dieser Bereich reicht in Europa erfahrungsgemäß für 95 % aller Flüge aus und ist andererseits empfindlich genug, um auch noch die schwächste Thermik anzuzeigen. Eine Zweitanzeige mit drei umschaltbaren Meßbereichen ist verfügbar.

3.3. Vario - Tongenerator

Der Aussteuerungsbereich des Tongenerators beträgt ± 15 m/s, so daß auch Vertikalgeschwindigkeiten außerhalb des visuellen Anzeigebereichs erfaßt werden können.

Die Grundfrequenz des Tonsignals steigt exponentiell mit der Vertikalgeschwindigkeit. Die physiologische Empfindlichkeit bleibt so über den ganzen Meßbereich erhalten. Das menschliche Ohr unterscheidet Frequenzverhältnisse eher als Frequenzunter-

schiede. Um die Aufnahme des Signals noch zu erleichtern und es für das Ohr angenehmer zu machen, wird seine Tonhöhe periodisch moduliert, wobei die Modulationsfrequenz selbst wieder von der Vertikalgeschwindigkeit abhängt. Im Fallen ist sie konstant 1/sec und erzeugt so ein ruhiges, die Nerven des Piloten schonendes Signal. Im Nulldurchgang springt sie auf 2/sec und steigt ab da exponentiell, bis sie bei +15 m/sec einen Triller erzeugt. Im Nulldurchgang wird die Modulation des Tonsignals bis zum Dauerton verringert. Der Nulldurchgang der Vertikalgeschwindigkeit ruft daher keine abrupte, sondern eine stetige Änderung des Tonsignals hervor, wie sie dem natürlichen - stetigen - Vorgang entspricht.
Der Tongenerator ermöglicht es, mit dem Gehör die Vertikalgeschwindigkeit im Bereich von ±3 m/s auf 0,5 m/s zu schätzen und man hört bereits eine Änderung von 0,1 m/s.
Die Frequenz des Grundtones und die Frequenz der Tonhöhenmodulation im Steigbereich können dem persönlichen Geschmack entsprechend eingestellt werden.
Die Lautstärke, die nötig ist, um das Tonsignal deutlich zu hören, wird vom Hintergrundgeräusch des Flugzeugs bestimmt. Da dieses mit steigender Geschwindigkeit stark zunimmt, wird ein Ton konstanter Lautstärke sehr bald unhörbar. Umgekehrt wird das Tonsignal, bei hoher Geschwindigkeit eingestellt, bei niedriger Geschwindigkeit zu laut. Um dieses Problem zu beseitigen, wird beim SB-8 die Lautstärke automatisch der Geschwindigkeit so nachgeführt, daß das Signal immer gleich laut empfunden wird, ob bei 70 oder bei 200 km/h. Der Lautstärkeknopf wird nur einmal eingestellt. Nur beim Öffnen oder Schließen der Lüftung muß im allgemeinen nachgestellt werden, weil sich dadurch das Flugzeugrauschen verändert. Nach oben hin ist die Anpassung durch die maximale Lautsprecherleistung von 0,3 W begrenzt.

3.4. Sollfahrtgeber

Der Sollfahrtgeber benützt die vom P_N-P_X-Schalter angewählte Polare zur Berechnung der Sollfahrt. Die programmierten Polaren werden dabei ausgehend von der gemessenen oder gerechneten Flugzeugpolare durch ein Polynom 2. Grades dargestellt. Die Annäherung an die wirkliche Polare ist sehr genau. Pro Polare sind lediglich zwei Koeffizienten zu speichern. Die Programmierung kann leicht vom Piloten vorgenommen werden (siehe Abschnitt 6).
Die Flächenbelastung wird mit Hilfe des M/F-Drehknopfes an der Frontplatte kontinuierlich von 27 bis 45 Kg/m^2 eingestellt (Wasserballast, Pilotengewicht, ein- oder zweisitzig).
Der McCready-Wert wird mit dem MC-Drehknopf kontinuierlich im Bereich 0 bis 4,3 m/s eingestellt.Der Sollfahrtgeber errechnet die optimale Gleitgeschwindigkeit auf der Basis der eingestellten Polare, der Flächenbelastung, des Mc-Cready-Wertes und der momentanen meteorologischen Vertikalgeschwindigkeit. Angezeigt wird der Unterschied zwischen der tatsächlich geflogenen und der momentanen optimalen Geschwindigkeit. Die Anzeige erfolgt direkt in km/h im Bereich $\pm$100 km/h. Mit dieser Information kann der Pilot die Sollfahrt einregeln. Dies steht im Gegensatz zu den bisher üblichen Sollfahrtgebern, die in Wirklichkeit ein Sollsinken ausrechnen und eine Sollsinken-Abweichung zur Anzeige bringen. Dort bleibt der Pilot im Unklaren über die Größe der erforderlichen Geschwindigkeitskorrektur, da Sollsinken-Abweichung und Sollfahrt-Abweichung in einer stark von der Geschwindigkeit abhängigen Beziehung zueinander stehen.
Beim SB-8-Sollfahrtgeber bleibt diese sehr wesentliche Regelcharakteristik des Systems Pilot-Flugzeug unbeeinflußt von der Geschwindigkeit. Zusätzlich erfolgt die zeitliche Signalverarbeitung im Rechner so, daß der Regelkreis Pilot-Flugzeug dynamisch so stabil wie möglich ist. Auf diese Weise wird die "Regelarbeit" des Piloten ganz erheblich vereinfacht.

3.5. Sollfahrt-Tongenerator

In der Betriebsart "Sollfahrt" erscheint der gleiche Ton wie in der Betriebsart "Vario", jedoch um den Nullpunkt elektronisch gespreizt. Dies bewirkt, daß man bei positiver Sollfahrtabweichung den gleichen Ton hört wie beim Vario, jedoch entsprechend 5 m/s nach oben verschoben, bei negativer Abweichung entsprechend 5 m/s nach unten verschoben. Dadurch wird der Unterschied zwischen den Signalen "zu schnell" und "zu langsam" verdeutlicht, ohne den Charakter des Variotons zu stark zu ändern. Auf diese Weise kann man durchaus Kurbeln und Gleiten, ohne die Betriebart zu wechseln.
Wenn die geflogene Geschwindigkeit innerhalb eines von 0 bis 30 km/h einstellbaren Toleranzbandes um die optimale Gleitgeschwindigkeit liegt, so wird der Ton ausgeblendet: Man hat Ruhe, solange man ungefähr richtig fliegt, und vermeidet unnötig häufige Korrekturen. Bei Annäherung an die Toleranzgrenze wird man nicht durch ein plötzlich einsetzendes Signal erschreckt - das hohe oder tiefe Signal erscheint mit zunehmender Lautstärke.

3.6. Betriebsartenumschaltung

Die Betriebsart wird über einen Schalter mit drei Positionen (Vario-Aut-SFG) von der Frontplatte aus gewählt. In der oberen Stellung ist das Gerät in der Betriebsart Vario, in der unteren in der Betriebsart SFG (Sollfahrtgeber). In der mittleren (Aut = Automatik) wird sie über einen externen Schalter bestimmt. Dieser kann zum Beispiel ein vom Wölbklappenhebel betätigter Magnetschalter oder ein Druckknopfschalter auf dem Knüppel sein. Der Schalter an der Frontplatte übersteuert in jedem Fall das Fernsteuersignal, sodaß man unabhängig von z.B. der Wölbklappenstellung die Betriebsart festlegen kann. Ist kein externer Schalter angeschlossen, dann ist das Gerät bereits in der mittleren Stellung AUT in der Betriebart SFG.

3.7. Anzeige

In der Betriebsart Vario wird vom eingebauten, gut ablesbaren Rundinstrument das Variosignal im Bereich ±5 m/s angezeigt, in der Betriebsart SFG die Abweichung von der Sollgeschwindigkeit im Bereich ± 100 km/h.
Auf Tastendruck wird, jeweils unabhängig von der Betriebsart, der Batteriestand, die Außentemperatur (± 50° C) oder der Mittelwert des Variosignals angezeigt.
Wo genügend Platz im Instrumentenbrett vorhanden ist, kann man durch Zweitanzeigen einzelne Signale dauernd präsentieren. Verschiedene Geräte stehen dafür zur Verfügung, alle in 57 mm Luftfahrtnorm:

SB 7-20 Rundinstrument mit festem Meßbereich (Standard ± 5 m/s)
SB 7-30 Rundinstrument mit drei umschaltbaren Meßbereichen (2,5 - 5 - 10 m/s)
SB 8-20 Doppelflachbandanzeige für Sollfahrt (± 50 km/h) und mittleres Steigen (-1 bis +3 m/s).
SB 8-10 Rundinstrument mit festem Meßbereich (± 100 km/h).

Dazu sind die "permanenten" Signale Vario, Sollfahrtabweichung und Mittelwert an die rückwärtige Anschlußbuchse geführt und die interne Anzeige kann durch entsprechende Programmierung unabhängig von der Betriebsart sowohl auf Vario, als auch auf SFG dauernd festgehalten werden. Damit sind zum Beispiel folgende Kombinationen möglich:

1. Vario/Sollfahrt auf Hauptgerät, Mittelwert auf Rundanzeige.
2. Vario dauernd auf Hauptgerät, Sollfahrt und Mittelwert auf Doppelflachbandanzeige.
3. Vario dauernd auf Hauptgerät, Mittelwert und Sollfahrt auf Rundanzeige.
4. Sollfahrt auf Hauptgerät, Vario auf 3-Bereichs-Rundgerät, Mittelwert auf Rundgerät mit festem Bereich.

Es können ohne weiteres bis zu drei Zweitinstrumente parallel an jeden Ausgang angeschlossen werden (Doppelsitzer).
Alle elektrischen Ausgänge sind geeicht, ebenso die Zweitanzeigen. Bei Anschluß eines Zweitgerätes ist daher keinerlei Nacheichung nötig, die Geräte sind außerdem austauschbar.

3.8. Außenthermometer

Der Temperaturfühler mißt die Temperatur an dem Ort, an dem er angebracht ist. Man kann sowohl die Kabinentemperatur messen als auch die Außentemperatur. Der günstigste Platz für den Sensor ist im Lüftungskanal in der Nähe des Lufteinlaufs, weil der Fühler dort gut von der Außenluft umspült wird, vor der Sonne geschützt ist, und außerdem noch vor Beschädigung gesichert.

Zur Montage genügt es, ein Loch von 5,5 mm Durchmesser in den Luftkanal zu bohren, den Sensor durchzustecken und mit Klebeband zu befestigen.

4. TECHNISCHE SPEZIFIKATIONEN

Betriebsspannung: Alle Spezifikationen werden erfüllt bei einer Versorgungsspannung von 11,0 bis 15,0 V. Bei Temperaturen über 10 °C arbeitet das System jedoch noch bei 9 V, allerdings mit reduziertem Meßbereich. Der Betrieb ist damit bis zur vollständigen Entladung der Batterie gesichert.

Stromverbrauch: ca. 40 mA bei geringer bis mittlerer Lautstärke, ca. 90 mA bei maximaler Lautsprecherleistung (0,3 W).

Abmessungen: H x B x T = 83 x 83 x 215 mm (80 mm Luftfahrtnorm) Länge des Gehäuses hinter dem Instrumentenbrett 157 mm + Anschlußstecker (40 mm).

Gewicht: 7,85 N (0,8 kp)

Umweltbedingungen: Betriebstemperatur: -30 bis + 60 °C
Höhe: max. 10 000 m
Luftfeuchtigkeit: max. 90 %
Beschleunigung: ± 5 g, alle drei Achsen

Anmerkung: Das Eindringen von Wasser oder Staub in die Sensoren kann zu Schäden führen und ist deshalb unter allen Umständen zu vermeiden.

Nullpunktstabilität Vario: Temperaturdrift: kleiner als ± 15 cm/s im Bereich - 10 bis + 50 °C
Langzeitdrift: kleiner als 15 cm pro Jahr

Eichgenauigkeit:

Elektrischer Ausgang: Vario: ± 2 % des Meßwertes im Bereich ± 7,5 m/s
Staudruck: ± 2 % des Meßwertes bis 1 000 Pa (entspricht 146 km/h)
beide Werte bezogen auf 1 200 m NN

Temperaturfehler des Eichfaktors: ± 2 %, - 10 bis + 40 °C
± 6 %, - 20 bis + 50 °C

Anzeigeinstrumente: Einbau- und Zweit-Instumente, Eichgenauigkeit ± 4 % des angezeigten Wertes.

Meßbereiche: Vario: ± 15 m/s
SFG: 60 bis 270 km/h

Höhenfehler: Da die Meßumformer nach dem Prinzip der Messung des Masseflußes durch die thermische Sonde arbeiten, ist ihr Eichfaktor von der Luftdichte und damit von der Höhe abhängig. Bei der Messung der Vertikalgeschwindigkeit entsteht dabei ein Abfall der Anzeige um 0,5 % pro 100 m Höhenzunahme gegenüber dem flugmechanisch richtigen Wert. (Dieser berücksichtigt die Zunahme der wirklichen Fluggeschwindigkeit mit der Höhe bei gleicher angezeigter Geschwindigkeit. TAS gegen IAS.) Vergleicht man die Anzeige des SB-8 mit der aus Höhendifferenz und Zeitspanne gewonnenen wirklichen Vertikalgeschwindigkeit, dann stellt man eine Abnahme der Anzeige von 1 % pro 100 m fest. Ein Stauscheibenvario, das die wirkliche Vertikalgeschwindigkeit anzeigt, hat demnach - was die Sollfahrt betrifft - den dem Betrag nach gleichen, jedoch umgekehrten Höhenfehler wie das SB-8.
Die Höhenfehler der Vertikalgeschwindigkeit und des Staudrucks kompensieren sich teilweise bei der Bildung der Sollfahrt, wobei der Grad der Kompensation noch leicht vom Flugzeugtyp, der McCready-Einstellung und der Geschwindigkeit abhängt. Es bleibt ein Fehler von ungefähr - 0,5 % übrig. Dabei ist vorausgesetzt, daß die Einstellung des McCready-Wertes auf der Basis der Anzeige des SB-8 selbst erfolgt (Mittelwert).
Der resultierende Höhenfehler der Sollfahrt wirkt sich so aus, daß man oberhalb der Eichhöhe des Gerätes (1 200 m) etwas schneller und unterhalb etwas langsamer fliegt als es die Theorie verlangt. Dies ist flugtaktisch gesehen richtig. Der Betrag des Fehlers bleibt innerhalb ± 4 % im Höhenband von 400 bis 2 000 m und ist ohne weiteres zu vernachlässigen.
Für Piloten, die in großer Höhe Streckenflüge ausführen (Südafrika, Alpen), kann die Eichhöhe durch interne Schalter auf 3 000 m NN gelegt werden.

Genauigkeit des Sollfahrtrechners

Der Rechner selbst arbeitet im Geschwindigkeitsbereich von 70 bis 220 km/h sehr genau, besser als ± 2 %. Er funktioniert bis 270 km/h, allerdings mit zunehmend geringer werdender Genauigkeit. Dieser weite Bereich ist nötig, um total falsche Anzeigen durch Sättigung des Rechners bei hoher Geschwindigkeit zu vermeiden.

Die Annäherung der Polaren durch die Parabel ist sehr gut: ± 5cm/s im Bereich 75 bis 150 km/h, ± 10 cm/s bei 180 km/h.

Eine genaue Abschätzung des Gesamtfehlers ist wegen der vielen Einflüsse nicht möglich. Erfahrungsgemäß liegt er unter 5 % im Geschwindigkeitsbereich bis 200 km/h bei Eichhöhe. Wenn man bedenkt, daß durch Mückenverschmutzung Unsicherheiten bis zu 30 % in den Polaren auftreten können, dann ist dieser Fehler getrost zu vernachlässigen.

5. EINBAU

5.1. Garantie

Die Herstellergarantie deckt Fehler im Material und in der Verarbeitung des Produkts für eine Dauer von zwei Jahren nach Auslieferung ab. ILEC wird Teile des Geräts, die sich in der Garantiezeit als fehlerhaft erweisen, ersetzen oder instandsetzen, vorausgesetzt das Gerät wurde kostenfrei an den Hersteller oder einen autorisierten Vertreter zurückgesandt und vorausgesetzt das Gerät wurde innerhalb der Grenzen betrieben, die in dieser Betriebsanleitung festgelegt sind. ILEC übernimmt keine Folgekosten, hervorgerufen durch den Ausfall eines Gerätes.

Im Falle einer Störung oder Auskunft wenden Sie sich bitte an den Hersteller oder einen autorisierten Vertreter.

5.2. Auspacken der Sendung

Gerät vorsichtig auspacken und auf äußere Transportschäden untersuchen. Falls beschädigt, Verpackung aufbewahren, um Schadenersatzanspruch zu unterstützen und um Gerät zurückzusenden. Bei Post- oder Bahnversand die jeweiligen Bestimmungen für Schadensmeldung beachten. Auskunft darüber erhalten Sie bei Post und Bahn.

5.3. Mechanischer Einbau

Bei der Wahl des Einbauortes sind folgende Gesichtspunkte zu beachten:
Da das Variometer häufig abgelesen wird, sollte es am oberen Rand des Instrumentenbrettes montiert werden. Auf diese Weise wird gleichzeitig die Parallaxe in der Ablesung gering gehalten.

Beim Einbau eines Kompasses ins Instrumentenbrett sollten um ihn alle nichtmagnetischen Geräte gruppiert werden (Fahrtmesser, Höhenmesser, mechanisches Variometer), die elektrischen Geräte (E-Variometer, Wendezeiger, Lautsprecher, Horizont, elektrische Zweitanzeigeinstrumente) mindestens 10 - 15 cm entfernt.

Instrumente, die man selten abliest, sollten möglichst weit unten montiert werden (Funkgerät, O_2-Druck).

Art des Einbaus: Das Flugzeug erfährt insbesondere bei Transport, Start und Landung ziemlich starke Stöße, deren Auswirkung es nach Möglichkeit von allen Instrumenten fernzuhalten gilt. Entgegen einer weit verbreiteten Ansicht ist die beste Befestigung die, die alle Instrumente möglichst starr mit der Struktur des Rumpfes verbindet. Deshalb sind Instrumentenbretter möglichst steif auszuführen und starr mit dem Rumpf zu verbinden.

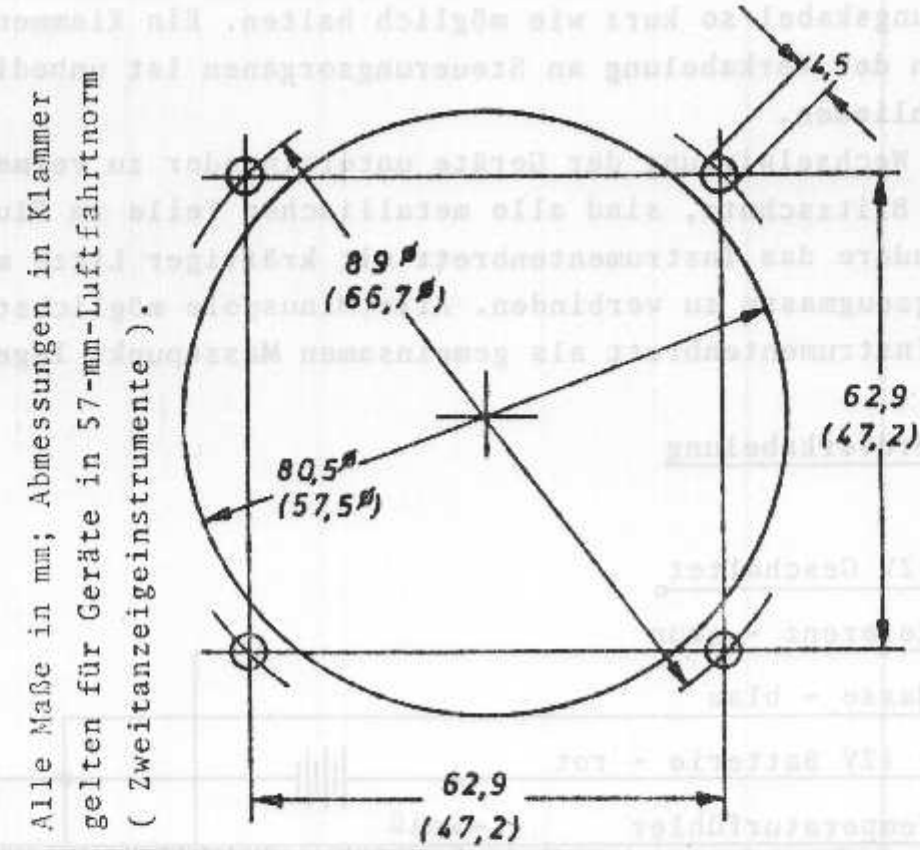
Direkte Sonneneinstrahlung sollte von den Geräten ferngehalten werden. Insbesondere am Boden ohne Belüftung werden sonst sehr hohe Temperaturen in den Instrumenten erreicht. Mehr oder weniger große Meßfehler sind dann die Folge.

Ausschnitt im Instrumentenbrett: Ist im Instrumentenbrett kein Ausschnitt vorhanden, so kann dieser nach den Maßangaben in Abbildung 1 geschaffen werden.

Mechanische Nullpunkteinstellung: Vor dem Einbau sollte der mechanische Nullpunkt bei ausgeschaltetem und waagrecht liegendem Gerät kontrolliert werden. Sollte er, durch eine starke Erschütterung hervorgerufen, verstellt sein, so ist nach dem Lösen von sechs Schrauben der obere Gehäusedeckel zu entfernen. Dann kann mit einem dünnen Schraubendreher der rechts vom Zeiger befindliche rechteckige Einstellhebel so bewegt werden, daß der Zeiger bei ausgeschaltetem Gerät den korrekten Nullpunkt anzeigt.

Der Schraubendreher ist dabei seitlich, vor der Variometerskala bis zum Verstellhebel einzuführen. Dabei ist vorsichtig vorzugehen, um das Instrument nicht zu beschädigen. Danach Gehäusedeckel wieder befestigen.

Abb. 1: Instrumentenbrett-Ausschnitt



5.4. Elektrische Installation

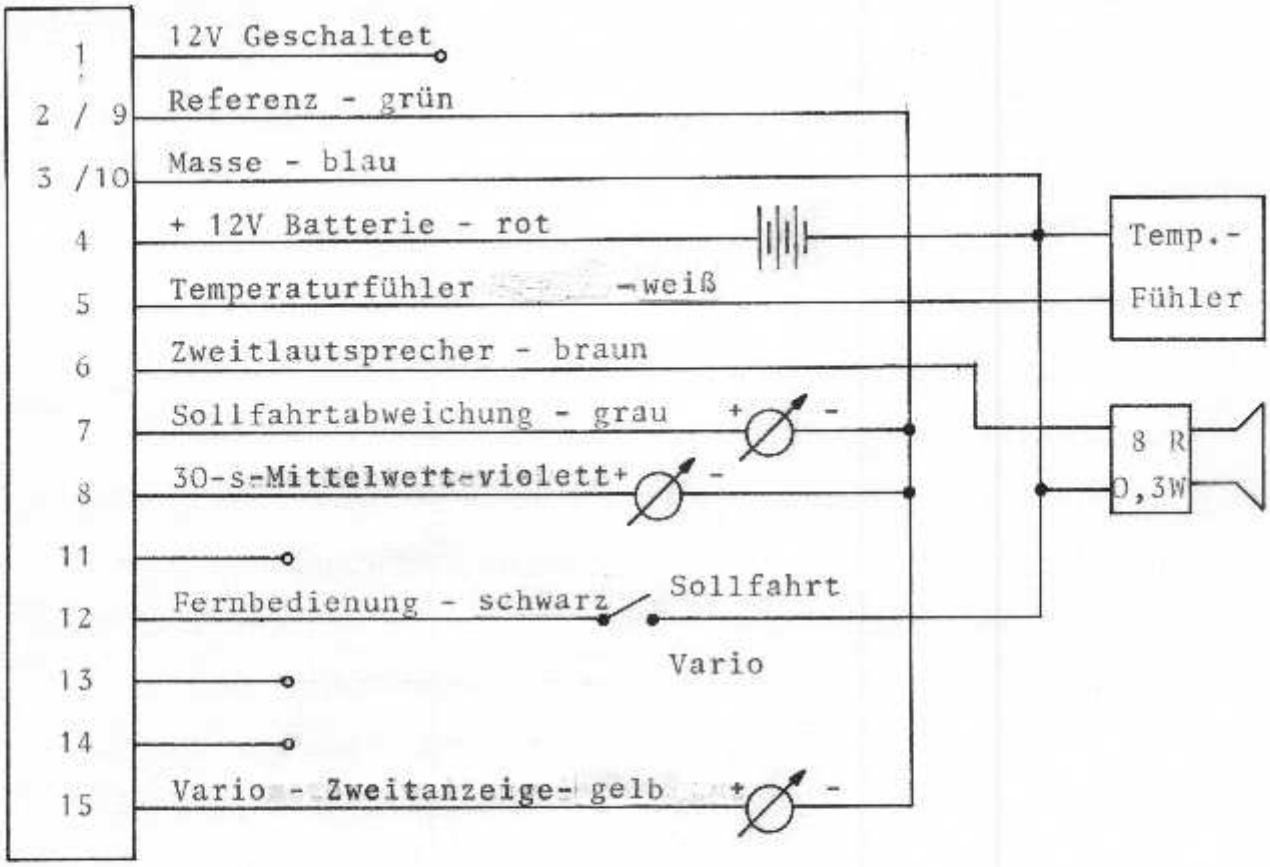
Allgemeine Hinweise

- So wenig Schalter, Kabelverbinder, Stecker, Sicherungen, etc. wie möglich in Reihe schalten. Kontaktprobleme!
- Freiliegende stromführende Teile vermeiden. Kurzschlußgefahr!
- Möglichkeit der Falschpolung durch farbliche Kennzeichnung der Verkabelung ausschließen.
- Nur professionelle Bauteile verwenden!
- An den Anschlußstellen Zugentlastungen für die Verbindungskabel anbringen.
- Bei geschraubten oder angeklemmten Anschlüssen darf die Litze nicht verzinnt werden. Wackelkontakte!
- Jeder direkte Batterieanschluß muß abgesichert sein. Brandgefahr! Sicherung möglichst nahe an der Batterie, am besten im

Batteriekasten selbst anbringen.

- Um bei Kurzschluß den gleichzeitigen Ausfall aller Instrumente zu vermeiden, möglichst eine separate Sicherung pro Gerät vorsehen.
- Wegen der Kurzschlußgefahr sind batterieseitig nur Buchsen (ohne äußeren stromführenden Kontakt) zu verwenden!
- Verbindungskabel so kurz wie möglich halten. Ein Klemmen oder Scheuern der Verkabelung an Steuerungsorganen ist unbedingt auszuschließen.
- Um eine Wechselwirkung der Geräte untereinander zu vermeiden, und zum Blitzschutz, sind alle metallischen Teile im Flugzeug, insbesondere das Instrumentenbrett mit kräftiger Litze mit der Flugzeugmasse zu verbinden. Alle Minuspole möglichst direkt an das Instrumentenbrett als gemeinsamen Massepunkt legen.

Abb. 2: Bordverkabelung



Anmerkungen:

Das Batteriekabel muß einen Leiterquerschnitt von mindestens 0,5 mm^2 besitzen.

Bei Falschpolung wird die eingebaute Sicherung zerstört. Batterieanschlüsse richtig polen und bei herausgezogenem Batteriestecker neue Sicherung (0,5 A, flink, 5 x 20 mm) einsetzen.

Achtung: Bei Verwendung einer zu starken Sicherung kann das Gerät zerstört werden! Keine Garantieleistung!

5.5. Pneumatischer Anschluß

Das Gerät muß über die zwei Nippel an der Rückwand an den Gesamtdruck (Meßdruck des Fahrtmessers) und an eine TEK-Düse angeschlossen werden. Um eine gute Anzeige des Varios zu erhalten, sollte man eine der neueren, hinreichend schiebe- und anstellwinkelunabhängigen Düsen verwenden. (Siehe Prospekt Totalenergiedüsen von ILEC).

Schutz vor Wasser und Staub: Jedes pneumatische Instrument kann durch eindringendes Wasser und durch Staub funktionsunfähig werden. Deshalb ist unbedingt ein Wasserabscheider in jede Leitung, die nach außen führt, einzubauen. Kunststoff-Benzinfilter erfüllen diesen Zweck sehr gut und halten außerdem den Staub fern.

Schlauchanschluß: Die Anschlußnippel an der Rückwand sind für einen Schlauch mit einem Innendurchmesser von 4 - 5 mm vorgesehen. Falls ein Schlauch sehr fest sitzt, ihn nicht mit Gewalt entfernen, sondern vorsichtig, ohne den Nippel zu beschädigen, von hinten aufschneiden. Bei zu dicken oder zu dünnen Schläuchen ein Zwischenstück verwenden.

Die geeignetsten Schläuche sind erfahrungsgemäß durchsichtige PVC-Schläuche 5 x 1,5 mm. Man hüte sich vor Schläuchen, deren Sitz auf dem Nippel sich mit der Zeit lockert, sie führen mit Sicherheit zu Lecks.

Dichtigkeit: Die Leitung vom Meßkopf der Düse bis zum Variometer muß absolut luftdicht sein, soll die Qualität der Anzeige nicht leiden. (Dies gilt für alle Varios!)

Folgende oder jede andere geeignete Dichtigkeitsprüfung sollte durchgeführt werden:

1. Gesamtdruckanschluß am Gerät dicht verschließen (Schlauchstück an einem Ende mit Metallbolzen von 6 mm Durchmesser als Stopfen oder dichtgeschmolzen).
2. Schlauch vor dem Variometer zusammendrücken.
3. Düsenöffnung dicht abschließen (Finger oder Klebeband).
4. Schlauch loslassen. Die Variometeranzeige geht kurz in den Steigbereich und dann wieder auf Null.
5. Eine Minute warten.
6. Düse öffnen. Daraufhin muß das Vario einen Zeigerausschlag von ungefähr gleicher Größe, aber in entgegengesetzer Richtung (Sinken) erzeugen, sonst ist in der Leitung ein Leck.

Sehr häufig liegt der Fehler an der Befestigung der Düse. Abdichten durch Aufschieben eines Silikonschlauches über Düse und Aufnahmerohr.

Wechselwirkung der Variometer: Wird ein SB-8 alleine an einer Düse betrieben, so genügt ein Schlauch mit 4 mm Innendurchmesser, da das Ausgleichsgefäß ein Volumen von nur 60 cm^3 besitzt. Liegen jedoch noch andere große Volumen (z.B. Feinvario mit 1 Liter-Ausgleichsgefäß oder sog. Böenfilter) an der selben Düse, dann ist Vorsicht geboten: Die Anzeigeübergänge des SB-8 können dadurch verfälscht werden. Ein Testflug mit abgetrennten restlichen Variometern sollte dann zur vergleichenden Kontrolle durchgeführt werden. Auf keinen Fall dürfen sich in der Zuleitung zwischen SB-8 und der Düse Kapillaren oder sogenannte Böenfilter befinden. Diese würden nur zu einer Verzögerung der Anzeige führen. Entgegen einer weit verbreiteten Meinung können Fehler der TE-Kompensation nur an der Düse wirklich kuriert werden! (Im Zweifelsfalle Druckschrift "Erprobung einer TE-Vario-Anlage" von ILEC anfordern.)

5.6. Prüfung nach dem Einbau

Variometerfunktion:

Elektrische Anschlüsse überprüfen, Batterie anschließen, Betriebsart Vario wählen und einschalten: Der Zeiger schlägt kurz aus und geht nach einigen Sekunden auf Null zurück. Bei Drehung des Lautstärkeknopfes nach rechts erscheint das Tonsignal. Sollte dies nicht geschehen, Stromversorgung überprüfen.

BAT-Taste (ON-OFF-Schalter) nach oben drücken: Bei geladener Batterie muß der Zeiger an den oberen Anschlag gehen.

Kurze, rückwärtig verschlossene Schlauchstücke an die Nippel anschließen, "Düsen"-Schlauch zudrücken, wieder loslassen und in beiden Stellungen des Filterwahlschalters (1 s, 3 s) die Reaktion des Zeigers beobachten. Gleichzeitig das Tonsignal beachten.

ACHTUNG: Nie in die Nippel oder Anschlußschläuche hineinblasen oder daran saugen! Feuchtigkeit!

30 s-Taste betätigen, "Düsen"-Schlauch ca. eine Minute lang drücken und den Zeiger beobachten.

Sollfahrtgeberfunktion:

Betriebsart SFG wählen, McCready-Wert auf Null stellen. Die Anzeige muß jetzt in der Nähe von - 2,5 stehen, entsprechend - 50 km/h (hängt von der programmierten Polare ab). Bei Rechtsdrehen des McCready-Knopfes geht die Anzeige weiter in den negativen Bereich.

Flächenbelastungs-Knopf hin und her drehen: Bei MC = 0 nur geringer, bei MC = 2 erheblich größerer Einfluß auf den Zeigerausschlag.

MC = 0 stellen und Gesamtdruck-Schlauch drücken: Zeiger geht an den positiven Anschlag (wegen der durch den Druck auf den Schlauch simulierten höheren Geschwindigkeit), Audiosignal beachten (Totband).

MC ungefähr = 2 setzen. Polarenschalter umschalten: Anzeige ändert sich, sofern nicht zwei identische Polaren programmiert sind.

Tem-Taster drücken: Es wird Raumtemperatur angezeigt. Sensor kräftig zwischen zwei Fingern festhalten: Die Anzeige sollte langsam auf etwa 35 °C ansteigen.

Nullpunktkontrolle:

Variometer: Bei geschlossenen pneumatischen Anschlüssen und Filterwahlschalter in 1 s-Stellung den Zeigernullpunkt überprüfen und falls nötig nachstellen, siehe Abschnitt 6, "Einstellungen im Gerät". Kurz nach Herstellung des Geräts kann der Nullpunkt durch Alterung von Bauteilen geringfügig verschoben sein. Voraussetzung für eine Neueinstellung des elektrischen Nullpunkts ist jedoch, daß der mechanische stimmt, siehe Abschnitt 5, "Mechanischer Einbau".

Sollfahrtgeber: Polarenwahlschalter ganz nach rechts drücken, in dieser Stellung zeigt das Instrument den Ausgang des Staudruckgebers an. Falls die Anzeige nicht Null ist, SFG-Null nachregeln. Schlauchverbindungen wieder herstellen.

6. BEDIENUNG

6.1. Funktion der Bedienungsorgane

Frontplatte

ON-OFF-BAT-Schalter: In der Stellung OFF ist das Gerät aus-, in der Stellung ON eingeschaltet, in der Taststellung BAT wird der Batterieladezustand angezeigt. Die Skala ist geeicht für die normalerweise in Segelflugzeugen verwendeten Bleibatterien. Für eine genauere Messung sollten größere Verbraucher abgeschaltet werden. Vier Punkte bedeuten, daß die Batterie voll ist (4/4), drei Punkte, daß noch 3/4 der Nennkapazität zur Verfügung stehen. Bei der Marke 0 ist sie praktisch leer. Spätestens beim Erreichen der Nullmarke sollten alle großen Verbraucher abgeschaltet werden, um Schäden an der Batterie zu vermeiden. Das SB-8 arbeitet dann noch mehrere Stunden.

VOL-Drehknopf: regelt die Lautstärke.

1 s-3 s-Schalter: wählt zwischen der schnellen und der langsamen Vario-Antwort.

30 s-TEM-Taster: Beim Drücken nach oben ("30 s") erscheint der laufende Mittelwert, nach unten gedrückt ("TEM") wird die Außentemperatur im Bereich $\pm$ 50 ^{o}C angezeigt.

VARIO-AUT-SFG-Schalter: In der oberen Stellung ist das Gerät im Vario-, in der unteren im SFG-Betriebszustand und zwar unabhängig von der Stellung eines eventuellen Fernbedienungsschalters. In der mittleren Stellung AUT wird die Betriebsart vom Fernbedienungsschalter aus gesteuert.

M/F-Drehknopf: Hier wird die momentane Flächenbelastung = momentane Flugmasse/Flügelfläche eingestellt, je nach Beladungszustand (Wasserballast, ein- oder zweisitzig, Pilotengewicht, etc.) Der Einstellbereich geht von 27 bis 45 kg/m^2.

MC-Drehknopf: Hier wird der McCready-Wert eingegeben, Bereich 0 bis 4,3 m/s. Sollte auf der Basis des laufenden Mittelwertes eingestellt sein.

P_N-P_X-Schalter: Bestimmt, welche der beiden gespeicherten Polaren für die Sollfahrtrechnung benutzt wird, z.B. P_N = Normalpolare, sauberer Flügel, und P_X = Mückenpolare oder vergrößerte Spannweite. Dieser Schalter dient auch zur Kontrolle des Nullpunkts des Staudruckgebers, er wird zu diesem Zweck in seine rechte Taststellung gebracht.

6.2. Einstellungen im Gerät

Elektrischer Nullpunkt der Sensoren: Mit Hilfe eines Schraubendrehers durch die normalerweise abgeklebten Löcher im oberen Deckel des Gehäuses.

Vario: Betriebsart Vario schalten. Von vorne gesehen durch das linke Loch Nullpotentiometer einstellen bis Anzeige Null ist.

SFG: Polarenschalter nach rechts drücken, rechtes Potentiometer einstellen.

Achtung: Bei Raumtemperatur, Gerät mindestens 15 Minuten vorher einschalten, beide Anschlüsse verschließen, mechanischer Nullpunkt muß überprüft sein.

Nach dem Ausbau des Gerätes und dem Entfernen der oberen Gehäuse-Halbschale (Sechs Schrauben lösen, Schale nach oben abziehen. Beim Wiedermontieren die Schrauben erst rückwärts drehen, bis das Gewinde eingerastet ist!) sind noch folgende Einstellungen möglich, siehe auch Abb. letzte Seite:

Eichhöhe: Das Gerät wird normalerweise mit einer Eichhöhe von 1 200 m ausgeliefert. Zum Umschalten auf 3 000 m werden die zwei blauen Programmierschalter auf der hinteren Leiterplatte kurzgeschlossen, indem jeweils der Drahtbügel in den U-förmigen Haken eingehängt wird. Werden die Brücken wieder geöffnet (Drahtbügel in Kunststoffhaken einhängen), dann ist die Eichhöhe wieder 1 200 m.

Anzeige-Umschaltung: Bei Kurzschließen des oberen der beiden Programmierschalter auf der zweiten Platine von vorn bleibt das interne Anzeigeinstrument unabhängig von der gewählten Betriebsart mit dem Sollfahrtgeber verbunden. Bei Kurzschließen des unteren Schalters zeigt es dauernd das Variosignal. (Nur interessant beim Anschluß von Zweitanzeigen.)

Achtung: Keine lackierten Einstellpotentiometer verstellen, die Eichung des Gerätes geht sonst verloren!

SFG-Totband: Vom Hersteller so eingestellt, daß der Ton bei $\pm$ 15 km/h anfängt. Bei Drehung voll im Uhrzeigersinn wird das Totband Null, bei Drehung voll gegen den Uhrzeigersinn beginnt der Ton bei etwa $\pm$ 25 km/h.

Tonhöhe, Modulationsfrequenz im Steigbereich: Zum Einstellen Gerät elektrisch anschließen und kurzes, rückwärtig geschlossenes Schlauchstück auf den "Düsen"-Nippel stecken. Durch abwechselndes Drücken das Vario auf und ab schwingen lassen. Tonhöhe und Modulationsfrequenz nach eigener Wahl einstellen.

6.3. Programmierung der Polaren

Bevor die Polare eingegeben werden kann, muß sie durch ein Polynom 2. Grades, d.h. eine Parabel angenähert werden:

$$w_p = a_o + a_1 v + a_2 v^2$$

Es ist zu beachten, daß diese Polare nur für die der Messung oder der Rechnung der Polaren zugrundegelegten Flächenbelastung gilt. Sind allerdings die Koeffizienten a_o bis a_2 bekannt für diese Flächenbelastung, dann ist es sehr einfach, sie auf die für das SB-8 gewählte Bezugsflächenbelastung von 33 kg/m^2 umzurechnen. (Die tatsächliche Flächenbelastung wird dann auf der Frontplatte eingestellt und vom Rechner berücksichtigt.) Für den SFG werden nur die zwei letzten Koeffizienten benötigt, weshalb nur zwei Einstellungen pro Polare nötig sind.

Das Gerät wird vor Auslieferung vom Hersteller nach dem vom Käufer spezifizierten Flugzeugtyp programmiert. Ist nichts spezifiziert, dann wird als normale Polare die von der DFVLR gemessene Polare des Standard-Cirrus, als X-Polare die von Johnson (Soaring) gemessene Mückenpolare eingegeben.

In jedem Fall wird ein Blatt mit allen Daten der eingegebenen Polaren als letztes Blatt des Handbuchs mitgeliefert. Bei Flugzeugwechsel kann das neue Datenblatt kostenlos von ILEC bezogen werden, sofern es sich um einen gängigen Flugzeugtyp handelt.

Bei Sonderwünschen kann man nach dem weiter unten gezeigten Schema die Parabelkoeffizienten selbst berechnen. Es ist zu beachten, daß die den Polaren zugrundeliegende Flächenbelastung nicht mit der Bezugsflächenbelastung von 33 kg/m^2 übereinstimmt. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, ist lediglich der quadratische Koeffizient a_2 mit dem Faktor $\sqrt{\frac{M/F}{33\ kg/m^2}}$ zu multiplizieren.

Bei der Berechnung verwendet man am besten eine Tabelle nach dem Muster des mitgelieferten Datenblatts. Diese Rechnung wird auf Anfrage auch von ILEC gegen einen geringen Unkostenbeitrag durchgeführt.

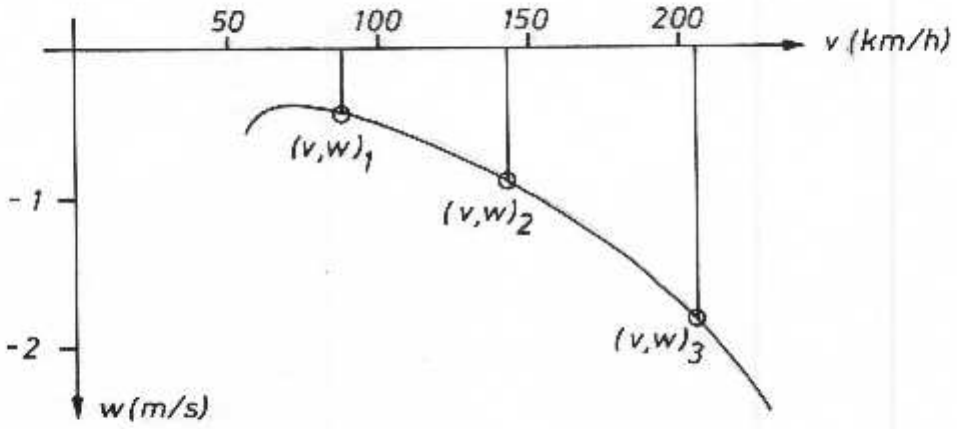
Sind die Koeffizienten der Normalpolare bekannt, dann bestimmt man die entsprechenden Schalterstellungen mit Hilfe der unten stehenden Tabelle. Man wählt den dem gerechneten Wert des Koeffizienten a_1 am nächsten liegenden Zahlenwert in der 1. Spalte und liest die dazugehörige Schalterstellung in der 3. Spalte ab. Ebenso verfährt man mit dem Koeffizienten a_2, diesmal jedoch mit Hilfe der 2. Spalte. Man hat so die Schalterstellungen N_1 und N_2 für die Normalpolare bestimmt. Für die X-Polare verfährt man genauso und gewinnt damit die Schalterstellungen X_1 und X_2.

Spalte 1	Spalte 2	Spalte 3
a_1	$-10^3 a_2$ (s/m)	Stellung
0,1383	3,125	0
0,1323	2,989	1
0,1267	2,865	2
0,1216	2,750	3
0,1170	2,644	4
0,1126	2,546	5
0,1086	2,455	6
0,1048	2,371	7
0,1013	2,292	8
0,0980	2,218	9
0,0950	2,148	A
0,0921	2,038	B
0,0894	2,022	C
0,0868	1,964	D
0,0844	1,910	E
0,0821	1,858	F

Zur Eingabe der Parabelkoeffizienten entfernt man die von vorn gesehen linke untere Halbschale des Gehäuses. Es werden auf der zweiten Platine von vorn die vier blauen Drehschalter (siehe letzte Seite) sichtbar. Sie werden jetzt mit Hilfe eines Schraubendrehers auf die in der Tabelle gefundenen hexadezimalen Zahlen von 0 bis F eingestellt, und zwar in der Reihenfolge N_2 - N_1 - X_2 - X_1 von oben nach unten. Beim Wiedereindrehen der Schrauben darauf achten, daß sie wieder in ihre ursprünglichen Gewindegänge hineinfinden, am besten durch Rückwärtsdrehen.

6.4. Mathematische Darstellung der Polaren (nach Reichmann)

Abb. 3 Flugzeugpolare



1. Taschenrechner mit Gleitkomma verwenden, alle Zahlen mit mindestens vierstelliger Genauigkeit notieren.
2. v_1 festlegen: etwa Geschwindigkeit des besten Gleitens. w_1 = dazugehöriges Polarensinken messen. Vorzeichen beachten! Alle w-Werte sind negativ!
3. v_3 festlegen, etwa 180 km/h. w_3 messen.
4. v_2 festlegen, etwa in der Mitte zwischen v_1 und v_3. w_3 messen.
5. Alle drei Geschwindigkeiten in m/s umrechnen. Damit können ab jetzt die Maßeinheiten weggelassen werden.
6. Ausrechnen:

$$a_2 = \frac{(v_2 - v_3) \cdot (w_1 - w_3) + (v_3 - v_1) \cdot (w_2 - w_3)}{v_1^2 \cdot (v_2 - v_3) + v_2^2 \cdot (v_3 - v_1) + v_3^2 \cdot (v_1 - v_2)}$$

$$a_1 = \frac{w_2 - w_3 - a_2 \cdot (v_2^2 - v_3^2)}{(v_2 - v_3)}$$

$$a_0 = w_3 - a_2 \, v_3^2 - a_1 \, v_3$$

7. Zur Kontolle die Parabelwerte für möglichst mehrere v-Werte ausrechnen gemäß:

$$w_p = a_0 + a_1 \, v + a_2 \, v^2$$

6.5. Mückenpolare

Die Verschmutzung der Flügelnase durch Insekten führt bei Laminarprofilen zu einer erheblichen Verschlechterung der Flugleistungen. Für eine Zusammenfassung siehe H. Zacher: "Messungen zum Einfluß der Insektenrauhigkeit auf die Flugleistungen." (Aerokurier 2/1978)

Für starre Profile scheint der Einfluß ungefähr regelmäßig zu sein: nur geringfügige Erhöhung der Sinkgeschwindigkeit im unteren Bereich der Polare, ungefähr 15 % Erhöhung bei 180 km/h. Wegen der bestehenden sehr großen Unsicherheiten folgen die von ILEC programmierten Mückenpolaren für Flugzeuge mit starrem Profil diesem Muster, genauer gesagt den Johnson-Messungen am Standard-Cirrus.

Für Wölbklappenprofile gehen die Resultate weit auseinander. Allgemein ist der Einfluß stärker als bei starren Profilen, um 25 % bei der besten Gleitzahl; bei höheren Geschwindigkeiten kann der Einfluß sowohl zu- als auch abnehmen. Einem Vorschlag von G. Waibel folgend, programmiert ILEC Polaren für Wölbklappenflugzeuge so, daß bereits die Normalpolare gegenüber der Polaren des sauberen Flugzeugs um 5 % linear über den ganzen Geschwindigkeitsbereich verschlechtert wird. Die Mückenpolare wird um 25 % verschlechtert.

Die diesen Werten zugrunde gelegte Verschmutzung entspricht etwa einem Fleck alle fünf bis zehn Zentimeter auf der Flügelnase, in Spannweitenrichtung gezählt.

Für Flugzeuge mit starrem Profil muß für die Mückenpolare eine eigene Parabelanpassung vorgenommen werden, um die Koeffizienten zu bestimmen, weil sie nicht durch eine einfache Transformation aus den normalen Koeffizienten hervorgehen.

Bei Wölbklappenflugzeugen genügt es, nach der Waibel'schen Formel beide Koeffizienten jeweils mit dem gleichen Verschlechterungsfaktor zu multiplizieren, z.B.

saubere Polare:	a_1; a_2
N-Polare:	1,05 a_1; 1,05 a_2
Mückenpolare: (X-Polare)	1,25 a_1; 1,25 a_2

7. VARIOMETER SB-8 IM FLUGE

7.1. 1-sec- und 3-sec-Filterantwort

Um das Verhalten der zwei unterschiedlichen Filterausgangssignale zu zeigen, wurde in Abbildung 4 aufgezeichnet, was beim Durchfliegen eines idealisierten Aufwindes nacheinander geschieht. Als Flugzeug wurde ein Standardsegler mit normaler Flächenbelastung angenommen, die Fluggeschwindigkeit betrage 90 km/h und bleibe konstant.

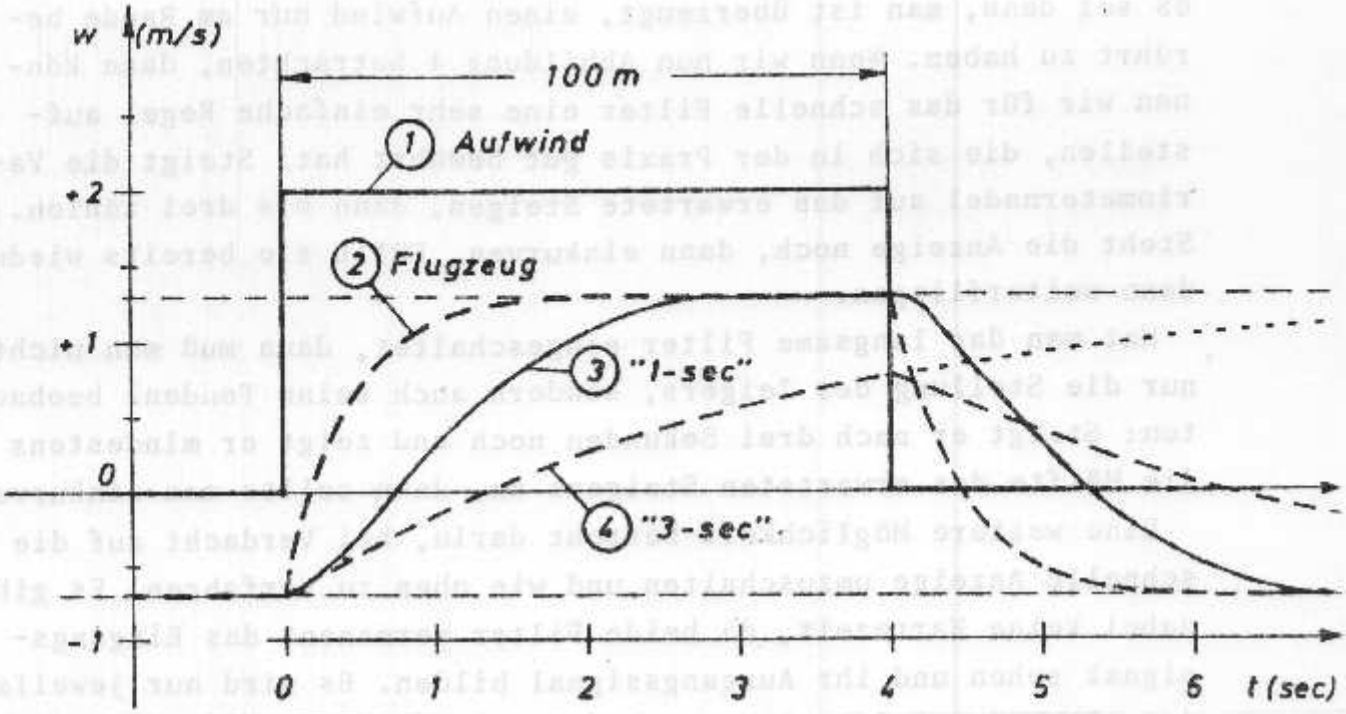
Die dick ausgezogene, rechteckige Kurve 1 zeigt den Aufwind über der Zeitachse: Vor dem Aufwind herrscht Ruhe, innerhalb des Aufwindes steigt die Luft mit 2 m/s, sein Durchmesser beträgt 100 m.

Vor dem Einfliegen in den Aufwind sinkt das Flugzeug gleichmäßig mit 0,7 m/s. Beim Einfliegen in die Thermik wird es nach oben beschleunigt, man spürt dies deutlich am Sitzdruck. Der Übergang zur neuen Vertikalgeschwindigkeit des Flugzeugs von 1,3 m/s erfolgt schnell, mit einer Zeitkonstanten von 0,4 s. Die Böenbeschleunigung ist am Anfang 0,5 g, der Beschleunigungsmesser springt von 1 g auf 1,5 g. Beim Ausfliegen spielt sich das Gleiche, diesmal jedoch nach unten ab. Kurve 2 zeigt dieses Verhalten. Kurve 3 zeigt die Anzeige des 1-sec-Filters: Nach kurzer Verzögerung von etwa 0,2 s schwingt die Anzeige ziemlich schnell hoch, nach 2 s sind schon 90 % der Änderung, nach 2,5 s 100 % des wirklichen Flugzeugsteigens von 1,3 m/s angezeigt. Die Anzeige bleibt stehen bis zum Ende des Aufwindfeldes und fällt dann wieder genau so schnell auf die ursprüngliche Sinkgeschwindigkeit zurück.

Anmerkung: Um mit einem Filter 1. Ordnung eine ähnlich schnelle Anzeige zu erreichen,müßte seine Zeitkonstante 1 s betragen. Ein solches Filter wäre bei normalem Thermikwetter unbrauchbar, da es auf Grund seiner durch die Turbulenz hervorgerufenen dauernden Bewegung nicht ablesbar wäre. Beim hier angewandten Filter 2. Ordnung werden die hohen, störenden Frequenzen des Eingangssignals um grob gerechnet eine Größenordnung stärker gedämpft als beim Filter 1. Ordnung, nur so ist die hohe Anzeigegeschwindigkeit möglich.

Kurve 4 zeigt das Verhalten des langsamen 3-sec-Filters, das dem eines guten Stauscheibenvariometers entspricht:

Das Ausgangssignal kriecht langsam hoch. Um 90 % der Änderung des Eingangssignals zu erreichen, müßte man sieben Sekunden warten. Wenn man am Ende des Aufwindfeldes angekommen ist, ist der Zeiger gerade auf 0,8 m/s gestiegen, von hier aus fällt er genau so langsam wieder ab.



Flugzeug: Standardklasse, 30 kg/m^2, 90 km/h.
Abbildung 4: Durchfliegen eines Aufwindfeldes.

Beim Vergleich der beiden Kurven wird klar, wie sehr viel deutlicher das schnelle Filter den durchflogenen Aufwind "markiert" als das langsame, und zusätzlich noch mit geringerer Verzögerung. Es ist deshalb dem langsamen Filter immer da überlegen, wo es darauf ankommt, den Steigwert unmittelbar zu erfahren, das heißt beim Kreisflug in der Thermik.

Durch die geringe Verzögerung von nur etwa zwei Sekunden braucht man gegenüber einem Stauscheibenvariometer das Maximum der Anzeige nicht im Geiste zeitlich rückwärts zu verschieben. Die Anzeige gibt das wirkliche momentane Steigen an.

Welches Filter benutzt man am besten zu Thermiksuche? Da das Hauptproblem hier im Unterscheiden zwischen Böen und nutzbaren Auf-

winden besteht, kurz folgende Betrachtung: Der Durchmesser eines normalen Thermikkreises beträgt ungefähr 150 m. Diese Strecke wird bei 90 km/h in sechs Sekunden durchflogen, bei 180 km/h in drei Sekunden. Damit kann man sagen, daß sich das Eindrehen in den Aufwind erst lohnt, wenn der Aufwind drei bis fünf Sekunden anhält und außerdem noch die gesuchte Mindeststärke aufweist, es sei denn, man ist überzeugt, einen Aufwind nur am Rande berührt zu haben. Wenn wir nun Abbildung 4 betrachten, dann können wir für das schnelle Filter eine sehr einfache Regel aufstellen, die sich in der Praxis gut bewährt hat: Steigt die Variometernadel auf das erwartete Steigen, dann bis drei zählen. Steht die Anzeige noch, dann einkurven. Fällt sie bereits wieder, dann weiterfliegen.

Hat man das langsame Filter eingeschaltet, dann muß man nicht nur die Stellung des Zeigers, sondern auch seine Tendenz beobachten: Steigt er nach drei Sekunden noch und zeigt er mindestens die Hälfte des erwarteten Steigens an, dann sollte man einkurven.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, bei Verdacht auf die schnelle Anzeige umzuschalten und wie oben zu verfahren. Es gibt dabei keine Wartezeit, da beide Filter permanent das Eingangssignal sehen und ihr Ausgangssignal bilden. Es wird nur jeweils der eine oder andere Ausgang auf Anzeige, sowohl akustisch als auch visuell, geschaltet.

7.2. Turbulenz und Böen

Alles, was kürzer dauert, als ein brauchbarer Aufwind, ist nur störend. Im Idealfall sollte ein Variometer diese Böen unterdrücken. Dies ist jedoch unmöglich, solange wir eine verzögerungsarme Anzeige verlangen. Fürs erste müssen wir uns damit begnügen, die Böen herauszufiltern, ohne zuviel an Schnelligkeit zu verlieren. Mit der zur Verfügung stehenden Elektronik ist das machbar. Die Aufgabe wird allerdings durch die heute unumgängliche Totalenergiekompensation erheblich erschwert. Die durch die Turbulenz hervorgerufenen Änderungen der Strömungsgeschwindigkeit wirken sich wie Vertikalböen aus, nur viel stärker als wirkliche Vertikalböen.

Zur Veranschaulichung dieses Sachverhaltes sei folgender Fall angenommen: Ein Standardflugzeug fliege im Gleitflug mit 150 km/h. Es fliege zum einen in ein Aufwindfeld mit 2 m/s meteorologischem Steigen, zum anderen in eine Windscherung mit einem Luftwirbel in

horizontaler Richtung, derart, daß die Fahrt um 2 m/s zunimmt. Was passiert in beiden Fällen? Abbildung 4 zeigt es für den ersten Fall, mit dem einzigen Unterschied, daß die anfängliche Sinkgeschwindigkeit 1,8 m/s anstatt 0,7 m/s beträgt und daß der Beschleunigungsstoß stärker ist. Das Flugzeug wird beim Einfliegen von - 1,8 m/s auf + 0,2 m/s beschleunigt und zwar wegen der höheren Fluggeschwindigkeit 150/90-mal so stark wie in Abbildung 4. Der Beschleunigungsmesser würde von 1,0 auf 1,8 g springen und mit einer Zeitkonstanten von 0,25 s wieder auf 1 zurückfallen. Die Übergänge der Variometeranzeige erfolgen wie in Abbildung 4, nur liegen die Kurven etwas tiefer.

Im Fall der Horizontalböe springt die Fahrtmesseranzeige von 150 km/h auf 157 km/h, nur durch die Trägheit des Fahrtmessers etwas gedämpft. Das Flugzeug wird im Gegensatz zum ersten Fall nur gering beschleunigt, nämlich mit 0,1 g. Die weitere Flugbahn wird hauptsächlich durch die Reaktion des Piloten bestimmt. Er kann mit der erhöhten Fahrt weiterfliegen oder seine dazugewonnene kinetische Energie in Höhe umsetzen (in diesem Beispiel wären das 8,7 m) und danach mit seiner ursprünglichen Fahrt weiterfliegen. Auf die TEK-Variometeranzeige hat das Manöver jedoch praktisch keinen Einfluß. Das TE-Variometer "sieht" einen Staudrucksprung, der dem oben erwähnten Höhensprung von 8,7 m entspricht. Es interpretiert diesen Drucksprung richtig als einen äquivalenten Energiegewinn und zeigt Steigen an. Der Ausschlag ist dabei proportional zur potentiell zu gewinnenden Höhe, gleichgültig ob diese nun umgesetzt wird oder nicht. Der Zeigerausschlag ist hier viel größer als im ersten Fall, wie Abbildung 5 zeigt, klingt jedoch schnell wieder ab. Die schnelle Anzeige des 1-sec-Filters schwingt von - 1,8 m/s auf + 3,5 m/s hoch und ist nach drei Sekunden praktisch wieder auf den Anfangswert zurückgefallen. Zur Demonstration des Unterschiedes zwischen dem im SB-8 verwendeten schnellen Filter und einem etwa gleich schnellen klassischen Filter 1. Ordnung wurde dessen Anzeige als Kurve 2 eingezeichnet. Man erkennt deutlich das sehr viel stärker gedämpfte Verhalten des SB-8-Filters.

Die langsame 3-sec-Filteranzeige springt von - 1,8 m/s auf + 1,1 m/s und kriecht von da langsam wieder auf den Anfangswert

zurück. Die große Zeitkonstante führt zu einem anfänglichen Ausschlag, der nur etwa halb so groß ist, wie der des schnellen Filters, dafür bleibt er aber länger stehen. Man sollte nicht vergessen, daß in der Praxis die Turbulenzen selten so scharf sind, wie hier der Anschaulichkeit wegen angenommen. Die vordere Flanke der langsamen Anzeige wird daher meist runder sein als hier gezeigt.

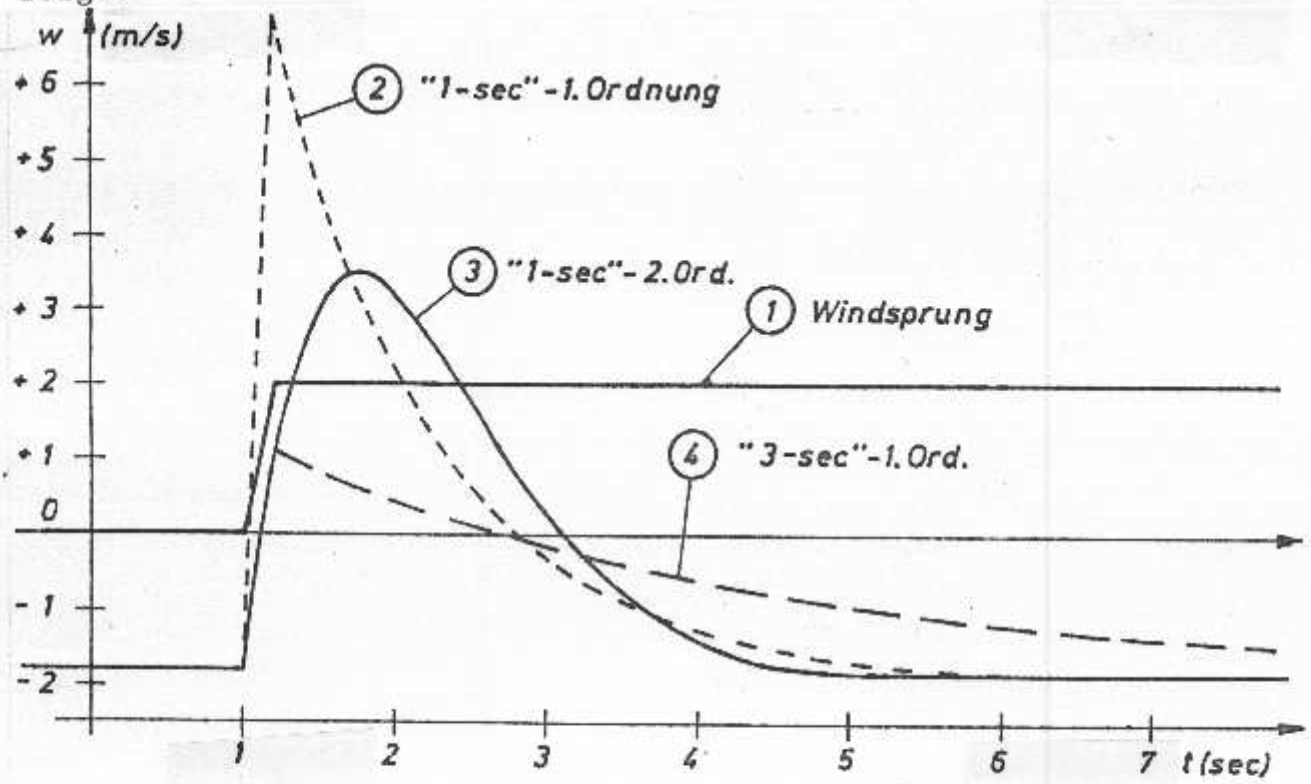


Abbildung 5: Horizontalböe

Welche Lehren sind nun aus diesem Tatbestand für die fliegerische Praxis zu ziehen?

- Wenn das Vario schnell ansteigt, ohne von einer starken Aufwärtsbeschleunigung begleitet zu werden, dann handelt es sich in der Regel um eine Horizontalböe. Man kann den Fahrtüberschuß herausziehen, muß jedoch damit rechnen, bald hinterher wieder nachdrükken zu müssen, weil ein negativer Windsprung folgt.
- Wenn das Variometer nach einem Beschleunigungsstoß schnell positiv ausschlägt, wird im allgemeinen ein Aufwind folgen.
- Wenn das Variometer langsam ansteigt, dann kann sich ein großflächiges Aufwindfeld ankündigen. Man wird meist keine besonderen

Beschleunigungssignale spüren. Es empfiehlt sich in diesem Fall nach dem Sollfahrtgeber die Fahrt zu reduzieren, die Variometeranzeige aufmerksam zu verfolgen und erst einzukurven, wenn der Aufwind die gewünschte Stärke hat. Die Sollfahrtanzeige verhält sich annähernd wie ein Variometersignal, solange man die Fahrt nicht ändert. Dies ist interessant für den Fall, daß in der SFG-Betriebsart das Variosignal nicht zur Verfügung steht (Basis-Gerät ohne Zweitanzeige).

7.3. Die Mittelwertanzeige

Die wichtigste Größe beim Streckenflug ist die mittlere Steiggeschwindigkeit beim Kreisen in der Thermik. Sie entscheidet, ob der Aufwind, in dem man sich gerade befindet, gut genug ist, das gesteckte Ziel zu erreichen. Weiter spielt sie eine entscheidende Rolle bei der Einstellung des McCready-Wertes und damit für die Gleitgeschwindigkeit. Da man das mittlere Steigen 50 - 100 % zu stark einschätzt, wenn man sich nur auf die Varioanzeige und sein Schätzvermögen verläßt, ist im SB-8 ein 30-sec-Mittelwertfilter eingebaut. Es ist analog dem schnellen 1-sec-Filter aufgebaut, hat jedoch eine sehr viel größere Zeitkonstante und die Dämpfung ist für diese Anwendung optimiert.

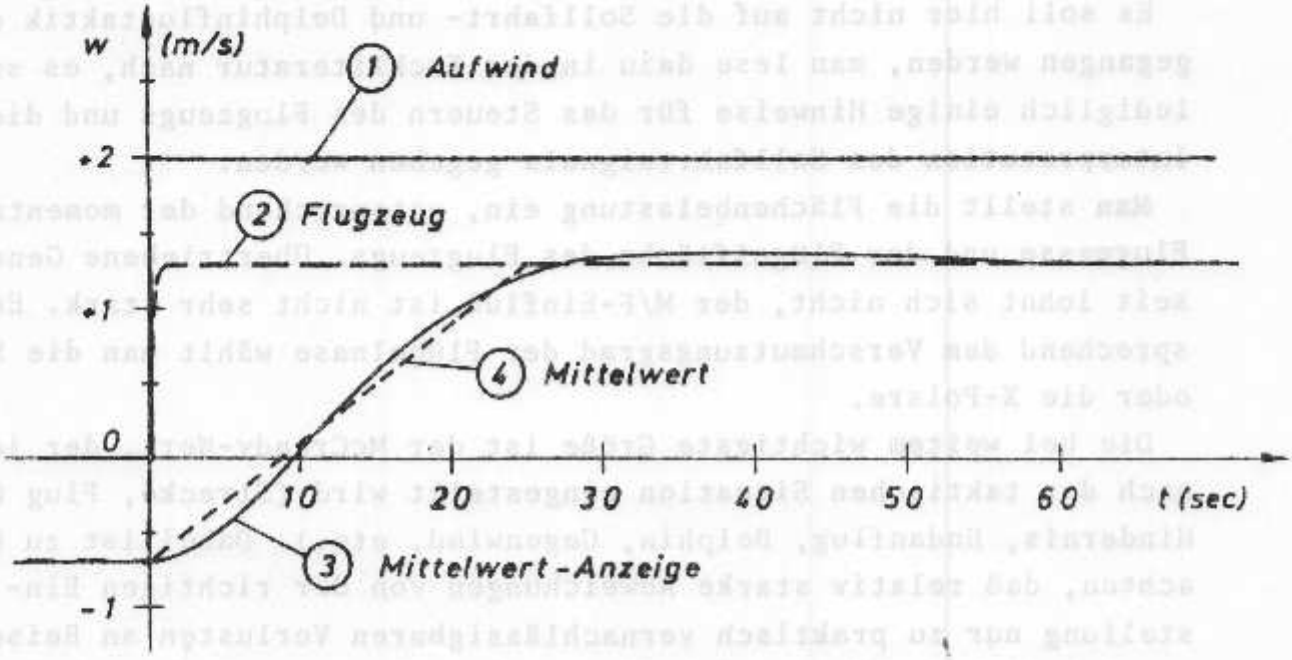


Abbildung 6: Mittelwertanzeige des 30-sec-Filters

Abbildung 6 zeigt das Verhalten des Mittelwertfilters beim Einfliegen und anschließenden Kreisen in einem Aufwind von konstant 2 m/s entsprechend Kurve 1:

- Das Flugzeug, Kurve 2, beschleunigt in diesem Maßstab gesehen sehr schnell auf seine neue Vertikalgeschwindigkeit von 1,3 m/s, wobei das verstärkte Eigensinken im Kurvenflug vernachlässigt wurde.
- Etwa nach einem Vollkreis von ungefähr 25 s zeigt das 30-sec-Filter, dargestellt in Kurve 3, die neue Vertikalgeschwindigkeit von 1,3 m/s an.
- Auch während des Übergangs wird mit guter Genauigkeit laufend der Mittelwert der letzten 25 s angezeigt, wie der Vergleich der Kurve 3 mit Kurve 4 (errechneter Wert) beweist.
- Diese Aussage gilt auch dann noch, wenn der Aufwind sehr unregelmäßig ist, beispielsweise zwischen 0 - 4 m/s schwankt.

Läßt der Aufwind nach, dann ist dies sofort nach dem gerade geflogenen Vollkreis an der Mittelwertanzeige festzustellen.

Ideal ist dieses Filter dann zu gebrauchen, wenn der Mittelwert nicht erst nach dem Betätigen der Taste angezeigt wird, sondern dauernd auf einem zweiten Anzeigegerät erscheint.

7.4. Der Sollfahrtflug

Es soll hier nicht auf die Sollfahrt- und Delphinflugtaktik eingegangen werden, man lese dazu in der Fachliteratur nach, es sollen lediglich einige Hinweise für das Steuern des Flugzeugs und die Interpretation des Sollfahrtsignals gegeben werden.

Man stellt die Flächenbelastung ein, entsprechend der momentanen Flugmasse und der Flügelfläche des Flugzeugs. Übertriebene Genauigkeit lohnt sich nicht, der M/F-Einfluß ist nicht sehr stark. Entsprechend dem Verschmutzungsgrad der Flügelnase wählt man die N- oder die X-Polare.

Die bei weitem wichtigste Größe ist der McCready-Wert, der je nach der taktischen Situation eingestellt wird (Strecke, Flug über Hindernis, Endanflug, Delphin, Gegenwind, etc.). Dabei ist zu beachten, daß relativ starke Abweichungen von der richtigen Einstellung nur zu praktisch vernachlässigbaren Verlusten an Reisegeschwindigkeit führen. Sobald man einen Bart verlässt, schaltet man um auf die SFG-Betriebsart.

Im Sollfahrtflug nützt es nichts, Kunstflug zu praktizieren, indem man blind den Befehlen des Sollfahrtgebers folgt. Dies ist sogar schädlich für die Gesamtleistung, während es gleichzeitig den Piloten psychisch und physisch belastet. Neuere Studien zeigen, daß es sich in der Praxis nicht lohnt, innerhalb kurzer Auf- bzw. Abwindzonen dauernd die Geschwindigkeit zu ändern. Die Fahrt nur korrigieren, wenn es sich wirklich lohnt und dann auch nicht auf den km/h genau!

7.5. Thermiksuche mit dem Sollfahrtgeber

Hier sind zwei Fälle zu unterscheiden:

1. Im Falle einer plötzlichen Anzeigeänderung verfährt man am besten nach dem in Abschnitt 7.1. gesagten. Dabei kann man die Sollfahrtgeberanzeige als Varioanzeige benutzen (Nullpunkt ist verschoben, Fahrt dabei nicht ändern), hinzu kommt, daß die SFG-Anzeige durch Windsprünge, d.h. Horizontalturbulenz stärker beeinflußt wird als eine TE-Anzeige. Besser ist es also in jedem Fall, hier mit dem Variosignal zu arbeiten. Deshalb ist es günstig, eine Zweitanzeige zu verwenden, um auch im SFG-Betrieb eine Varioanzeige zu haben.

2. Im Falle einer langsamen Änderung wird man automatisch durch den SFG auf geringere Fahrt hin gesteuert. Wenn man bei der Fahrt des geringsten Sinkens angekommen ist und die SFG-Nadel steht immer noch auf Null oder darüber, dann befindet man sich in einem Aufwind, der ungefähr so stark ist wie der eingestellte McCready-Wert. Spätestens hier sollte man aufmerksam werden.

7.6. Einfluß der Beschleunigung auf die TE-Vario-Anzeige

Beim Abfangen, insbesondere bei niedrigen Geschwindigkeiten, treten infolge des erhöhten Lastvielfachen zum Teil drastische Erhöhungen des Eigensinkens auf. Diese zusätzlichen Energieverluste werden natürlich von einem guten TE-Vario angezeigt. Sie sind nicht mit Fehlern der Kompensation zu verwechseln. Während des Andrückens bei niedriger Geschwindigkeit wird das Eigensinken dagegen stark veringert, es kann bis nahe an Null herangehen.

ILEC versendet auf Anfrage gegen eine Schutzgebühr von DM 5.- die Druckschrift "Einfluß der Beschleunigung auf das Eigensinken und die Varioanzeige; Erprobung einer TE-Vario-Anlage".

Polaren-Programmierung SB-8

Seriennummer des Gerätes.....Datum.....

Flugzeugtyp .....

Bezugspolare, Quelle .....

Konfiguration .....

Flügelfläche .....m^2 Gesamtflugmasse.....kg

Flächenbelastung .....kg/m^2

Programm: N-Polare .....

X-Polare .....

v (km/h)	v (m/s)	Bezugspolare $-w_p$ (m/s)	N-Polare $-w_p$ (m/s)	X-Polare $-w_p$ (m/s)
70	19,444			
80	22,222			
90	25,000			
100	27,778			
110	30,556			
120	33,333			
130	36,111			
140	38,889			
150	41,667			
160	44,444			
170	47,222			
180	50,000			
190	52,778			
200	55,556			
220	61,111			
240	66,666			

$v_{E\ max}$				
E max				
$-a_0$ (m/s)				
$10^3\ a_1$				
$-10^3\ a_2$ (m/s)				
33 kg/m^2	a_1			
	$-a_2$			

$$\sqrt{\frac{M/F}{33\ kg/m^2}} = \ldots\ldots$$

$N_2 = \ldots\ldots\ldots$

$N_1 = \ldots\ldots\ldots$

$X_2 = \ldots\ldots\ldots$

$X_1 = \ldots\ldots\ldots$