

METALLSONDEN- VARIOMETER

VW 3 SG



Dr. rer. nat.
Westerboer,
Hofhansel
& Cie GmbH

Prößlstr. 18, D-92637 Weiden
Tel: 0961-26916
<http://www.westerboer.de>

Inhalt:		
	1. Allgemeine Beschreibung	2
	1.1 Wirkungsweise	2
	1.1.1 Metallsonden-Variometer	2
	1.1.2 Sollfahrt-Variometer	2
	1.2 Bauweise	4
	2. Montageanleitung	4
	2.1 Montage im Instrumentenbrett	4
	2.2 Schlauchanschlüsse	5
	2.3 Elektrische Stromversorgung	5
	2.4 Anschluß von Zweitinstrumenten	6
	3. Bedienungshinweise	7
	3.1 Variometer	7
	3.2 Sollfahrtgeber	7
	4. Wartung	7
	5. Tips aus der Praxis	8
	5.1 Variometer	8
	5.2 Sollfahrtgeber	9
	6. Umstellung des VW 3 SG auf andere Polare	10

1. Allgemeine Beschreibung

1.1 Wirkungsweise

Im folgenden werden die Arbeitsweise des Metallsonden-Variometers und die Theorie des pneumatischen Sollfahrtgebers mit einfachen Worten erläutert, um das Verständnis für die Wirkungsweise zu wecken und damit Fehler bei der Anwendung zu vermeiden.

1.1.1 Wirkungsweise des Metallsonden-Variometers

Beim Steigflug mit z. B. + 1 m/s fließt ein Luftstrom von ca. $0,06 \text{ cm}^3/\text{s}$ aus einem 0,45l-Ausgleichsgefäß zum statischen Druck bzw. zur TEK-Düse; bei + 2 m/s Steiggeschwindigkeit der doppelte Luftstrom, also $0,12 \text{ cm}^3/\text{s}$ und so fort. Die gleiche Luftmenge fließt beim Sinkflug in umgekehrter Richtung, also in das Ausgleichsgefäß hinein. Das Variometer hat die Aufgabe, diesen „Ausgleichs-Luftstrom“ anzuzeigen.

Bei den Metallsonden-Variometern wird der Ausgleichs-Luftstrom durch zwei hintereinander liegende, elektrisch aufgeheizte Miniaturspulen geleitet. Sie werden dadurch abgekühlt. Der Kühl-Effekt ist bei der zuerst angeblasenen Spule stets größer als bei der im Strömungsschatten liegenden Spule. Die daraus resultierende unterschiedliche Widerstandsänderung wird in einer sog. „Wheatstone-Brücke“ gemessen und schließlich durch das Anzeigeelement und den Tongenerator angezeigt.

Das von uns entwickelte metallene Meßelement* in der

* DBP 1523270

Sonde besteht aus einem Spulenpaar von wenigen Milligramm Masse und großer Oberfläche. Dadurch wird die gleiche Empfindlichkeit erreicht wie bei Halbleiter-Kugeln („Thermistoren“). Der Stromverbrauch der Sonde hält sich mit ca. 40 mA in erträglichen Grenzen. Der wesentliche Vorteil gegenüber Thermistor-Sonden liegt in der weitaus höheren Nullpunkt-Stabilität der Metallsonden gegenüber Schwankungen der Außentemperatur und Änderungen der Betriebsspannung.

1.1.2 Wirkungsweise des Sollfahrt-Variometers

Beim Umlegen des Sollfahrtgeber-Schalters SG wird der Weg für den Luftstrom j_s frei, der vom Gesamtdruck über die Sollfahrt-Kapillare R_s an den Verbindungspunkt zwischen E-Vario und Ausgleichsflasche führt (siehe Schalt-schema Abb. 1).

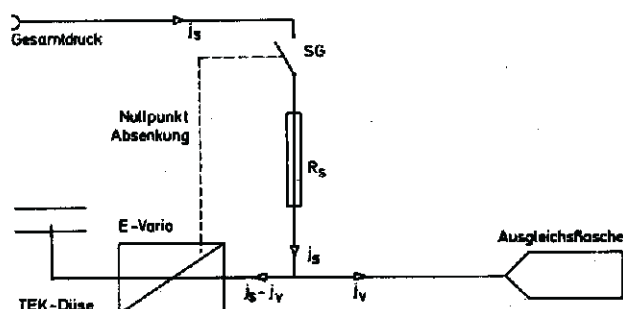


Abb. 1 Pneumatische Schaltung des Sollfahrtgebers nach Brückner

Beim Einschalten der Sollfahrtkapillare mit dem pneumatischen Schalter SG muß gleichzeitig der Nullpunkt des E-Varios um einen bestimmten, vom Flugzeugtyp abhängigen Wert (ca. 1–2 m/s) abgesenkt werden, damit der Sollfahrtgeber korrekt arbeitet. Zur Begründung wird auf die eingehenden Veröffentlichungen* hingewiesen. Der dazu nötige elektrische Schalter ist in unserem Sollfahrt-Variometer mechanisch mit dem SG-Schalter gekoppelt.

Da elektrische Variometer — im Gegensatz zu mechanischen — keinen nennenswerten Strömungswiderstand besitzen, wird die Ausgleichsflasche stets auf dem Düsen-Druck gehalten, so daß an der Sollfahrt-Kapillare die Druckdifferenz Gesamtdruck minus Düsen-Druck, also der doppelte Staudruck $2 \times \frac{1}{2} \rho v^2$ liegt. Die Größe des Sollfahrt-Luftstroms j_s wird demnach stets durch den Staudruck bestimmt.

Ohne Sollfahrt-Kapillare R_s würde bei jeder Flughöhen-Änderung der Ausgleichs-Luftstrom j_v durch das E-Vario zur Flasche (bzw. beim Steigen aus der Flasche heraus) fließen, um sie stets auf statischem Druck zu halten.

Bei eingeschalteter Sollfahrt-Kapillare wird der Sollfahrt-Luftstrom j_s aufgeteilt: Ein Teilstrom von der Größe j_v sorgt laufend für den Druckausgleich in der Flasche; der Rest $j_s - j_v$ fließt dauernd durch das E-Vario zur Düse ab. Das ist in Abb. 1 verdeutlicht.

Geht man vom Fall des Fluges durch ruhige Luft mit der Fahrt des besten Gleitwinkels aus, dann hebt der — vom E-Vario als „Steigen“ registrierte — Teilstrom $j_s - j_v$ die oben erwähnte Nullpunkt-Absenkung gerade auf. Das zum Sollfahrtgeber umfunktionierte E-Vario zeigt genau Null an.

Bei Überfahrt wird der vom Staudruck gesteuerte Luftstrom j_s zu groß. Das E-Vario reagiert jetzt mit einer Anzeige über Null.

Umgekehrt bei einer Fluggeschwindigkeit unter Sollfahrt: der Teilstrom $j_s - j_v$ reicht jetzt nicht mehr aus, um die Nullpunkt-Absenkung zu kompensieren; das E-Vario zeigt Fallen.

Fazit: Das „E-Vario“ ist zu einem einfach zu handhabenden Sollfahrtgeber geworden. Bei Anzeigen über Null muß gezogen, bei Anzeigen unter Null muß nachgedrückt werden, bis bei Anzeige Null die Sollfahrt anliegt.

Das System arbeitet auch beim Flug durch Sinkgebiete: der Teilstrom j_v nimmt jetzt zu, so daß das E-Vario Sinken anzeigt. Folgerichtig muß jetzt weiter nachgedrückt werden, um den Staudruck und damit j_s zu vergrößern, bis bei Vario-Anzeige Null wieder die — jetzt erhöhte — Sollfahrt anliegt.

Umgekehrt beim Einflug in ein Steiggebiet: Der Teilstrom j_v kehrt jetzt sein Vorzeichen um, so daß $j_s + j_v$ durch das E-Vario fließt. Der resultierende positive Ausschlag wird als Zieh-Kommando befolgt, bis die Fahrt des geringsten Sinkens ungefähr erreicht ist. Dann wird der SG-Schalter geöffnet und damit wieder auf normale Variometer-Funktion umgeschaltet.

* Helmut Reichmann: Das Sollfahrt-Variometer. Deutscher Aero-Kurier 1974, Heft 5.

Egon Brückner: Vereinfachter Streckenflug mit Netto-Variometer und Sollfahrtgeber. Luftsport 1973, Heft 3.

Ingo Westerboer: Elektronische Entwicklung für den Leistungsgeflog. ÖSTIV-Vortrag 1972, Abdruck in Schweizer Aero-Revue 1973, Hefte 3, 4, 5.

Die erwartete mittlere Steiggeschwindigkeit und die während des Stichfluges angetroffene Sinkgeschwindigkeit sind in der Sollfahrt-Theorie nach McCready gleichwertige Größen. Z. B. verlangen die beiden folgenden Fälle die gleiche Sollfahrt:

- Flug mit Varioanzeige $-1,0$ m/s und Ringeinstellung $+2,0$ m/s.
- Flug im Sinkgebiet mit Varioanzeige $-3,0$ m/s und Ringeinstellung 0 m/s.

Daher wird beim Einstellen der McCready-Werte am Sollfahrtgeber der Nullpunkt des E-Varios zusätzlich zu der oben erwähnten, vom Flugzeugtyp abhängigen Absenkung um das erwartete mittlere Steigen weiter nach unten verschoben.

1.2 Bauweise

Die Verwendung integrierter Bauteile für die Verstärkung des Meßsignals der Metallsonde erlaubt einerseits einen sehr gedrängten Aufbau der Elektronik. Erst dadurch wurde es möglich, auch den Sollfahrtzusatz mit im $80 \times 80 \times 150$ mm-Gehäuse unterzubringen.

Andererseits sind integrierte Verstärker (als Nebenprodukt der Weltraumtechnik!) außerordentlich zuverlässige Bauelemente der modernen Elektronik.

Beide Vorzüge passen in das Konzept, das der Konstruktion der Metallsonden-Variometer zugrunde liegt: Sie sollen robust und zuverlässig über viele Jahre wartungsfrei ihren Dienst tun.

Für den seltenen Fall einer Störung am Variometer bietet die Aufteilung der Elektronik in den Verstärker und den Tongenerator alle Vorteile der servicefreundlichen Modultechnik.

Das Anzeigeelement und sämtliche im Flug benötigten Stellglieder sind auf der 80 mm Φ -Frontscheibe herausgeführt, während die Rückseite alle elektrischen und pneumatischen Zuleitungen aufnimmt.

2. Montageanleitung

2.1 Montage des Gerätes am Instrumentenbrett

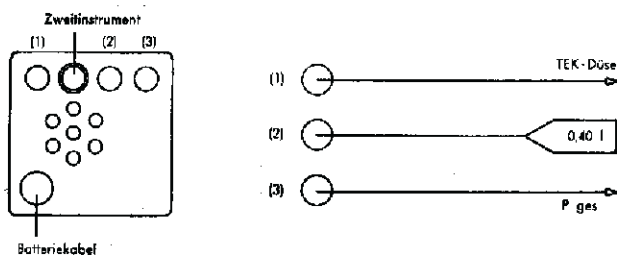
Die Frontscheibe des Kompaktgerätes hat $79,5$ mm Außendurchmesser; der Lochkreis-Durchmesser der vier Montageschrauben beträgt 89 mm. Damit paßt das VW 3 SG in jeden genormten 80 mm Φ -Ausschnitt des Instrumentenbrettes.

Zum Einbau werden die vier Montageschrauben neben der Frontscheibe entfernt. Das Kompaktgerät wird von hinten an das Instrumentenbrett gehalten und von vorn mit den vier Schrauben befestigt.

Das Magnetfeld des Flachbahn-Anzeigeelements ist serienmäßig gegen Kompaßstörungen weitgehend abgeschirmt. Trotzdem sollte der Kompaß möglichst mehr als 15 cm seitlich vom VW 3 SG entfernt sein.

2.2 Schlauchanschlüsse

Die drei auf der Rückseite des VW 3 SG herausgeführten Schlauchfüllen sind nach folgendem Schema anzuschließen:



- Von der Schlauchfülle (1) zur TEK-Düse.
- Von der Schlauchfülle (2) auf die mitgelieferte $0,40$ l-Flasche.
- Von der Schlauchfülle (3) zum Gesamtdruck (= Meßdruck vom „Staurohr“).

Das mitgelieferte Material (ca. 3 m Schlauchleitung 7×4 Φ ; ca. 10 cm Schlauch 6×4 Φ ; Schlauchverbinder und T-Stücke für Normweite 4 mm) ermöglicht eine zuverlässig dichte Leitungsverlegung.

Zum Übergang auf Instrumentenschlauch mit Normweite 5 mm ist auf die mitgelieferten T-Stücke 6×4 -Schlauch aufzuschieben; darauf dichtet 5 mm-Schlauch gut ab.

Soll an die TEK-Düse außer dem VW 3 SG noch ein Stauscheibenvario angeschlossen werden, so ist hinter dem T-Stück in der Düsenleitung in jede der beiden Vario-

meter-Zuleitungen je ein Strömungswiderstand einzusetzen (Abb. 2). Jedem ausgelieferten VW 3 SG sind zwei dieser Strömungswiderstände beigelegt.

TEK-Düse

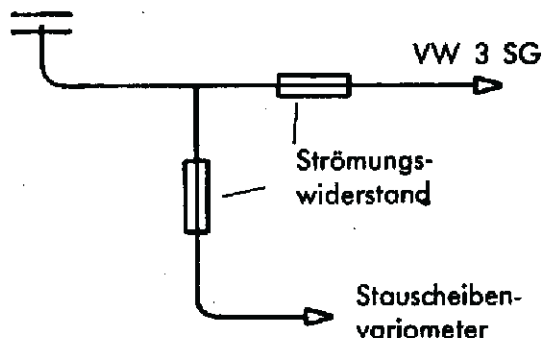


Abb. 2

Sollte beim Testflug der Eindruck entstehen, daß die Anzeigetragheit des Stauscheibenvarios durch den vorgeschalteten Strömungswiderstand vergrößert wurde, so kann vom Hersteller ein Widerstand mit verringerter Dämpfungswirkung angefordert werden.

2.3 Elektrische Stromversorgung

Das auf der Rückseite des VW 3 SG herausgeführte, abgeschirmte Batteriekabel endet in einer dreifachen Steckkupplung mit Anschlußklemmen.

Die weiße Ader (Mitte) wird an den + Pol und die blau markierte Ader an den — Pol der Bordbatterie gelegt. Die dritte Ader ist mit der Abschirmung des Batteriekabels und mit dem Gehäuse des VW 3 SG verbunden. **VW 3 SG-Gehäuse und Minus-Pol der Batterieleitung sind intern verbunden; der Minus-Pol liegt also an Masse.**

Das VW 3 SG benötigt eine Batteriespannung von 12 ± 2 Volt und nimmt ca. 80 mA Strom je nach Lautstärke auf. Bei Falschpolung bleibt das Gerät automatisch abgeschaltet (Falschpol-Diode).

Das VW 3 SG ist **nicht abgesichert**. Generell sollte das Bordnetz unmittelbar an der Batterie gegen Kurzschlußgefahr abgesichert werden.

2.4 Anschluß von Zweitinstrumenten

Der Verstärker des VW 3 SG erlaubt den Betrieb mit mehreren Anzeigeeinstrumenten.

Der Anschluß eines zweiten Flachbahn-Instrumentes ($\pm 100 \mu\text{A}$, 750 Ohm) oder eines Kreisskaleninstrumentes mit 250° Zeigerweg ($\pm 200 \mu\text{A}$; 1,8 KOhm) ist bei jedem Gerät in der Schaltung vorgesehen und kann nachträglich durch den Hersteller vorgenommen werden.

Das Kreisskaleninstrument in 80 mm ϕ -Bordnorm hat die gleiche Form und die gleiche Skala wie die 5 m/s Stauscheibenvariometer (25° je 1 m/s).

Der Stecker des Zweitinstrumentes ist in die rückwärtige Buchse einzuführen, bis er hörbar und fühlbar in seine Endstellung einrastet.

Das Kreisskalen-Zweitinstrument und das eingebaute Flachbahninstrument sind elektrisch in Reihe geschaltet. Wenn der Anschluß des Zweitinstrumentes vorgenommen worden ist, wird der **Instrumentenkreis zwangsläufig unterbrochen**, sobald der Stecker des Zweitinstrumentes gezogen ist.

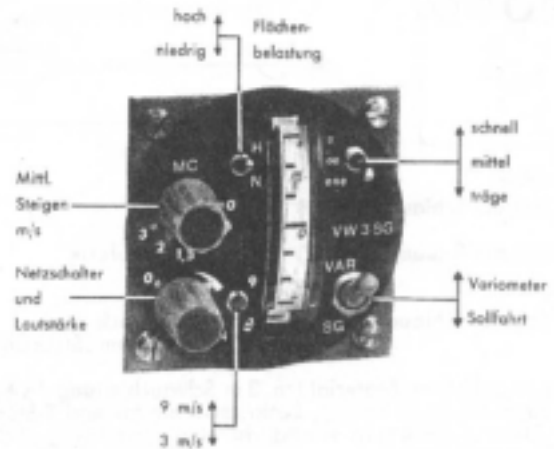


Abb. 3

3. Bedienungshinweise

Siehe hierzu Abb. 3.

3.1 Variometer

Das VW 3 SG wird durch Rechtsdrehen des Lautstärkereglers (links unten an der Frontscheibe) eingeschaltet. Das Tonsignal wird dabei bis zum Rechtsanschlag zunehmend lauter. Man stellt die Lautstärke zweckmäßig etwas über das Fahrtgeräusch.

Der Funktionsschalter (rechts unten an der Frontscheibe) ist nach oben auf Stellung „VAR“ zu schalten. Jetzt arbeitet das Gerät als herkömmliches Variometer. Der McCready-Schalter und der Flächenbelastungsschalter sind außer Funktion.

Der Dämpfungsschalter (rechts oben an der Frontscheibe) ermöglicht die Wahl von drei Schnelligkeitsstufen für das Anzeigeeinstrument:

Die Einstellung schnell (.) ist im allgemeinen nur bei ruhiger Thermik auszufliegen (Zeitkonstante ca. 0,7 s).

Die Einstellung langsam (...) entspricht etwa dem Verhalten guter mechanischer Variometer (Zeitkonstante ca. 3,5 s).

Die Einstellung normal (.) mit einer Zeitkonstante von 1,5 s wird für übliche Thermiklagen eingestellt.

Auch die Schnelligkeit des Tonsignals wird entsprechend den drei Stellungen des Dämpfungsschalters mit umgeschaltet.

Der Meßbereichsschalter (links unten neben dem Flachbahninstrument) steht normalerweise auf Stellung ± 3 m/s und kann in extremen Fällen auf ± 9 m/s umgestellt werden.

3.2 Sollfahrtgeber

Der Funktionsschalter ist nach unten auf Stellung „SG“ zu schalten. Jetzt arbeitet das Gerät in der eingangs beschriebenen Weise als Sollfahrtgeber.

Mit dem Flächenbelastungs-Schalter kann auf hohe (H) oder auf niedrige (N) Flächenbelastung umgeschaltet werden. Bei Flugzeugen ohne Wasserballast wird in der Stellung „N“ eine um ca. 20% verschlechterte Polare („Nasse Flächen“) eingegeben.

Der McCready-Schalter erlaubt die Einstellung des Sollfahrtgebers auf Steigwerte von 0 m/s bis 3 m/s.

4. Wartung

Metallsonden-Variometer arbeiten erfahrungsgemäß über Jahre wartungsfrei und zuverlässig. Voraussetzung dafür ist, daß die Geräte unter Beachtung der Bedienungsanleitung betrieben werden.

Andererseits sind die Metallsonde und die Sollfahrtgeber-Kapillare naturgemäß empfindlich gegen jeglichen Staub- oder Wassereinbruch. Bei Straßentransport sollten daher das Pitot-Rohr („Staurrohr“) und die TEK-Düse stets staub- und wasserdicht abgedeckt werden.

Eventuell auftretende **Nullpunkt-Fehler** werden durch den Null-Stellknopf auf der Rückseite des Gerätes

korrigiert. Solche Korrekturen werden erst mehrere Minuten nach dem Einschalten vorgenommen. Sollte der Stellbereich dieses Null-Stellknopfes nicht mehr ausreichen, so muß das Gerät vom Hersteller oder nach Anleitung von einem Fachmann neu abgeglichen werden.

Generell sollte bei Störungen jedweder Art eine Rückfrage beim Hersteller eigenen Reparaturversuchen vorgezogen werden.

5. Tips aus der Praxis

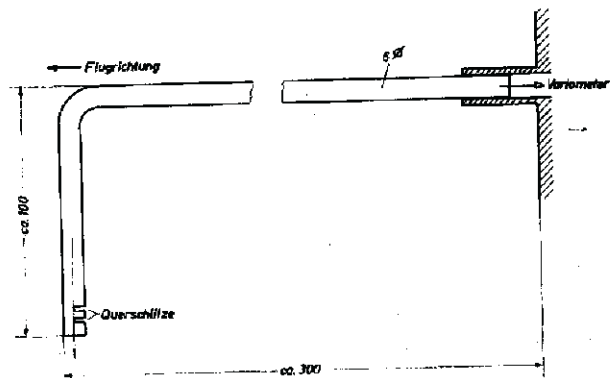
5.1 Variometer

Zylinderschlitzdüse gegen Wassereintritt

Alle TEK-Düsen wirken infolge ihrer Unterdruck-Schwankungen bei Fahrtänderungen als kleine Wasserpumpen. Dabei werden erfahrungsgemäß beträchtliche Wassermengen „gefördert“. Die unmittelbare Folge ist ein Zusetzen der Düsen-Schlauchleitung und damit der Ausfall des Variometers.

Sollte jemals Wasser durch die Schlauchleitungen bis zum VW 3 SG gedrungen sein, so zögern Sie nicht, Ihr Gerät unverzüglich und mit dem entsprechenden Hinweis an den Hersteller zu senden. Das ist die einzige Möglichkeit, den SONDENSCHADEN zu vermeiden, der sonst beim langsamen Eintrocknen des Wassers in der Sonde auftritt. Rund 80% aller bisher aufgetretenen SONDENAUSFÄLLE wurden durch eingedrungenes Wasser verursacht.

Eine bewährte Methode, Wassereintritt zu vermeiden, ist die Verwendung einer Zylinderschlitzdüse mit zwei im Lee zur Anblasrichtung liegenden Querschlitz. Diese Düse muß nach unten weisend angebracht werden (Abb.4).



Jetzt wirkt der untere Schlitz stets als Ausflußöffnung für angesaugtes Wasser.

Fehlausschläge durch Funkgeräte und Rundfunksender

Das VW 3 SG wird serienmäßig gegen Hochfrequenz-Störungen abgeschirmt. Trotzdem zeigt die Erfahrung, daß in einzelnen Fällen beim Flug in der Nähe starker Rundfunksender Fehlanzeigen des VW 3 SG auftreten. In solchem Falle besteht die Möglichkeit, eine breitbandige Entstörung durch den Hersteller einbauen zu lassen.

Eichgenauigkeit

Das Variometersystem des VW 3 SG hat als thermisches E-Variometer eine der Luftdichte streng proportionale Anzeige. Daher ist der Ausschlag von der Flughöhe abhängig. Je 1000 m Höhengewinn geht der Ausschlag um rund 8% zurück. Da das VW 3 SG auf 1500 m NN geeicht ist, bleibt dieser Höhenfehler ohne praktische Bedeutung, solange der Höhenbereich bis 3000 m nicht überschritten wird.

Die gleiche Höhenabhängigkeit zeigen im übrigen auch die gängigen Staudruck-Fahrtmesser. Dagegen sind Dosen- und Stauscheiben-Variometer ohne Höhenfehler.

Ausgleichsflasche

Die vom Hersteller mitgelieferten Flaschen sind sorgfältig geeicht. Sie sind ferner mit Drahtwolle gefüllt, um isothermes Verhalten der Luft in der Flasche zu gewährleisten. Aus den genannten Gründen führt die Verwendung fremder Flaschen zu mehr oder minder groben Anzeigefehlern.

5.2 Sollfahrtgeber

Die Vorteile des Sollfahrtgebers werden nur dann voll ausgenutzt, wenn beim Sollfahrtflug ohne Blick auf den Instrumenten-Zeiger nur nach dem Tonsignal geflogen wird. Daher werden die folgenden Anleitungen konsequent auf

die Tonsignale des Doppelsignal-Tongenerators bezogen und nicht auf die entsprechenden Zeigerstellungen des Variometers. Bei einiger Übung wird es gelingen, die Sollfahrt ausschließlich akustisch zu steuern.

Bei hohem unterbrochenem Ton wird gezogen, bis der Unterbrecher-Einsatz erreicht ist. Bei tiefem Dauerton wird nachgedrückt, bis wieder der Unterbrecher-Einsatz erreicht ist. Dabei genügt es, den Zeiger im Bereich von rund $\pm 0,5$ m/s zu halten.

Beim Training ist darauf zu achten, daß nicht übersteuert wird: Zum Beispiel führt ein zu hastiges und zu starkes Nachdrücken bei Dauerton leicht in den Unterbrecher-Tonbereich und erfordert damit sofort wieder eine Fahrtverminderung.

Krasse Fahrt-Fehler ergeben sich, wenn das auf Variometer geschaltete System irrtümlich als Sollfahrtgeber angesprochen wird. Jetzt kann auch eine laufende Fahrterhöhung den Dauerton beim Sinkflug nicht kompensieren, sondern führt im Gegenteil auf immer weiter fallende Tonhöhe.

Umgekehrt kann das auf Sollfahrtgeber geschaltete, aber irrtümlich als Variometer angesprochene System keine großen Fehler verursachen. Solange die Fahrt im unteren Bereich gehalten wird, fliegt man praktisch mit einem Variometer mit etwas verschobenem Nullpunkt, nach dessen Anzeigen man durchaus zentrieren und kurbeln kann.

Der Funktionsschalter Vario/Sollfahrt muß sehr häufig bedient werden. Gelegentlich kann ein Stück Instrumentenschlauch der Bequemlichkeit dienen, das man als Verlängerung über den Schalthebel schiebt; dadurch läßt sich der Funktionsschalter ohne Mühe durch eine schnelle Wischbewegung betätigen.

6. Umstellung des VW 3 SG auf andere Polare

Das Modell VW 3 SG ist so ausgelegt, daß die Umstellung des Sollfahrgebers auf eine neue Polare keinen großen Zeitaufwand erfordert.

Eine solche Umstellung kann gegebenenfalls auch nach Anweisung durch den Hersteller von einem Fachmann vorgenommen werden, wenn es sich um die Umstellung auf eine ähnliche Polare handelt.

In jedem Falle ist eine kurze Rückfrage beim Hersteller sinnvoll, welcher Weg unter den jeweiligen Umständen der gangbarste ist.