

Die vertrackte **SCHWERPUNKT**bestimmung

Vieles Geschriebene über den Schwerpunkt schien so widersprüchlich und offensichtlich unrichtig, dass sich der Autor dieses Beitrages, den über zweitausend Jahre alten Ratschlag des Vergil folgend, aufmachte, der Sache auf den Grund zu gehen. Die Erkenntnisse aus den ersten dazu erforderlichen Messungen sind jedenfalls verblüffend.

| Oskar Czepa

Eine einfache Definition Schwerpunkt lautet: wird ein Flugmodell, das im Gleitflug weder kopf- noch schwanzlastige Tendenzen zeigte, in der Nähe des Rumpfes so unterstützt, dass es frei pendeln kann und verharrt es in horizontaler Lage, befindet sich dort der EWD-bezogene optimale Schwerpunkt. Diese imaginäre Stelle am Flächenprofil wird als Schwerpunktrücklage bezeichnet und wird in Prozent der mittleren aerodynamischen Flügeltiefe t_m angegeben (siehe Beitrag über t_m in **prop** 4-5/2001).

Die Herzensdame des Herrn Schwerpunkt ist die **Einstellwinkeldifferenz**, kurz EWD geschrieben. Ihre Angabe in Winkelgraden gibt die Winkeldifferenz an, unter welcher das Flügel- und Höhenleitwerksprofil, vom Konstrukteur bestimmt, gegeneinander und zu einer gedachten Rumpflängsachse eingestellt sein sollten.

Um nun für jeden Flugzeugtyp und jede Fluganforderung den optimalen Schwerpunkt und die geeignete EWD zu finden, sind profunde Kenntnisse der Flugmechanik erforderlich. Geht man also das Vorhaben Schwerpunktbestimmung mit den einfachen Mitteln des Mochtægernwissenden an, findet man sehr bald heraus, dass man verlässliche Aussagen zunächst nur in Teilbereichen machen kann, denn zu viele Parameter greifen dabei ineinander und machen diese Aufgabe unüberschaubar. Denn bestimmend für die Lage des Schwerpunktes sind im Wesentlichen: der verwendete Tragflügelprofiltyp, der für eine bestimmte Leistungsanforderung zu wählende Polarenpunkt (Alternative, ob Gleitzahl oder Sinkgeschwindigkeit), die Art des Höhenleitwerkprofils, ob symmetrisch oder tragend (Auftriebsanteile am Auftriebsmittel aus Fläche und Höhenleitwerk), das Verhältnis Höhenleitwerksfläche zu Tragflügelfläche und schließlich der Rumpfhebel.

Ziel dieser Arbeit sollte es sein, eine halbwegs verlässliche Schwerpunktbestimmung zumindest für einen bestimmten Modell-Profiltyp, auf tabellarischem Weg, also ohne Verwendung komplizierter Formeln, für Jedermann möglich zu machen.

In den **prop**-Ausgaben 2 und 3/2001 wurde in den Testberichten über den „Fieseler Storch“ und die „CAP 231 Ex“, aber auch schon in früheren Testberichten, immer wieder Kritik an fehlenden EWD- und vagen oder gar nicht stimmenden Schwerpunktangaben geübt. Die angeführten Modelle gaben dann auch den eigentlichen Anstoß für den Versuch, vorerst etwas Licht in das Problem Schwerpunkt bei Motormodellen mit symmetrischen Flügel- und Höhenleitwerksprofilen (ebene Platte) zu bringen.

Zur Erinnerung und für Neueinsteiger: wird die EWD (Einstellwinkeldifferenz) verkleinert, stellt sich Kopflastigkeit ein. Ausgleich durch Gewichtswegnahme im Rumpfkopf. Diese bewirkt, dass sich der Schwerpunkt zurück verlagert. Bei EWD-Vergrößerung entsteht Schwanzlastigkeit (auch Steuer- oder Hecklastigkeit genannt). Erfordert Ballastzugabe im Rumpfkopf. Der Schwerpunkt wandert nach vorn.

Daher ergibt sich logischerweise bei einer Verschiebung des Schwerpunktes von z.B. 60 auf 40%, dass die so auftretende Schwanzlastigkeit durch Gewichtszugabe in der Rumpfspitze ausgeglichen werden muß – oder umgekehrt.

Die EWD-Angabe z.B. $0^\circ/-4^\circ$ bedeutet, dass zu einer imaginären Rumpflängsachse, die Tragfläche mit 0° und das Höhenleitwerk mit -4° (bzw. ihre Profile und ihre theoretischen Sehnen) eingestellt wurden. Daher der Name Einstellwinkel. Dem entspricht auch eine Einstellung von $+4^\circ/0^\circ$ oder $+6^\circ/+2^\circ$. Bei keiner ändert sich der Flugzustand. Lediglich die Rumpflage oder ein allfälliger Motorzug unterliegen dabei einer Änderung.

Der Rumpfhebel r_h wird wie folgt errechnet: zunächst Abstand von 0,25 der mittleren Flügeltiefe t_{mF} bis zu 0,25 des Höhenleitwerks t_{mH} abmessen und dann den gefundenen Wert durch die Flügeltiefe t_{mF} dividieren. Z.B.: der gemessene Abstand beträgt 40 cm und die Flächentiefe t_m 10 cm, dann ist die Einheit des Rumpfhebels $r_h = 4$ (40/10).

Die Erörterung des Begriffes mittlere Flügeltiefe t_m , bzw. das Aufzeigen grafischer Beispiele ist sehr umfangreich und wurde, wie oben erwähnt, bereits in der letzten **prop**-Ausgabe abgehandelt. Zur Wiederholung nur so viel: bei einer Rechteckfläche ist die geometrische Flügeltiefe gleichzeitig auch die mittlere aerodynamische Flügeltiefe. Bei anderen Grundrissen ist die mittlere aerodynamische Flügeltiefe die Tiefe eines gedachten Rechteckes. Zur Berechnung von t_m dienen folgende Formeln: F/b und b/λ (F =Flügelfläche, b =Spannweite und λ =Streckung).

Zunächst galt es, für die erforderlichen Testflüge ein eigenstabiles, nicht ferngesteuertes, einfaches Stabrupf-Gleitflugmodell mit einer Rechtecktragfläche und symmetrischem Profil zu bauen. Um von vornherein der Gefahr einer Verfälschung der Messergebnisse durch unterkritische Strömung am Tragflügel sicher zu entgehen, wurde ein diesbezüglich erprobtes 12% dickes Profil ausgewählt.

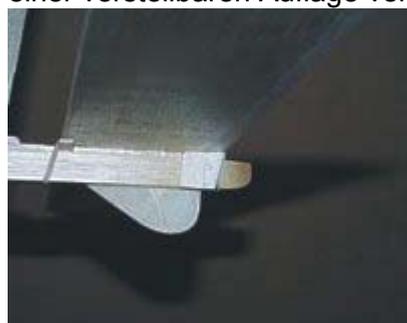
Für die Messanforderungen wurden zusätzlich am Rumpfkopf über einen weiten Bereich verschiebbare, auswechselbare Bleigewichte angebracht. Zum Ablesen und schriftlichen Festhalten der jeweils erfolgten, subjektiv optimalen Gleitflugeinstellung für spätere Schwerpunkterrechnung des jeweiligen Ballastpunktes, wurde eine Millimeterskala unterhalb der Bleigewichte aufgeklebt. Eine möglichst präzise Einstellwinkelverstellmöglichkeit am Höhenleitwerk und eine dafür erforderliche gut ablesbare Skala, sowie zwei Höhenleitwerke – Profil ebene Platte – mit 10 und 20% Flügelfläche und gleichem Gewicht vervollständigten diese Arbeit.



Vorrangigstes Kriterium war jedoch, einen Weg zu finden, die EWD möglichst genau zu ermitteln. Da sich bei unzähligen Testversuchen handelsübliche EWD-Waagen, einschließlich Laserbestückte, als zu ungenau erwiesen, wurde zunächst eine Verbesserung dieser Typen durch einen Eigenbau angestrebt. Ein in einem 1,5 mm Kugellager laufender Zeiger, sowie eine Millimeterskala

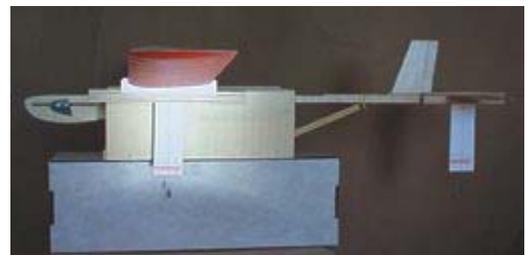
(Gradberechnung mit Hilfe der Winkelfunktion) und besonders

leichte Bauweise sollten dies bewirken. Das Ergebnis war zwar besser als alles bisher Erprobte, doch war noch immer eine Streuung festzustellen. Nachdem es bei der EWD um eine Differenz geht und dazu gehören immer Zwei, wurden schließlich zwei Waagen nach Schweizer Vorbild gebaut. Eine, für auswechselbare exakte Flügelprofilshablonen nach Computerausdruck und eine Ähnliche für Höhenleitwerksprofile. (Wo kein Computer mit Profilprogramm vorhanden ist, muß gezeichnet werden). Diese Schablonen garantieren, dass die von der theoretischen Profilsehne durchlaufenen Nasen- und Endpunkte des Profils genau erfasst werden. Zwei Waagen schließen auch eventuelle Verwacklungsfehler aus, die sich häufig beim wechseln von nur einer Waage, von der Fläche zum Höhenleitwerk, einstellen. Beide Waagen wurden natürlich auf absolute Übereinstimmung überprüft. Auch hier wurde die Gradablesung nach der Winkelfunktion eingesetzt, so dass 2 mm der Skala ein Grad anzeigen. Dadurch ist es möglich, ein viertel Grad problemlos abzulesen. Das Foto der Messvorrichtung zeigt außerdem, dass das Modell auf einer verstellbaren Auflage verwacklungsfrei fixiert ist.



Zur Feststellung der Schwerpunktrücklage diente eine altbewährte, selbst erstellte, sehr exakte Werte anzeigende Schwerpunktwaage, siehe nebenstehendes Foto.

Begonnen wurden die Testflüge mit einer EWD von $0^\circ/0^\circ$ und dem 20%-Höhenleitwerk (F_H/F_F), die in der Folge sukzessiv bis auf $0^\circ/-4^\circ$ fortgesetzt wurden.



Unerwartet schnell und einfach ging die Handstartprozedur zur Erreichung des optimalen Gleitfluges vor sich (insgesamt wurden etwa 200 Handstarts durchgeführt). Allerdings ist für aussagekräftige Ergebnisse eine ruhige Wetterlage Grundvoraussetzung. Doch gerade in der Testzeit stellte sich, oh Wunder, überraschenderweise eine solche bei uns ein.

Zur Flugmesstechnik: das Trimmgewicht wurde von Start zu Start so lange verschoben, bis sich Schwanzlastigkeit einstellte. Danach wurde bis zum subjektiv erachteten, optimalen Gleitflug zurückgetrimmt.

Es sei hier ausdrücklich darauf hingewiesen, dass lediglich quantitative und nicht qualitative Ergebnisse aus diesen Messungen abzulesen sind. (Es war nicht Aufgabe dieser Arbeit zu untersuchen, inwieweit unterschiedliche Einstellwinkel und Schwerpunktlagen die c_a - c_w - oder c_m - Werte verändern, oder auf die Gleitflug- bzw. Sinkgeschwindigkeit einwirken, noch die Beeinflussung auf die Stabilität um alle Achsen. Offensichtlich ist, dass sich bei den verschiedenen Einstellwinkeldifferenzen lediglich die Flug-

lage des Rumpfes zur Horizontalen ändert, bzw. eine allfällige Motorzugrichtung! Für qualitative Aussagen sind die vorher erwähnten Geschwindigkeitsmessungen erforderlich).

Aus der nachstehenden Tabelle 1 ersieht man, dass bei der 0°/0°-Messung der Schwerpunkt bei 60,00% t_{mF} liegt und bei 0°/-4° den Wert 28,00% erreicht. Die Hauptzwischenwerte sind aus der Tabelle, (lineare Funktion) leicht abzulesen. Bei der Berechnung von Zehntelgraden geht man immer von 0°, also 60% aus.

Vorsicht: die nachstehende Tabelle darf nicht als allgemeingültig angesehen werden, sondern steht in Bezug zum Testmodelltyp. Auch bei anderen Größen der Höhenleitwerksfläche und Abmessungen des Rumpfhebels würden sich zwangsläufig – siehe später Tabelle 2 und 3 – andere Werte einstellen.

TABELLE 1

EWD in Grad von 0° bis +4°	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Schwerpunktlage in % von t_{mF}	60,0	56,0	52,0	48,0	44,0	40,0	36,0	32,0	28,0

Berechnungsgröße pro Zehntelgrad = **0,08%**. Berechnungsbeispiel: bei einer gemessenen EWD von 2,25° liegt der Schwerpunkt bei 42,0% t_{mF} , $0,60 - (2,25 * 0,08) = 0,60 - 0,18 = 0,42\%$.

Waren diese Ergebnisse schon unerwartet, sollten die folgenden Messungen für noch mehr Überraschung sorgen. Bei der allgemein anerkannten, lehrmäßigen Tausendfüsslerformel zur Bestimmung der EWD für Flugmodelle mit tragenden Tragflächenprofilen (Anstellwinkel für endliche Streckung minus dem Abwindwinkel der Tragfläche = EWD) wird die Einwirkung des Höhenleitwerkes mit symmetrischem Profil oder einer ebenen Platte, als vernachlässigbar dargestellt!

Folglich wurde also das 10%-Höhenleitwerk gleichen Gewichtes! bei 0°/0° aufmontiert und das Modell mit der Überzeugung gestartet, dass sich nach der Papierform nichts ändern dürfte. Weit gefehlt! Das Modell überzog stark und erst bei einer Schwerpunktkorrektur von 15,9%! gegenüber dem 20%-Leitwerk stellte sich ein ausgeglichener Gleitflug ein.

Das sagt aus, dass die Tragfläche bei einer 0°/0°-EWD und entsprechender Gleitflugtrimmung, auch bei vollsymmetrischen Profilen, beileibe nicht mit 0°-Anstellung fliegt, sondern mit einer positiven. Durch diese Anstellung ist bei einer 0°/0°-EWD natürlich auch das Höhenleitwerk gleich groß positiv angestellt und erzeugt Auftrieb, der am entsprechenden Hebel als Gegendrehmoment (Nickmoment) zu dem der Tragfläche stabilisierend wirkt. Verkleinert man nun die Höhenleitwerksfläche, verringert sich anteilig auch sein Auftrieb gegenüber dem größeren Leitwerk. Es muß sich unweigerlich Schwanzlastigkeit einstellen.

Aus Theorie und Experiment ist erwiesen, dass das Flächendrehmoment oder Nickmoment proportional auch vom Auftrieb abhängt. Daher kann sich bei der hier praktizierten Schwerpunktbestimmung eines Modells mit einem dickeren als dem hier verwendeten 12-prozentigen, symmetrischen Flügelprofil, leichte Schwanzlastigkeit einstellen! Allgemein: der Schwerpunkt wird an die Stelle des Druckpunktes x_D gelegt: $x_D = -c_{m0} / c_a + 0,25$. (Als Druckpunkt oder Auftriebsmittelpunkt bezeichnet man den Angriffspunkt aller Luftkräfte beim Tragflügel oder Höhenleitwerk. Das Nullmoment c_{m0} ist das Drehmoment bei 0 Auftrieb).

Ein Hinweis zur EWD im Zusammenhang mit einem Strömungsvorgang ist hier erwähnenswert, obwohl sein Einfluss bereits in den erfolglosen, absoluten Messwerten integriert ist: aus strömungstheoretischen Gründen beschleunigt ein Flügel der Auftrieb erzeugt, die Luft nach unten. Beeinflusst wird dieser Vorgang vom Anstellwinkel, der Streckung und dem Rumpfhebel. Der Abwindwinkel dieser Strömung ist am größten direkt hinter dem Tragflügel. Durch diesen Abwind wird das Höhenleitwerk negativ angeblasen (so, als würde man leicht ziehen). Wollte man daher das HLW in die Flächenanströmung legen, müsste man seine Nase leicht anheben. Dadurch würde die EWD theoretisch um den Abwindwinkel kleiner werden. D.h., dass erst eine von vorher genannten Faktoren abhängige, um den Abwindwinkel korrigierte EWD, wirklich als 0°/0° zu bezeichnen wäre! Dem aufmerksamen Leser wird nun klar werden, weshalb man bei kleinen Hebelarmen und Streckungen, Kunstflugmodelle ohne weiteres mit einer EWD von 0° / – ! 0,75° fliegen kann.

TABELLE 2

Größe des HLW in % der Tragfläche	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0
Korrektur der Schwerpunktlage aus Tabelle 1 in %	-15,9	-7,95	0,0	+7,95	+15,9

Jetzt wird es ein wenig komplizierter, weil man mit Korrekturwerten arbeiten muss. Aber keine Angst, es wird alles noch einmal vor- und nachgerechnet. Ist also die Leitwerksfläche kleiner als 20% der Flügelfläche, muß die auftretende Schwanzlastigkeit durch Gewichtszugabe in der Rumpfspitze korrigiert werden. Das bedeutet nach oben Gesagtem, dass die Schwerpunktrücklage nach vorn wandern muß. Ihr Wert wird also kleiner. Daher müssen die Korrekturwerte links von 0% vom gefundenen Wert aus Tabelle 1 abgezogen werden und sind daher mit einem Minuszeichen versehen. Die Berechnung startet wieder bei 0,0%, also bei Leitwerkgröße 20,0.

Berechnungsfaktor = **1,59**. Als Beispiel: bei einer festgestellten Leitwerksverhältnisgröße von 17,3 % der Flügelfläche F (HLW-Fläche / Flügelfläche) beträgt die Schwerpunktsverschiebung 4,3% gleich 0,043. $(20,0 - 17,3 = 2,7 * 1,59 = 4,3$ oder $0,20 - 0,173 = 0,027 * 1,59 = 0,043$).

Nun ist das Höhenleitwerk an einem bestimmten Hebel angebracht. Da nun dieses Höhenleitwerk (ebene Platte) erwiesenermaßen Auftrieb erzeugt, ergibt der jeweilige Hebelarm ein Produkt, das ebenfalls berücksichtigt werden muß. Für diese Hebelarm-Vergleichsmessungen wurde wieder die 0°/0°-Einstellung mit dem 20%-Höhenleitwerk gewählt. Der Rumpfhebel r_h beträgt in der Grundeinstellung $4,05 t_m$. Jetzt wurde dieser Rumpfhebel willkürlich um 31,85 % auf t_m 2,76 Rumpfhebel gekürzt. Um mit dem Ausgangsschwerpunkt zu beginnen, wurde zunächst das durch die Verschiebung des Leitwerks entstandene Ungleichgewicht durch Bleizugabe an der ursprünglichen Stelle des Höhenleitwerks ausgeglichen. Bei den nun folgenden Testflügen trat erwartungsgemäß, auch wegen der größeren Wirkung des Flügelabwinds, Schwanzlastigkeit auf. Erst bei einer Schwerpunktkorrektur von 60,0 auf 53,0 % ,also um 7%, ergab sich ein ausgeglichener Gleitflug. Umgerechnet auf eine Hebeleinheit t_{mF} ergibt sich ein Wert von 5,5.

TABELLE 3

Rumpfhebeleinheit t_{mH}	1,13	1,63	2,13	2,63	3,13	3,63	4,13	4,63	5,13
Schwerpunktverschiebung in %	-16,50	-13,75	-11,00	-8,25	-5,50	-2,75	0,0	+2,75	+5,50

Wieder ein Beispiel: Berechnungsfaktor ist **5,5** und begonnen wird wieder beim Nullpunkt mit dem Wert 4,13. Bei einem gemessenen und errechneten Rumpfhebel 2,33 beträgt die Schwerpunktverschiebung 9,9 % ($4,13 - 2,33 = 1,8 * 5,5 = 9,90$).

Auch hier gilt wieder: wird der Hebel kürzer, entsteht Schwanzlastigkeit. Um ein Gleichgewicht herzustellen, muß der Schwerpunkt nach vorn verschoben werden, also einen kleineren Wert bekommen. Daher wird er vom gefundenen Ausgangswert aus Tabelle 1 abgezogen. Die dafür in Frage kommenden Werte sind in der Tabelle wieder mit einem Minuszeichen versehen.

Arbeitsvorgang: Um nach den vorliegenden Messergebnissen und den daraus erarbeiteten Tabellen eine Schwerpunktbestimmung vornehmen zu können, muß bei einem Modell mit vollsymmetrischem Profil und einem Leitwerk mit ebener Platte oder symmetrischem Profil zunächst die genaue Winkeldifferenz ermittelt werden. Mit ihrem Wert wird aus Tabelle 1 der „vorläufige“ Schwerpunkt abgelesen.

Nach Errechnung der Höhenleitwerksfläche und ihrem prozentuellen Flächenanteil, bestimmt man von der 20%-Größe ausgehend in Tabelle 2, wie weit der „vorläufige“ Schwerpunkt darüber hinaus nach vorn oder hinten verlegt werden muß. Das Gleiche gilt auch für die Korrektur betreffend die Größe des Hebelarmes nach Tabelle 3.

Zur Überprüfung der Richtigkeit obiger Methode wurde nun versucht, an einem kleinen Kunstflug-experimentiermodell (Spannweite 0,56 m) den optimalen Schwerpunkt zu bestimmen. Zur Berechnung wurden folgende Werte ermittelt: EWD = 1°, das Flächen-HLW-Verhältnis = 17,3% und der Hebelarm = 2,33. Achtung: bei anderen Flügelgrundrissen als der Rechteckfläche, gilt für die Schwerpunktbestimmung die mittlere Flügeltiefe t_m !

Punkt 1: die gemessene EWD ergab einen Wert von 1°. Aus der Tabelle 1 ergibt dies: 52,00 %

Punkt 2: das festgestellte Flächen-Höhenleitwerksverhältnis ist 17,3%. Im Beispiel unter Tabelle 2 wurden dafür 4,3 % errechnet. Da der Verhältniswert kleiner als 20 % ist, muss er abgezogen werden - 4,30 %

Punkt 3: der errechnete Rumpfhebel beträgt 2,33. Im Rechenbeispiel unter Tabelle 3 ergeben sich dafür 9,9 %. Da dieser Wert kleiner als 4,13 ist, muß er ebenfalls abgezogen werden, also: - 9,90 %

Der endgültige Schwerpunkt liegt daher bei 37,80 % t_{mF} 37,80 %

und wurde nun bei dem kleinen Testmodell an diese Stelle gelegt.

Beim Einfliegen stellte sich eine leichte Kopflastigkeit ein. Wenige Handstarts genügten zur Korrektur. Da sich die EWD bei so einem kleinen Modell nach einer geringfügigen Rumpfreparatur vielleicht geändert haben konnte, wurde diese nach der Flugüberprüfung sicherheitshalber noch einmal an beiden Flächenhälften sorgfältig nachgemessen. Und tatsächlich betrug sie nunmehr 0,75°. Die Neuberechnung ergab nun eine Schwerpunktrücklage von 0,398% t_m ($0,54\% - 0,043 - 0,099$) und dieser Wert stimmte haargenau mit dem neu erfliegenen überein! Wahrlich ein ermutigendes Ergebnis.

Nun mag sich der eine oder andere die Frage stellen, wozu es denn beim Motorflug überhaupt eines Gleitfluges bedarf? Öfters als erwünscht, bleibt plötzlich außerhalb des Landebereiches der Motor stehen. Dann ist man heilfroh, das Modell im Gleitflug wenigstens in die Nähe und unbeschädigt zur Startstelle zurückdirigieren zu können. Die meisten Außenlandungen endeten auch deshalb mit Bruch, weil sich entweder das Modell nach dem Motorstillstand wegen starker Kopflastigkeit auf den Kopf stellte und nicht mehr rechtzeitig abgefangen werden konnte. Oder: das Modell schmierte wegen starker Schwanzlastigkeit über die eine oder andere Flächenseite ab, um unsanft den Boden zu berühren oder dort zu zerschellen. In beiden Fällen stimmte die Trimmung für den Krafftflug mit der des Gleitfluges ü-

berhaupt nicht überein. Als Beispiel: eine stark kopflastige Gleitflugtrimmung kompensiert das Krafftflugüberziehungsmoment!

Ein im Gleitflug gut eingestelltes Motormodell mit symmetrischen Profil, wird daher bei kleinen EWD-Werten und einem Angriffspunkt der Motorzugkraft im Bereich der Flügelprofilsehne, nur geringfügige oder gar keine Änderungen der Motorzugrichtung benötigen. Weil in der Folge ein Aussteuern fast überflüssig wird, werden die Flugfiguren um alle Achsen weich und nicht ruckartig ausfallen.

In vorliegender Arbeit wurden lediglich die Vorgänge zur Bestimmung der Schwerpunktrücklage behandelt, nicht aber die Auswirkung einer bestimmten Einstellwinkeldifferenz. Daher wird für Motormodellentwürfe oben genannter Konstruktionsart (vollsymmetrisches Flächenprofil) eine EWD von etwa $+0,75^\circ/0^\circ$ ($0^\circ/0^\circ$) angeraten, diese im Modell eingestellt und danach der Schwerpunkt, wie vorher beschrieben, aus den sonstigen Werten des jeweiligen Modells errechnet. Bekommt man andererseits ein fertiges Modell mit einer anderen EWD oder einen Plan mit suspekter EWD-Angabe, sollte man gegebenenfalls eine Korrektur vornehmen und schließlich den Schwerpunkt nach beschriebener Methode neu bestimmen.

Obgleich all diese Messungen mit größter Akribie durchgeführt wurden, leidet ihre Genauigkeit sicher ein wenig unter den subjektiv als gut befundenen Freiflughandstartergebnissen (alternativ: gleichmäßige Katapultstarts in einer Halle ohne fühlbare Luftbewegungen) und der handwerklichen Beschaffenheit und damit Präzisionsschwäche der eingesetzten Messutensilien und des verwendeten Flugmodells. **Das Um und Auf für das Zustandekommen annehmbarer Ergebnisse wird hier aber immer die möglichst genaue Erfassung der Einstellwinkeldifferenz bleiben!**

Trotzdem hofft der Autor, mit dieser Arbeit zunächst eine ausreichende Hilfestellung zur Bestimmung des Schwerpunktes bei diesem Modelltyp anbieten zu können..

Eine Tragfläche mit einem tragenden Profil liegt für eine neue Serie von Schwerpunkttestflügen bereit. Inwieweit auch über diese Ergebnisse berichtet werden kann hängt davon ab, ob es gelingt, diese noch viel kompliziertere Materie zu erarbeiten und daraus eine für jedermann verständliche Zusammenfassung zustande zu bringen.

Noch eine allgemeine Anmerkung: schürft man, wie im vorliegenden Fall, nur an der Oberfläche des Problems Schwerpunkt und erkennt dabei seine Vielgestaltigkeit, wird einem klar, warum es so unterschiedliche und sich auch widersprechende Aussagen dazu gibt, wie geschaffen, Birnen und Äpfel in einen Topf zu werfen

Besonderen Dank dem Sekretariat des ASKÖ-Sportzentrum, Bezirksverband Brigittenau. Ohne Wenn und Aber wurde die Erlaubnis zur Benützung des prachtvollen Rasenteppichs des dortigen Sportplatzes erteilt und damit erst die Möglichkeit geschaffen, diese Testflüge durchführen zu können.

Erstveröffentlichung: Zeitschrift *prop* 6/2001