

Teil 1 - Servo-Grundeinstellungen

Dieses Informationsblatt bezieht sich auf ein Kunstflug-Flächenmodell mit Verbrennungsmotor. Es soll dem Anfänger in unserem Hobby den Einstieg erleichtern und bereits gemachte Erfahrungen weitergeben (□ „Das Rad muss nicht neu erfunden werden“). Trotz der vielfältigen Einstellmöglichkeiten heutiger, moderner Fernsteueranlagen muss man manche Gesetze der Mechanik beachten und kann nicht alles „hintrimmen“. So sollte z.B. die Servo-Nullstellung mittels Sender-Servomitteneinstellung nur für kleine Justagen benutzt werden. Grosse Einstellwerte können dazu beitragen, daß das Servo bereits einseitig den maximalen Drehwinkel erreicht hat, bevor der Senderknüppel auf Vollausschlag ist. Wie macht man es also richtig?

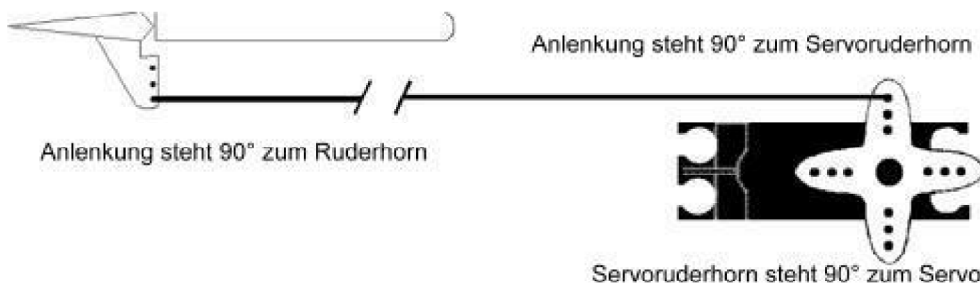
1. Startwerte am Sender

Wenn man im Sender ein neues Modell konfiguriert, dann sind (mindestens) diese Werte einzustellen (am Beispiel mc-24):

- Trimmspeicher (Code 81) = 0 (gelöscht)
- Gebereinstellung (Code 32) = 100%
- Servomitte (Code 23) = 0%
- Servoweg nach beiden Richtungen (Code 23) = 100%
- Dual Rate/Expo (Code 33) = 0% Expo (linear)

2. Mechanischer Einbau des Servogestänges

Das untenstehende Bild illustriert einen idealen Gestängeanschluss bei Servo-Nullstellung. Der Servoarm sitzt waagrecht/senkrecht ausgerichtet auf dem Servo, das Servogestänge hat 90 Grad zum Servoarm und läuft parallel zur Mittellinie des angelenkten Ruders, die Ruderanlenkung ist 90 Grad zum Ruderhorn und die Ruderanlenkung am Ruderhorn befindet sich genau im Ruderdrehpunkt. Damit erhält man gleiche Ruderausschläge nach beiden Seiten. Sollte das Servo nicht parallel zum Servogestänge montierbar sein, dann achtet bitte darauf, daß das Gestänge und der Servoarm einen 90 Grad Winkel bilden.



3. Servo- und Senderjustagen allgemein

- Anschluss des Servos am Empfänger; Betriebsspannung (Akku) am Empfänger.
- Senderknüppel (außer Gasknüppel – der kommt später) und Knüppeltrimmung in Mitte.
- Die Servodrehrichtung mit Knüppelvollausschlag testen und im Sender bei Bedarf entsprechend umpolen (Code 23).
- Jetzt den Servoarm auf das Servo so aufsetzen, daß der Servoarm möglichst waagrecht/senkrecht ausgerichtet ist – häufig gelingt dies nur mit geringer Abweichung.
- Jetzt mit Sender (Code 23) die endgültige Servomitte justieren.
- *Der Servoarm sollte nun bei Knüppelmittelstellung waagrecht/senkrecht stehen und das Ruder bei Knüppelbedienung in die richtige Richtung auslenken. Was jetzt noch fehlt ist die Abstimmung des*

Ruderweges, d.h. dass das Ruder voll ausschlägt, wenn der Knüppel voll ausgelenkt wird.

- Die Länge des Servogestänges so justieren (z.b. mittels der Gabelköpfe am Servoarm oder am Ruderhorn), daß bei Servo-Null das Ruder auch genau auf Null steht.
- Um das Gestänge im richtigen Abstand vom Drehpunkt (Servoarm und Ruderhorn) einzuhängen sind noch folgende Informationen wichtig:
 - Wie groß sollen die Ruderausschläge sein? Sind dazu Angaben in der Baubeschreibung vorhanden, oder muss ich mich bei Freunden nach Startwerten umhören?
 - Wenn ich eine Untersetzung brauche (z.b. soll das Höhenruder 22 Grad nach jeder Seite ausschlagen, während das Servo 45 Grad je Seite dreht – das entspricht einer Untersetzung von 1:2) kann ich das Gestänge in diesem Verhältnis einhängen. Im obigen Beispiel also z.b. 15 mm Servoarm und 30 mm am Ruderhorn (bis Scharnierlinie!).
 - Je weiter außen ich am Servo das Gestänge einhänge, desto besser kann ich die Servostellgenauigkeit ausnutzen – allerdings: je weiter innen ich am Servo einhänge, desto größere Stell-Last kann ich (bei gleich bleibenden Servo-Drehmoment) in das Gestänge einleiten.
 - Wichtig ist hier, die Anpassung „Servodrehweg zu Ruderausschlag“ mechanisch richtig einzustellen und dies NICHT ausschließlich über die Servowegeinstellung im Sender zu tun.

4. Servo- und Senderjustagen (SR, HR, QR) für F3A-Kunstflug

- SR-Seitenruder
Hier werden ca. 25 Grad Ausschlag je Seite benötigt; für Turns und Spins auch den mechanisch maximal möglichen Ausschlag von z.B. 45 Grad. Da das Servo auch 45 Grad je Seite dreht, ist dies eine 1:1 Übersetzung (Servoarm genauso lang wie der Ruderarm bis zur Scharnierlinie). Für die unterschiedlichen Ausschläge bietet sich die Benutzung eines Dual Rate-Schalters an.
- HR-Höhenruder
Für F3A-Kunstflug werden 10-15 Grad Ausschlag je Seite benötigt.
- QR-Querruder
Mechanisch wird erst mal der maximal mögliche Ruderausschlag eingestellt – dieser wird für Snaps benutzt. Für den restlichen F3A-Kunstflug sollte man (mittels Dual Rate-Schalter) den Ausschlag je Seite auf 15 Grad begrenzen.



Damit die Ruderausschläge oben/unten bzw. links/rechts gleich groß sind, wird eine Feinanpassung über den Dual Rate-Wert vorgenommen – so kann es schon sein, daß SR links D/R=98% und SR rechts D/R=103% ergeben. Als „Ausschlags-Messgerät“ benutze ich dabei den AccuThrow (Fa. Great Planes, USA – im Vertrieb der Fa. Simprop).

Wer nicht dauernd während des Kunstflugs an den Dual Rate-Schaltern umschalten möchte, sollte Flugphasen (z.B. Akro, Spin, Landung, etc.) programmieren und hierbei die Dual Rate- und Expo-Werte festlegen □ siehe Kapitel 2 „Einfliegen im Keller“.

5. Gasservo- und Senderjustage

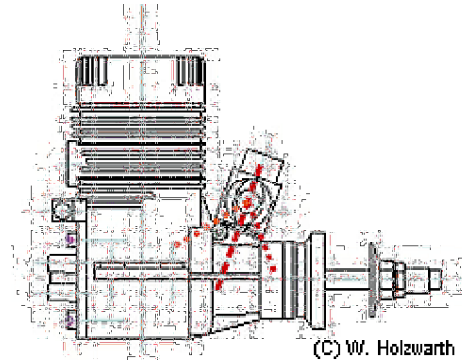
Der Gasknüppel wird gesondert behandelt, weil es hier Vollgas ohne Trimmung (Knüppel-Vollausschlag) und Leerlauf mit Trimmung gibt. Der Leerlauf wird bei laufendem Motor mit der Knüppeltrimmung eingestellt (möglichst ungefähre Mittenstellung des Trimmhebels), dann kann man bei Voll-Trimmung den Motor abstellen.

Die gezeigte Vergaseranlenkung hat am Drosselkükken zwar keinen 90 Grad-Winkel, bewirkt aber symmetrische Winkelverstellung um die Mittelstellung □ Anpassung über Sender-Gaskurve, wenn gewünscht.

Achtung: Keine Metall-auf-Metall Verbindungen (z.B. Metall-Gabelkopf mit Metallhebel am Drosselkükken), weil diese Knackgeräusche mit Servozucken ergeben können!

Nun zur Justage:

- Senderknüppel und Trimmhebel in Mittelstellung (Servoarm ist jetzt auch Mittelstellung); Anschluss am Drosselkükken in rot gezeichneter Mittenstellung (siehe nebenstehendes Bild); das Luftloch im Vergaser sollte jetzt auch ungefähr zur Hälfte sichtbar sein.
- Senderknüppel in Vollgas-Stellung (Trimmhebel bleibt in Mittelstellung!) □ Vergaser ist voll offen; Wegjustage über einseitige Servowegeinstellung im Sender (Code 23) vornehmen. Falls dabei Werte kleiner 70% rauskommen, die Einhängungen am Servoarm bzw. am Drosselkükken verändern.
- Senderknüppel in Leerlaufstellung (Trimmhebel bleibt in Mittelstellung!) □ Vergaser sollte jetzt ein Luftloch von 0,3 –0,5 mm zeigen. Wegjustage über einseitige Servowegeinstellung im Sender (Code 23) vornehmen. Wenn man jetzt die volle Trimmung Richtung Leerlauf bedient, sollte sich das Luftloch ganz schließen, damit der Motor ausgeht. Hier darauf achten, daß der Weg nicht mechanisch durch die Schraube am Drosselkükken (Servo brummt oder Gestänge biegt sich durch) oder durch den Servoweg begrenzt wird.



Literaturhinweise

- [Seilzug Anlenkungen](#), Walter Holzwarth
- [Die Kinematik ungewollter Differenzierung](#), Eckart Müller
- [Ruderkinematik](#), Oskar Czepa

Teil 2 - Einfliegen – im Keller

„Einfliegen – im Keller“ hört sich nach Gegensätzen an. Aber die erste Phase des Einfliegens beginnt tatsächlich im Bastelkeller – dabei werden alle Einstellungen und Justagen vorgenommen. Diese Information für ein Kunstflug-Flächenmodell mit Verbrennungsmotor soll dem Anfänger in unserem Hobby den Einstieg erleichtern und bereits gemachte Erfahrungen weitergeben. Das vorliegende Infoblatt knüpft an den Artikel „Servo-Grundeinstellungen“ an.

1. Startwerte am Sender

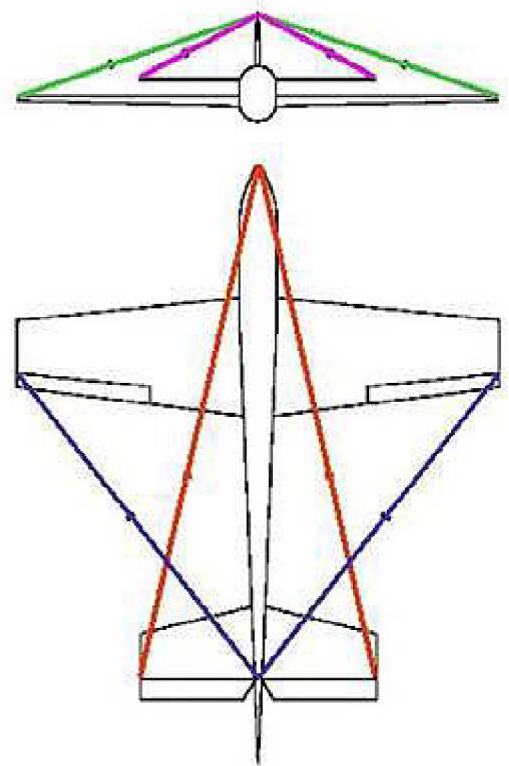
Wenn man im Sender ein neues Modell konfiguriert, dann sind (mindestens) diese Werte einzustellen (am Beispiel mc-24):

- ◊ Trimmspeicher (Code 81) = 0 (gelöscht)
- ◊ Senderknüppel und Trimmhebel in Mitte
- ◊ Grundeinstellungen Sender, Modell und Servos (Codes 21, 22,23) eingestellt
- ◊ Knüppeleinstellungen ohne Trimmreduzierung (Code 31) = 100%
- ◊ Gebereinstellung (Code 32) = 100%
- ◊ Dual Rate/Expo (Code 33) = 0% Expo (linear)

- ◊ Allgemeine Einstellungen (Code 91) konfiguriert

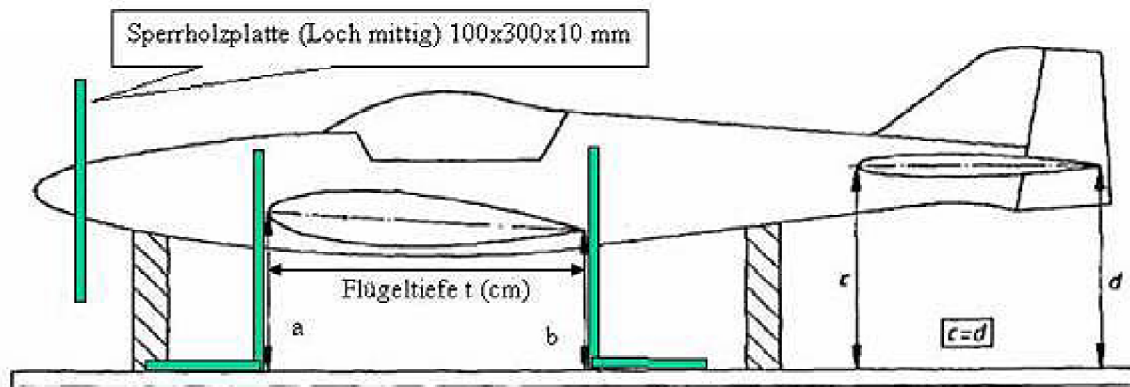
2. Überprüfung der Geometrie

- ◊ Die Tragflügel und das Höhenleitwerk (HLW) sollen senkrecht und symmetrisch zur Flugzeuglängsachse sein. Wie auf dem Bild ersichtlich, werden jeweils die Distanzen von der Rumpfschnauze zu den HLW-Enden und vom Seitenleitwerk zu den Flügelenden gemessen – sie sollten rechts und links gleich sein, ansonsten ist nachzuarbeiten.
- ◊ Als nächstes schauen wir mit etwas Abstand von hinten auf das Flugzeug-Leitwerk und überprüfen, ob das Höhenleitwerk parallel zu den Flügeln verläuft und das Seitenleitwerk dabei senkrecht in der Mitte steht.



3. Überprüfung der Einstellwinkel von Fläche und Motor

Wenn man keine EWD-Waage zur Hand hat, kann man sich die Werte nach unten stehendem Verfahren leicht ausrechnen. Aufgrund der kleinen Winkel berechnen wir eine Näherungslösung und brauchen keinen Taschenrechner zum Berechnen der Winkelfunktionen. Zuerst stellen wir das Flugzeug so auf, dass das Höhenleitwerk auf 0-0 (also waagrecht) ist. Dazu wird das Flugzeug auf eine gerade Unterlage (z.b. große Tischplatte) gestellt und am Rumpfe so unterlegt, dass das Höhenruder horizontal liegt, d.h. so einrichten, dass der Abstand der HLW Vorder- und Hinterkante zum Untergrund gleich ist (Mass $c=d$). Statt des Propellers montieren wir eine 1 cm dicke Sperrholzplatte mit den Maßen 10x30 cm.



◊ Ermittlung der Einstellwinkeldifferenz (EWD)

Wir ermitteln die Abstände der Flügelvorderkante bzw. der Flügelhinterkante direkt am Rumpf zum Untergrund (dies sind die Maße a und b). Am besten stellt man dazu zwei Winkel auf den Untergrund und misst dabei auch gleich die Flügeltiefe t in cm. Mit guter Näherung gilt bei kleinen Winkeln:

$$EWD [Grad] = (a [mm] - b [mm]) / (Flügeltiefe t [cm] * 0,175)$$

Beispiel:

Bei $(a-b) = 3,5$ mm und Flügeltiefe = 20 cm ist die $EWD = 3,5 / (20 * 0,175) = 1$ Grad

Die ermittelte EWD wird mit den Bauunterlagen verglichen – bei Bedarf ist die Flächen- oder HLW-Auflage des Rumpfs entsprechend nachzuarbeiten.

◦ Ermittlung des Motorsturzes

Während das Modell mit HLW=0-0 aufgebockt ist, können wir auch wunderbar den Motorsturz ermitteln. Das Maß „30 cm“ der Sperrholzplatte zeigt jetzt genau senkrecht. Wir verrutschen einen der Winkel so, dass er von vorn gegen die Sperrholzplatte stößt. Aufgrund des Motorsturzes wird die Sperrholzplatte oben am Winkel anstoßen und unten einige Millimeter davon entfernt sein. Wir messen diesen Abstand und berechnen den Motorsturz (wie oben mit guter Näherung bei kleinen Winkeln), wobei der Wert „30“ in der Formel für die vertikale Länge des 30 cm langen Sperrholzbrettchens steht:

$$\text{Motorsturz [Grad]} = \text{Entfernung Winkel zu Sperrholzplatte unten [mm]} / (30 * 0,175)$$

Beispiel:

Bei einer Entfernung des Winkels zur Sperrholzplatte unten = 8 mm und einer Sperrholzbrettlänge von 30 cm ist der Motorsturz = $8 / (30 * 0,175) = 1,5$ Grad.

◦ Ermittlung des Motorseitenzuges

Während das Modell mit HLW=0-0 aufgebockt bleibt, drehen wir die Sperrholzplatte so, dass das Maß „30 cm“ nun waagrecht steht. Wir messen nun von dieser Sperrholzplatte bis zum Ende des Seitenleitwerks – auf der rechten Seite und auf der linken Seite. Da der Motorseitenzug normalerweise nach rechts zeigt, wird die Messung auf der linken Seite länger als auf der rechten Seite sein. Wir berechnen den Motorseitenzug in zwei Schritten (wie oben mit guter Näherung bei kleinen Winkeln), wobei der Wert „15“ in der Formel für die halbe Breite des 30 cm breiten Sperrholzbrettchens steht:

$$\text{Maß } x = (\text{Messung links [mm]} - \text{Messung rechts [mm]}) / 2$$

$$\text{Motorseitenzug [Grad]} = \text{Maß } x \text{ [mm]} / (15 * 0,175)$$

Beispiel:

Bei der Messung links ergeben sich 2008 mm und rechts 1992 mm. Daraus ergibt sich ein Maß $x = (2008 - 1992) / 2 = 8$ mm. Der Motorseitenzug ist $8 / (15 * 0,175) = 3$ Grad.

4. Überprüfung der Balance

◦ Überprüfung der Schwerpunktlage (CG) über die Querachse

Wir übertragen das Schwerpunktmaß als Abstand von der Flügelvorderkante vom Plan auf den Rumpf. Dann unterstützen wir die Flächen unten links und rechts des Rumpfes des flugfertigen Modell (mit leerem Tank) genau hier. Das Modell sollte nun waagrecht bis ganz leicht nach vorn geneigt sein – auf keinen Fall aber nach hinten geneigt, also schwanzlastig sein! Ich selbst mache mir gern bei Tiefdeckern kleine Nieten (von den Servobefestigungen) beim Schwerpunktsmaß in die Rumpfwand links und rechts und hänge dort einen Drahtbügel ein, an dem ich das gesamte Modell dann hochheben kann.

◦ Überprüfung der Balance über die Längsachse

Der Propeller wird abmontiert und das Modell wird an der Kurbelwelle und mittig unter dem Rumpfe beim Seitenleitwerk unterstützt. Wenn die Balance stimmt, dann kippt das Modell nicht nach links oder rechts, sondern bleibt waagrecht. Manchmal sind die Rumpfeinbauten nicht mittig zur Rumpflängsachse, oder die einzelnen Flächenhälften sind unterschiedlich schwer – dann solange kleine Bleistücke (manchmal tut's auch ein Nagel!) auf die leichte Flächenaussenseite legen, bis der Gesamtflügel waagrecht bleibt. Die Bleistücke dann an der Flügelaußenseite unten einarbeiten und festkleben.

5. Einstellung der Ruderausschläge

Zum Einstellen der Ruderausschläge ist es zuerst notwendig, die Angaben von Winkelgraden in mm Ausschlag umzurechnen. Hierzu suchen wir uns pro Ruder einen markanten und nachmessbaren Punkt, z.B. Querruder-Innenkante, Höhenruderaussenkante, Seitenruderobenseite. Hier messen wir die jeweilige Rudertiefe in mm. Die Umrechnungsformel ist nun:

- für Taschenrechnerbenutzer:

$$\text{Ruderausschlag [mm]} = \tan(\text{Ausschlagswinkel in Grad}) * \text{Rudertiefe [mm]}$$

- für näherungsweise Bestimmung (da ja die richtigen Werte sowieso später erfolgen werden):

$$\text{Ruderausschlag [mm]} = 0,0175 * \text{Ausschlagswinkel [Grad]} * \text{Rudertiefe [mm]}$$

Beispiel:

Gegeben ist ein Höhenruder mit einer Rudertiefe außen von 50 mm. Für einen Ausschlag von 15 Grad soll der Ausschlag in mm errechnet werden.

Taschenrechner: Ausschlag [mm] = $\tan(15) * 50 = 0,26795 * 50 = 13,398 \approx 13$ mm

Überschlägig: Ausschlag [mm] = $0,0175 * 15 * 50 = 13,125 \approx 13$ mm

Wie in „Servo-Grundeinstellungen“ beschrieben, wurden bereits bei Dual Rate/Expo (Code 33) die Einstellungen für die Ruderausschläge von Seitenruder, Höhenruder und Querruder vorgenommen (annähernd 100%, aber rechts/links oder oben/unten gleiche Ausschläge in mm). Die Quer- und Seitenruder haben dabei die mechanisch maximal möglichen Ausschläge.

Für den Erstflug werden nun die Einstellungen für den „normalen“ Kunstflug vorgenommen. Mit dem Sender wird nun das Dual Rate/Expo (Code 33) *pro Ruderausschlagsseite* so eingestellt, dass sich auf jeder Ausschlagsseite gleich viele Millimeter ergeben. Beim mc-24 Sender benutze ich dazu die asymmetrische Einstellung, wie sie auf Seite 53 der Senderbedienungsanleitung beschrieben ist.

Achtung: Die Einstellung „Servowege (Code 23)“ benutze ich zur Justage der QR-Differenzierung.

Flugphase	HR-Ausschlag	QR-Ausschlag	SR-Ausschlag
Kunstflug - normal	Bei D/R ca. 100%: 10...15 Grad Expo 30%	Mit D/R einstellen auf: 12 Grad nach oben 11 Grad nach unten Expo 30%	Bei D/R ca. 100%: Max. Grad (25...45) Expo 50%

Für die Landung kann man auch gleich noch folgende Einstellungen konfigurieren:

Flugphase	HR-Ausschlag	QR-Ausschlag	SR-Ausschlag
Landung	15...20% HR-Tiefe zur Kompensation	Beide QR um 9 Grad hochgestellt.	Wie „Kunstflug- normal“

Ich empfehle jedem Leser, wenn möglich, Flugphasen statt einzelne Umschalter zu benutzen – dabei sind meiner Erfahrung nach 3 Flugphasen ausreichend: Kunstflug, Landung und 1 spezielle Phase wie z.B. Turn oder Spin. Bei der mc-24 lässt sich für eine der Flugphasen auch eine Programmatematik (Code 53) aktivieren, bei der man z.B. 4 Flugzustände von Snaps (positiv/negativ und jeweils links oder rechts) hinterlegen kann. Am besten aktiviert man die Programmatematik mit einem Tastschalter auf einem der Knüppel.

Für die Programmierung dieser Snaps in Code 53 sind hier folgende Anhaltswerte (für Benutzer von „Nicht mc-24 Sendern“ sind auch benutzbare Expo-Angaben gelistet) gegeben:

Flugphase	HR-Ausschlag	QR-Ausschlag	SR-Ausschlag
-----------	--------------	--------------	--------------

Kunstflug-Snaps	50% Expo 20%	100%, da die QR ja sowieso auf mechan. max. Ausschlag eingestellt wurden. Expo 20%	45% Expo 25%
-----------------	-----------------	---	-----------------

6. Checkliste für das „Einfliegen im Keller“

Die Checkliste kann man [hier](#) als einzelne pdf-Datei (48kb) herunterladen. Man kann die einzelnen Punkte abhaken, textlich ergänzen und das A4-Blatt zu den Unterlagen des Flugmodells ablegen.

MODELL:		
Nr.	Was	Wie
1	Flügel	▪ Scharniere verstiftet. ▪ Flügel genau ausgerichtet (zum Rumpf, zum HLW). ▪ Nicht verzogen oder verwunden (Blick von hinten). ▪ EWD überprüft = _____ Grad (HLW auf 0-0). Guter Startwert = 0,2...0,3 Grad positivere Anstellung als das HLW. ▪ Kabel alle 15 cm befestigt.
2	Querruder	▪ Scharniere verstiftet. ▪ QR nicht verzogen oder verwunden (Blick von hinten). ▪ Gerade Endkanten (auf beiden Seiten gleich). ▪ Alle Anlenkungen und Scharniere intakt, leicht beweglich, wenig Spielfreiheit und Ausschlag nach richtiger Seite (Senderknüppel links = QR links schlägt nach oben aus). ▪ Ruderspalt abgedichtet. ▪ Mittelstarke Servos mit kurzen Stellzeiten eingesetzt. ▪ Servogestänge starr und ohne Spiel. ▪ Ruderwege auf beiden Seiten und oben/unten gleich. ▪ 0-Pos Ruder entspricht 0-Pos Sendertrimmung - 20...40% Expo auf QR ist OK – keine Differenzierung oder Wegbegrenzung einstellen. ▪ Max. Servoweg = Max. Ruderausschlag
3	HLW	▪ Scharniere verstiftet. ▪ Ruderblätter nicht verzogen oder verwunden (Blick von hinten). ▪ Gerade Endkanten (auf beiden Seiten gleich). ▪ Alle Anlenkungen und Scharniere intakt, leicht beweglich, wenig Spielfreiheit und Ausschlag nach richtiger Seite (Senderknüppel ziehen = Ruderblätter nach oben). ▪ Ruderspalt abgedichtet. ▪ Mittelstarkes Servos eingesetzt. ▪ Servogestänge starr und ohne Spiel. ▪ Ruderwege auf beiden Hälften und oben/unten gleich (besonders beim Einsatz von 2 HR-Servos). ▪ 0-Pos Ruder entspricht 0-Pos Sendertrimmung - 20...40% Expo auf HR ist OK – keine Differenzierung oder Wegbegrenzung einstellen. ▪ Max. Servoweg = Max. Ruderausschlag (eingestellt auf 15 Grad).
4	SLW	▪ Scharniere verstiftet. ▪ Seitenruder nicht verzogen oder verwunden (Blick von hinten). ▪ Ausgerichtet zur Längsachse.

		▪ Anlenkung und Scharniere intakt, leicht beweglich, wenig Spielfreiheit und Ausschlag nach richtiger Seite (Senderknüppel links = Ruderblatt nach links). ▪ Starkes Servo eingesetzt (Gleichlauf bei mehreren parallelen Servos). ▪ Ruderwege links/rechts gleich. ▪ 0-Pos Ruder entspricht 0-Pos Sendertrimmung - 50% Expo auf SR ist OK – keine Differenzierung oder Wegbegrenzung einstellen. ▪ Max. Servoweg = Max. Ruderausschlag.
5	Fahrwerk	▪ Alle Schrauben fest angezogen. ▪ Geradeauslauf des Modells überprüfen und je Achse ca. 2 Grad Vorspur einstellen.
6	Motor	▪ Motor gut befestigt. Motor eingelaufen mit zuverlässigem Leerlauf. ▪ Prop. Ausgewuchtet. ▪ Motorsturz überprüft = _____ Grad (HLW auf 0-0). Guter Startwert = 0,5...2 Grad. ▪ Motorseitenzug überprüft = _____ Grad. ▪ Guter Startwert = 2...4 Grad.
7	Servos	▪ Servos sind stark genug und arbeiten mit minimalem Stellfehler (<1%). ▪ Kabel alle 15 cm befestigt. ▪ Falls Kraft nicht ausreichend, Servos parallel schalten (hintereinander aufbauen und die Servohebel außen verbinden).
8	Schwerpunktlage	▪ CG-Lage nach Plan überprüft. ▪ Balance in Rollrichtung überprüft.

Literaturhinweise

- [EWD ermesen](#), Eckart Müller
- [Modellbautool](#), Konrad Kunik

Ja, das wär's erst einmal für die Überprüfungen und Justagen. Nun kann's ohne großes Herzklopfen zum Erstflug gehen.

Happy Landings wünscht Klaus.

Update vom Juni 2008

Teil 3: Den richtigen Propeller auswählen

Endlich habe ich mein „Fast-F3A“-Modell fertig, den 15 cm³ 2-Takt-Verbrennungsmotor eingebaut – aber nun erhebt sich die Frage: Welchen Propeller soll ich montieren? Ich schaue im Katalog nach, recherchiere beim Motorhersteller im Internet und frage Vereinskollegen. Als Ergebnis erhalte ich eine ganze Palette von Propellergrößen, die alle gut geeignet sein sollen – welchen soll ich denn nun aber nehmen? Ist die Propellergröße nur vom Motor abhängig, oder spielen hier noch andere Aspekte wie z. B., Rumpfwiderstand oder Bodenfreiheit eine Rolle?

Wie bereits in den vorausgegangenen Artikeln, möchte ich mit diesen Informationen zur Propellerauswahl für ein Kunstflug-Flächenmodell mit Verbrennungsmotor dem Anfänger in unserem Hobby den Einstieg erleichtern und eigene Erfahrungen weitergeben.

1. Verfügbare Daten

a. Katalogdaten

Für meinen 2-Takter OS91Fx (GRAUPNER Best.-Nr.: 1816) finde ich im Katalog u.a. folgende Daten:

Drehzahlbereich	2.000...16.000 U/min
Leistung	2,09 kW (= 2,84 PS) bei 15.000 U/min
Empfohlene Luftschrauben	33x20 cm (= 13x8 Zoll), 33x33 cm (= 13x13 Zoll), 34x20 cm (= 13,5x8 Zoll), 34x30 cm (= 13,5x12 Zoll), 36x28 cm (= 14x11 Zoll), 38x20 cm (= 15x8 Zoll), 40x20 cm (= 16x8 Zoll), 36x18 cm 3-Blatt (= 14x7 Zoll)

b. Herstellerdaten im Internet

Eine Recherche bei OS Engines ergab: 2,8 BHP (British Horsepower) bei 15.000 U/min. Propeller 13x8 oder 13x9 Zoll.

c. Motortests in Fachzeitschriften

In Motortests, wie sie von den führenden Fachzeitschriften veröffentlicht werden, finde ich die für mich interessanten, praxisbezogenen Daten. Neben Drehzahl- und Leistungskennlinien sind hier auch die mit den verschiedenen Propellern erreichten Drehzahlen aufgelistet. Bezüglich meines OS91Fx werde ich in Modell 8/2001 (Autoren: Dieter Meier, Jörg Rußow und Rüdiger Götz) fündig:

Mit OS-Schalldämpfer:			
▪ Drehmoment-Maximum ▪ Leistungsmaximum	1,16 Nm 1,245 kW	6.070 U/min 13.830 U/min	18x8 Menz 11x7 APC
Mit Zimmermann-Dämpfer (Abstimm länge 460 mm)			
▪ Drehmoment-Maximum ▪ Leistungsmaximum	1,38 Nm 1,517 kW	9.100 U/min 10.870 U/min	15x8 Menz 13x10 APC

2. Welche Parameter soll ich der Propellerauswahl nun zu Grunde legen?

Neben den unterschiedlichen Fabrikaten und Anwendungsfällen (z. B. Verbrennungs- oder Elektromotor) habe ich als Auswahlkriterien den Durchmesser und die Steigung (Pitch) der Propeller zur Verfügung. Die Propeller-Steigung kann mit der Gangschaltung eines Autos verglichen werden:

- Erster Gang (= geringe Steigung) ergibt hohe Zugkraft bei geringerer Geschwindigkeit.
- Vierter Gang (= hohe Steigung) ist für große Endgeschwindigkeit bei geringerer Zugkraft geeignet.

Die nachfolgende Tabelle gibt einen groben Überblick für die Auswahl:

	Propeller-Durchmesser GROß	Propeller-Durchmesser KLEIN
Steigung GROß	Diese Kombination begünstigt kraftfordernde Flugaufgaben, wie z. B. kräftiges Steigen oder Kunstflug. Anwendungen ergeben sich auch für langsam fliegende Modelle mit Getriebe bei niedriger Luftschraubendrehzahl. Große Steigung bringt hohe Geschwindigkeit bei geringerer Zugkraft (Startlauf bis zum Erreichen der Abhebegeschwindigkeit verlängert sich). Zum Landen muss die Leerlaufdrehzahl besonders niedrig sein, um das Modell sauber „aushungern“ zu können.	Für den reinen Schnellflug (Prop-Durchmesser/Prop-Pitch = 1,0 bis 1,2). Ein schmales Propellerblatt wählen. Große Steigung bringt hohe Geschwindigkeit bei geringerer Zugkraft (Startlauf bis zum Erreichen der Abhebegeschwindigkeit verlängert sich). Zum Landen muss die Leerlaufdrehzahl besonders niedrig sein, um das Modell sauber „aushungern“ zu können.
Steigung KLEIN	Werte von Prop-Durchmesser/Prop-Steigung > 0,5 führen zu guten Eigenschaften bei Start und Langsamflug, erfordern jedoch eine relativ hohe Drehzahl. Kleine Steigung daher für geringe Geschwindigkeiten und hohe Zugkraft (ö3-D Fliegen). Für Schleppmaschinen ein breites Propellerblatt wählen.	Für leichte und relativ langsame Modelle (große Drehzahl erforderlich). Kleine Steigung für geringe Geschwindigkeiten und hohe Zugkraft.

Bei 2-Takt Verbrennungsmotoren stellt man fest, dass das Drehmoment-Maximum bei niedrigeren Drehzahlen als das Leistungsmaximum erreicht wird. Soll ich nun den Motor für Drehmoment-Maximum oder Leistungsmaximum „proppen“?

Die Katalogdaten listen eine Reihe von Propellern von 13x8 bis 16x8. Um einen brauchbaren Startwert zu finden, ist mir die Auswahl aber zu umfangreich. Im späteren Teil dieses Artikels wird es verständlich, warum das so ist.

Der Hersteller empfiehlt Propeller der Größe 13x8 bis 13x9 Zoll. Wie ich aus den Motortests interpoliere, ist hiermit ein Drehzahlbereich von 10.000 bis 11.000 U/min festgelegt – das ist anscheinend der „Wohlfühl-Bereich“ des OS91Fx.

Die Angabe des Leistungsmaximums (bei hoher Drehzahl) ist für meine Propellerauswahl wenig hilfreich, da ich ja kein Speedmodell motorisieren möchte - ich fahre im Auto ja auch nicht dauernd im ersten Gang bei Vollgas.

3. Theorie und Formeln

Leider geht es nicht ganz ohne Theorie – wer aber möchte, kann diesen Abschnitt einfach überspringen und dann nur die Ergebnisformeln anwenden.

F. Dubs schreibt in seinem Buch „Aerodynamik der reinen Unterschallströmung“: „Die Wirkungsweise des Propellers beruht auf dem Rückstoßprinzip, indem mittels der Propellerblätter die durch die Propellerkreisfläche strömende Luft beschleunigt wird. Als Reaktion der hierzu erforderlichen Beschleunigungskräfte entsteht eine Schubkraft des Propellers“. Es hat also was mit Luftmassendurchsatz zu tun – und den werde ich jetzt mal ausrechnen.

3.1 Geschwindigkeit und Luftmassendurchsatz

Die Fluggeschwindigkeit wird durch die Propellersteigung und die Drehzahl bestimmt. Der Faktor (1,524/1000)

kommt durch die Umrechnung von inch/min $\square$ km/h.

$$\text{Geschwindigkeit}[\text{km/h}] = (\text{PropPitch}[\text{inch}] * \text{Drehzahl}[\text{U/min}]) * (1,524/1.000)$$

Die durch den Propeller pro Zeiteinheit beschleunigte Luftmasse nenne ich Luftmassendurchsatz mit der Dimension [kg/min]. Der Luftmassendurchsatz ist eine Funktion der Propellerkreisfläche ($\text{PropDurchmesser}^2 * \pi / 4$), der Geschwindigkeit ($\text{PropPitch} * \text{Drehzahl}$) und der Luftdichte (= 1,225 kg/m³ auf mittlerer Meereshöhe). Die Formel lautet nun:

$$\text{Luftmassendurchsatz}[\text{kg/min}] = (\pi / 4) * \text{PropDurchmesser}^2[\text{inch}^2] * \text{PropPitch}[\text{inch}] * \text{Drehzahl}[\text{rpm}] * 1,225 * 0,0254^3$$

Den Formelausdruck „ $\text{PropDurchmesser}^2 * \text{PropPitch}$ “ nenne ich **Propeller-Last-Faktor (PLF)** – ich brauche ihn später bei der Umrechnung von Propellern.

$$\text{PLF} = \text{PropDurchmesser}^2[\text{inch}^2] * \text{PropPitch}[\text{inch}]$$

Da 1 inch = 2,54 cm ist, ergibt sich ein Umrechnungsfaktor von inch³ $\square$ m³ von 0,02543. Die Formel für den Luftmassendurchsatz ist nun

$$\text{Luftmassendurchsatz}[\text{kg/min}] = (\pi / 4) * \text{PLF} * 1,225 * \text{rpm} * 0,0254^3$$

Beispiel:

Der Luftmassendurchsatz für einen mit 7.750 U/min drehenden 14x13,5“ Propeller beträgt:

$$\begin{aligned} &= (3,14/4) * (14^2 * 13,5) * 1,225 * 7750 * 0,02543 \\ &= 0,7854 * 2646 * 1,225 * 7750 * 0,0000164 \\ &= 323,5 \text{ kg/min} \end{aligned}$$

3.2 Propeller-Last-Faktor (PLF)

Der oben definierte PLF besagt, dass ein anderer Propeller mit dem gleichen PLF den Motor gleich belastet und daher zu gleichen Drehzahlen führt.

$$\text{PropDurchmesser}_{\text{neu}} = \sqrt{\frac{(\text{PropDurchmesser}_{\text{alt}}^2 * \text{PropPitch}_{\text{alt}})}{\text{PropPitch}_{\text{neu}}}}$$

Da die Fluggeschwindigkeit (bei gleicher Drehzahl) von der Pitchgröße abhängig ist, lässt sich somit auch ein neuer „Ziel-Propeller“ errechnen. Dazu stelle ich die Formel um:

$$\text{PropDurchmesser}_{\text{neu}} = \sqrt{\frac{(\text{PropDurchmesser}_{\text{alt}}^2 * \text{PropPitch}_{\text{alt}})}{\text{PropPitch}_{\text{neu}}}}$$

Beispiel:

Zur Reduzierung der Fluggeschwindigkeit soll der obige 14x13,5“ durch einen Propeller mit nur 10“ Steigung ersetzt werden. Welchen Propeller-Durchmesser muss ich wählen? $\text{PropDurchmesser}_{\text{neu}} = \text{Wurzel} [(14^2 * 13,5)/10]$
 $= \sqrt{2646/10} = 16,2 \text{ Zoll}$.

Da sich die Motordrehzahl proportional zum PLF verhält, kann ich aus einer bekannten Drehzahl-Propellerkombination die Motordrehzahl für einen neuen Propeller abschätzen.

$$Drehzahl_{\text{Program}} = Drehzahl_{\text{Propeller}} * \left(\frac{PLF_{\text{Propeller}}}{PLF_{\text{Program}}} \right)$$

Beispiel:

Für den obigen 14x13,5“ Propeller messe ich eine Drehzahl von 7.750 U/min. Der PLF des Propellers beträgt $14^2 * 13,5 = 2646$. Ich möchte nun abschätzen, welche Drehzahl ein 16x10“ Propeller ($PLF = 16^2 * 10 = 2560$) erreichen würde:

$Drehzahl_{16x10} = Drehzahl_{14x13,5} * (PLF_{14x13,5} / PLF_{16x10}) = 7750 * (2646/2560) = 8010$.

3.3 Umrechnungen von 2-Blatt- in Mehrblatt-Propeller

Jetzt bleibt noch die Frage offen, wie ich meinen „optimalen“ 2-Blatt-Propeller in einen 3- oder 4-Blatt-Propeller umrechne. Dr. Martin Hepperle gibt uns auf seiner Website www.mh-aerotoools.de/airfoils/propuls2.htm hierfür die Hilfsmittel in die Hand.

Aber Achtung: Der Wirkungsgrad von Mehrblatt-Propellern ist geringer und es wird daher bei gleicher Motorleistung weniger Schubkraft zur Verfügung stehen!



3.3.1 Umrechnung von 2-Blatt in 3-Blatt Propeller

Das zusätzliche Propellerblatt bewirkt eine Reduzierung der Propellerkreisfläche:



Der Ausdruck $(2/3)$ hoch $1/4$ ergibt 0,904, so dass man vereinfacht umrechnen kann:

$$PropDurchmesser_{3-Blatt} = 0,904 * PropDurchmesser_{2-Blatt}$$

Die Propellersteigung reduziert sich dabei um weniger als 5% - für praktische Fälle kann man also PropPitch unverändert lassen.

Beispiel:

Mein ausgewählter 2-Blatt Propeller hat die Größe 16x10 Zoll.

3-Blatt: PropD3-Blatt = $0,904 * 16 = 14,46$ (praktisch also 14,5 Zoll)

PropP3-Blatt = 10 Zoll

Mit der Reduzierung der Propellerkreisfläche lassen sich nun auch der PLF und der Luftmassendurchsatz für einen 3-Blatt Prop berechnen. Statt des PropDurchmessers 2-Blatt wird der umgerechnete Ausdruck von $PropDurchmesser_{3-Blatt} / 0,904$ eingesetzt. Da der PropDurchmesser ins Quadrat eingeht, ändert sich der Divisor in $0,904^2 = 0,817$.

$$PropDurchmesser_{4-Blatt} = PropDurchmesser_{2-Blatt} * \left(\frac{2}{4} \right)^{1/5}$$

3.3.2 Umrechnung von 2-Blatt in 4-Blatt Propeller



Der Ausdruck $(2/4)$ hoch $1/5$ ergibt 0,841, so dass man vereinfacht umrechnen kann:

$$\text{PropDurchmesser}_{4\text{-Blatt}} = 0,841 * \text{PropDurchmesser}_{2\text{-Blatt}}$$

Auch in diesem Fall reduziert sich die Propellersteigung um weniger als 5% - für praktische Fälle kann man also PropPitch unverändert lassen.

Beispiel:

Mein ausgewählter 2-Blatt-Propeller hat die Größe 16x10 Zoll.

4-Blatt: PropD4-Blatt = $0,841 * 16 = 13,46$ (praktisch also 13,5 Zoll)

PropP3-Blatt = 10 Zoll

Wie bei der Umrechnung von 2-Blatt- in 3-Blatt-Propeller lässt sich mit der Reduzierung der Propellerkreisfläche nun auch der PLF und der Luftmassendurchsatz für einen 4-Blatt Propeller berechnen. Statt des PropDurchmessers2-Blatt wird der umgerechnete Ausdruck von PropDurchmesser4-Blatt / 0,841 eingesetzt. Da der PropDurchmesser ins Quadrat eingeht, ändert sich der Divisor in $0,841^2 = 0,707$.

$$PLF_{4\text{-Blatt}} = \frac{\text{PropDurchmesser}_{4\text{-Blatt}}^2 [\text{inch}^2]}{0,707} * \text{PropPitch} [\text{inch}]$$

4. Auswahl des richtigen Propellers

Das unter Punkt 3 erklärte Formelwerk möchte ich nun in der Praxis anwenden und den für meinen Anwendungsfall „optimalen“ Propeller finden.

Ziel ist es, den Propeller mit

- dem größten Luftmassendurchsatz bei
- einer Motordrehzahl, die zwischen max. Drehmoment und max. Leistung liegt,

auszuwählen.

4.1 Propellerauswahl auf Basis von Messwerten

Ich habe die in Modell 8/2001 gemessenen Drehzahlen der verschiedenen Propeller in das Excel-Blatt eingetragen und den Propeller-Last-Faktor (PLF), die Fluggeschwindigkeit und den Luftmassendurchsatz errechnet.

Diskussion der Ergebnisse:

a) Mit OS-Schalldämpfer

- Mit dem 18x10-Propeller würde sich der größte Luftmassendurchsatz ergeben, allerdings bei einer unter dem Drehmoment-Maximum liegenden Drehzahl. Da laut Herstellerangaben der Motor für einen 13x8- bis 13x9-Propeller ausgelegt ist und deshalb Drehzahlen um die 10.000 U/min braucht, ist er mit 5.500 U/min sicher zu sehr belastet (= überfordert) und wird heiß werden. Diese „Überforderung“ zeigt auch der hohe Prop-Last-Faktor (PLF) von 3.240 in dieser Messreihe an!
- Der 14x10-Propeller liefert bei 8.745 U/min den zweithöchsten Luftmassendurchsatz. Die Drehzahl liegt um ca. 2.700 U/min über dem Drehmoment-Maximum von 6.070 U/min. Wenn auch nicht optimal, so wäre dies doch meine Wahl.
- Ich habe zu den Messungen aus Modell 8/2001 meine eigenen Messungen mit dem OS91Fx gelistet und gefunden, dass die 14,4x10,5- oder 13x11-Propeller einen Tick besser sind und sich der Motor beim 13x11 mit 9.240 U/min im „Hersteller-Wohlfühlbereich“ bewegt.

Blatt-Anzahl	Prop Durchm [inch]	Prop Pitch [inch]	Drehzahl [U/min]	PLF	Speed [km/h]	Luftmasse-durchsatz [kg/min]
2	18	10	5.530	3,240	108	2402
2	18	8	6.070	2,662	124	2481
2	18	6	7.505	1,944	160	2300
2	15	8	8.140	1,800	180	2311
2	14,4	10,5	7.940	2,177	122	2222 (geringer Widerstand)
2	14	10	8.745	1,900	133	2200
2	13	11	9.240	1,820	145	2270 (geringer Widerstand)
2	13	10	9.685	1,620	140	2230
2	13,5	8	10.225	1,450	175	2325
2	12,5	11,5	9.230	1,707	162	2401 (geringer Widerstand)
2	12	8	12.070	1,152	142	2180
2	11	7	13.830	0,87	140	185
OS91Fx mit OS-Schalldämpfer / Zimmermann-Flügel						
2	18	10	5.130	3,240	70	2402
2	18	8	5.990	2,662	73	2485
2	18	6	7.505	1,944	100	2300
2	14	13,5	7.750	2,646	120	3500
2	15	10	8.110	2,250	124	2600
2	15	8	9.100	1,800	111	2530
2	13	10	10.870	1,620	104	2300

b) Mit Zimmermann-Dämpfer und 460 mm Abstimmmlänge

Jetzt liegen Drehmoment- und Leistungsmaximum sehr eng zusammen. Obwohl es sich anbieten würde, den Motor in einem dieser Maximum-Kennlinienpunkte zu betreiben, wäre hier der 14x13,5-Propeller mit dem Luftmassendurchsatzmaximum meine Wahl. Gegenüber dem OS-Schalldämpfer haben hier der Luftmassendurchsatz um knapp 20% und (leider auch) die Geschwindigkeit um ca. 25% zugenommen.

Tests müssten zeigen, ob der OS91Fx mit der niedrigen Betriebsdrehzahl zurecht kommt oder zu heiß wird. Alternativ würde ich dann den 15x8“-Propeller für das Drehmomentmaximum wählen.

4.2 Auswahl von alternativen Propellern mit Hilfe des PLF

Es ist unbedingt notwendig, den richtigen Propeller zum Flugzeug auszuwählen. Stellt euch vor, ich möchte meinen vorhandenen Motor OS91Fx in zwei verschiedenen Flugzeugen einsetzen:

- in einem „Fast-F3A“-Kunstflugmodell und
- in einem Doppeldecker.

Kann ich den gefundenen „optimalen“ Propeller auf beiden Modellen einsetzen? Die Antwort ist: **Nein**.

Der auf Grund des Luftmassendurchsatzes favorisierte Propeller mit 14x13,5 Zoll (für Zimmermann-Dämpfer bei 460 mm Abstimmmlänge) ergibt eine theoretische Fluggeschwindigkeit von etwa 160 km/h; das heißt, dass auch der erzeugte Widerstand dies erlaubt. Diese Geschwindigkeit wäre vielleicht für ein Kunstflugmodell in Ordnung, aber für meinen Doppeldecker mit hohen Widerstandsbeiwerten viel zu viel. Ich möchte daher mit Hilfe des Propeller-Last-Faktors (PLF) für den oben ermittelten 14x13,5“-Propeller (PLF = 2.646) einige Alternativen berechnen.

4.2.1 Alternativ-Propeller für niedrigere Fluggeschwindigkeit

Blatt-Anzahl	Prop Durchmesser [inch]	Prop Pitch [inch]	Drehzahl [U/min]	PLF	Speed [km/h]	Luftmasse-durchsatz [kg/min]
2	14	13,5	7.750	2.646	100	3,73
2	14,27	13	7.750	2.646	104	3,73
3	12,90	13			104	
3	12,00	13			104	
2	14,85	12			102	
3	13,42	12			102	
3	12,49	12			102	
2	15,51	11			100	
3	14,02	11			100	
3	13,04	11			100	
2	16,27	10			100	
3	14,70	10			100	
3	13,68	10			100	
2	17,15	9			100	
3	15,50	9			100	
3	14,42	9			100	
2	18,19	8			99	
3	16,44	8			99	
3	15,29	8			99	
2	19,44	7			93	
3	17,57	7	7.750	2.646	93	
3	16,35	7	7.750	2.646	93	3,73
2	16,0	10,0	8.010	2.560	122	3,73

Obwohl der OS91Fx nicht für niedrige Drehzahlen und damit für niedrige Fluggeschwindigkeiten ausgelegt ist, müsste ich für „Constant-Speed“-Kunstflug (sagen wir mal, so um die 100 km/h) alternative Propeller mit kleinerer Steigung aber gleichem PLF=2.646 finden.

Mit der Vorgabe der Zielgeschwindigkeit lassen sich also Alternativpropeller mit ähnlichem PLF (und damit ähnlichem Luftmassendurchsatz und Schubkraft) finden. Unter Nutzung des vorher erläuterten Formelwerks ergäben sich (theoretische) Propellergrößen von 15,5x11“, 16,3x10“ oder 17,2x9“. Da ich keinen 17x9 Propeller in den Katalogen finde, werde ich also einen 16x10 auswählen, der eine Motordrehzahl von circa 8000 U/min ergibt und damit die Fluggeschwindigkeit etwas erhöhen wird. Diesen Kompromiss nehme in Kauf.

4.2.1 Alternativ-Propeller mit 3- oder 4-Blatt

Prof. Dr.-Ing. Demuth fand bei seinen Propellermessungen an der FH Trier heraus, dass 3-Blatt Propeller ca. 10 bis 15% schlechter im Wirkungsgrad sind als 2-Blatt Propeller gleichen Durchmessers und gleicher Steigung. Es gibt daher eigentlich nur drei Gründe, Mehrblattpropeller (für Kunstflug in einem Flugmodell) einzusetzen:

- Ein zu niedriges Fahrwerk engt den möglichen Propellerdurchmesser ein.
- Die Fluggeschwindigkeit in Abwärtspassagen des Kunstflugprogramms soll verringert werden.
- Die Geräuschentwicklung soll reduziert werden (als Folge geringerer Drehzahl).

Aus obiger Tabelle ist ersichtlich, dass für eine Fluggeschwindigkeit von 118 km/h ein 2-Blatt-Propeller 16,27x10“ sinnvoll wäre. Da die Bodenhöhe meines Flugmodells aber keine Propeller von 16 oder mehr Zoll erlaubt, möchte ich nun dafür einen alternativen 3- und 4-Blatt Propeller bestimmen.

$$\text{PropD 3-Blatt} = 0,904 * \text{PropD 2-Blatt} = 0,904 * 16,27 = 14,7$$

$$\text{PropD 4-Blatt} = 0,841 * \text{PropD 2-Blatt} = 0,841 * 16,27 = 13,7$$

Ich werde also einen 15x10 3-Blatt-Propeller auswählen oder – wenn es nicht anders geht – einen 14x10 4-Blatt Propeller.

5. Excel-Datei und Freeware-Rechenprogramm

Die in diesem Artikel benutzte Excel Tabelle kann hier heruntergeladen werden. Es sind alle Beispiele enthalten und man kann auf einem eigenen Arbeitsblatt die Kenndaten für den eigenen Motor eintragen und „mit den Zahlen spielen“.

Norbert Seidel hat das ganze Formelwerk auch in eine Software „PropAuslegung.exe“ verpackt, die als ca. 35 kByte kleine Datei zum kostenfreien [Download](#) bereitsteht.

6. Literaturhinweise:

Ich bedanke mich bei den Autoren folgender Quellen:

- Allroundtalent (Dieter Meier, Jörg Rußow und Rüdiger Götz), MODELL 8/2001, Messdaten zum OS91Fx
- Aerodynamik der reinen Unterschallströmung (F. Dubs), ISBN 3-7643-1073-1
- How-To: Select A Propeller (Andy Lennon und Dave Gierke), Model Airplane News
- Airframe And Prop Selection (Chris Chianelli und Dave Gierke), Air Age Publishing, July 1999
- Picking A Prop (Don Hart)
- The Right Combination (Andy Lennon), Model Airplane News, August 2000
- Choose The Right Prop For Your Engine (Andy Lennon), Model Airplane News, June 2001
- Modellbautool (Konrad Kunik), <http://www.rc-network.de/magazin/trickkiste/trick17/trick17.html>
- [Dr. Martin Hepperle's Website](#)
- Propellerwahl und Motorleistung (Prof. Dr.-Ing. Peter Demuth), MODELL 8/1990.

Ja, das wär's erst einmal für die Auswahl des richtigen Propellers. Wer sich bis hierher „durchgequält“ hat, wird verstehen, warum Kataloge eine ganze Reihe von möglichen Propellergrößen nennen und er wird auch in der Lage sein, den richtigen Propeller für seinen Anwendungsfall auszusuchen. Dabei wünsche ich allen Lesern viel Spaß und viel Erfolg.

Happy Landings wünscht Klaus.

Euer Feedback an klaus_bernhardt@gmx.de ist herzlich willkommen.

Teil 4 – Einfliegen – auf der Wiese

Nachdem Du das Flugzeug und Deinen Sender entsprechend den ersten drei Teilen dieser Artikelserie (Servo-Grundeinstellungen, Einfliegen-im-Keller, Richtigen Propeller auswählen) konfiguriert hast, kannst Du getrost zum Jungfernflug antreten. Beim Einfliegen werden die Flugeigenschaften des neuen Modells getestet und so gut es geht, auf ein neutrales Verhalten getrimmt. Manche Eigenschaften, wie z.B. Pitch- und Rollkopplungen im Messerflugzustand werden mittels Sendermischer „neutralisiert“. Von Fliegerkollegen höre ich hier immer wieder „das steuere ich schon aus“, aber glaubt mir, auch Euer Hirn-„Prozessor“ ist begrenzt und es reicht schon, wenn der mit den Kunstflugprogrammen und den Windkorrekturen kämpfen muss und nicht noch die Unzulänglichkeiten des Flugmodells korrigieren soll. Also, so gut es geht, die eingebauten Fehler wegtrimmen – egal, ob man F3A- oder 3D-Kunstflug macht.

Es ist wichtig, den ausgewählten „Kunstflug-Propeller“ einzusetzen – alle Justagen müssen sonst bei einem Wechsel des Propellertyps (insbesondere, wenn sich die Blattzahl ändert) neu erflogen werden!

Wie schon in den Kapiteln vorher, soll diese Information dem Anfänger in unserem Hobby den Einstieg erleichtern und meine bereits gemachten Erfahrungen im Verbrenner-Kunstflug mit Flächenmodellen weitergeben.

1. Erste Flüge

Im Sender stellt man den Alarmtimer so ein, dass der Tank noch nicht ganz leer ist. Dann geht's los. Das

Flugmodell wird nach dem Start auf eine vernünftige Höhe (ca. 50 m) gebracht und mit den Sendertrimmungen auf Geradeausflug (keine Links-/Rechtsabweichungen, kein Sinken/ Steigen) einjustiert. Der Gasknüppel ist dabei auf „Marschgeschwindigkeit“, also so zwischen Halbgas und $\frac{3}{4}$ -Gas. Während man seine geräumigen Runden dreht, bekommt man ein Gefühl für die Steuerungseigenschaften (sind sie zu abrupt? zu weich? brauche ich viel Knüppelweg oder nur ganz wenig?). Nach der Landung werden dann die ersten Korrekturen vorgenommen: z.B. Ruderausschläge mittels Dual Rate anpassen, feinfühligere Steuerung um den Knüppel-Nullpunkt mittels Expo, etc. Die Knüppeltrimmungen werden abgespeichert und die Trimmungen wieder auf Null gestellt.

Beim nächsten Flug wird die Seitenruder-Trimmung vorgenommen. Fliege dazu in „**Normalfluglage**“ (= 50-70% Gas, gleiche Höhe, gerade Flugbahn, **Flügel waagrecht**) genau gegen den Wind über deinen Kopf an und direkt weg von dir. Ziehe dann die Modellnase hoch in einen senkrechten Steigflug und beobachte dein Modell - vor allem betreffend Veränderung der Flugbahn (nach links oder rechts) und ob das Modell im Steigen wegrollt. Teste dies mehrmals und merke dir, was das Modell macht. Korrigiere erstmal ein Links-/Rechtsabweichen im Steigflug mit der SR-Trimmung. Wenn der Steigflug nun senkrecht verläuft, dann halte im nächsten Test das Höhenruder (HR) gezogen und fliege einen Looping. Teste dies wiederum mehrmals (immer schön genau gegen den Wind!) und merke dir, was passiert. Dann ist sicherlich der Alarmtimer abgelaufen und es ist Zeit zu landen.

Nachdem man mehrere Flüge hinter sich gebracht hat und sich auch etwas an die Flugeigenschaften des neuen Modells gewöhnt hat, sollten die erflogenen Sendertrimmungen in mechanische Justagen umgesetzt werden (möglichst so lange, bis eine Sendertrimmung =0 nötig ist) – dies kann mehrere Trimmflüge benötigen:

- Messungen der getrimmten Ruderausschläge mit dem Ruderausschlagsmesser und Notieren der Abweichungen von Null-Null in mm.
- Mechanische Korrektur des Seitenruders:
 - ☐ Änderung des Motorseitenzugs?
- Mechanische Korrektur des Höhenruders:
 - ☐ Änderung der Einstellwinkeldifferenz (EWD)?
 - ☐ Änderung der Schwerpunktlage?
 - ☐ Änderung des Motorsturzes? (abweichende Propellergröße, -Steigung, -Drehzahl)?
- Mechanische Korrektur der Querruder:
 - ☐ Balance-Veränderung über die Flugzeug-Längsachse?
 - ☐ Gewichtsunterschiede in den Flächenhälften?
 - ☐ Änderung der Einstellwinkel von Steckflügeln, bis die Querruder auf Null getrimmt werden können.

Nach diesen Justagen sind wiederholte Testflüge nach obigem Verfahren angesagt, um die eingestellten Veränderungen (z.B. Motorseitenzug) zu verifizieren. Da sich manche Veränderungen gegenseitig beeinflussen, ist es wichtig, immer nur ein Fehlersymptom zu bearbeiten und dann wieder zu testen! Bei den nächsten Flügen ist nur Beobachten angesagt. Am besten macht man diese mit einem Kumpel, der sich dann auch die verschiedenen Fehler notiert:

- Fliege senkrecht aufwärts und beobachte, ob die Flugbahn von der Senkrechten abweicht (☐ Motorsturz und –Seitenzug)
- Fliege senkrecht abwärts und beobachte, ob die Flugbahn von der Senkrechten abweicht – zur Kanzel oder zum Fahrwerk hin? (☐ HLW-Einstellwinkel, EWD, Schwerpunkt)
- Nimm im horizontalen Geradeausflug schlagartig das Gas raus (☐ Schwerpunkt, Motorsturz, EWD)

Die größten Probleme werden dann zuerst korrigiert. Dazu dienen die folgenden Punkte als Hilfestellung, die nicht unbedingt in dieser Reihenfolge abgearbeitet werden müssen. Beachtet aber bitte, dass sich Justagen gegenseitig beeinflussen – daher ist es sinnvoll, die Checks in der hier gelisteten Reihenfolge durchzuführen und Korrekturen abzuarbeiten:

- Balance-Setup (Schwerpunkt)
- Dynamische Balance
- Motorsturz und Motorzug
- Querruder-Differenzierung

- Mischer setzen (Senkrecht abwärts, Gas-/SR-Kopplung und Gas-/QR-Kopplung)

2. Balance-Setup

Obwohl der Schwerpunkt nach Bauunterlagen eingestellt wurde, ist es trotzdem eine richtige Frage „Ist dies auch der korrekte Schwerpunkt für mein Modell?“ Den Schwerpunkt muß man beim Fliegen erfühlen. Nachstehend dazu einige Tipps:

Du fliegst wieder in „Normalfluglage“ (siehe oben) gegen den Wind. Rolle das Flugzeug in den Rückenflug und schaue, wie es sich verhält und wie es sich anfühlt. Ging die Flugzeugschnauze während der halben Rolle stark nach unten? Muss viel Tiefenruder gegeben werden, um den waagrechten Geradeausflug zu halten? Versuche, aus der Höhe zu Trudeln – wie war der Trudelbeginn? War ein richtiger Strömungsabriß sichtbar? In den drei hier genannten Fällen sollte der Schwerpunkt weiter zurückgelegt werden.

Hier noch einige Anzeichen, wenn der Schwerpunkt zu weit rückwärts gewählt wurde – vielleicht ist dies einfacher zu beobachten:

- Das Flugzeug „pumpt“, d.h. Flugzeugnase nach oben, dann nach unten, usw. zeigt;
- Man das Gefühl hat, man müsste mit Tiefenruder das Flugzeug auf Spur halten, wenn man die Flugeschwindigkeit verringert;
- Bei der Snap-Rolle fliegt das Flugzeug eine „Tonnenrolle“;
- Das Modell ist auf HR sehr sensitiv und zeigt beim Überziehen ein nicht vorhersehbares Verhalten;
- Modell steigt bei einer 45-Grad Flugbahn im Rückenflug.

Verändere den Schwerpunkt in kleinen Schritten und teste nach jeder Änderung. Gehe erst dann zum nächsten Punkt des Einfliegens weiter, wenn du mit den Ergebnissen im Normalflug und im Rückenflug zufrieden bist. Später wird noch einmal bei den Punkten „Querruder-Differenzierung“ und „Messerflug-Tracking“ die Schwerpunktlage überprüft.

Nun geht es weiter mit der dynamischen Balance. Dies ist eine Kontrolle, ob einer der Flügel im Flug schwerer ist und das Flugzeug nach einer Seite wegdrehen lässt. Im Flug sieht es so aus, als würde man ständig leicht Querruder (QR) geben.

☐ Horizontaler Rückenflug bei „Normalfluglage“. QR und SR absolut neutral.

Längsachsenbalance	Beobachtung	Ursache / Abhilfe / Einstellung
	Modell dreht sich aus der Rückenfluglage und hebt linken Flügel	☐ Gewicht am Randbogen des linken Flügels anbringen
	Modell dreht sich aus der Rückenfluglage und hebt rechten Flügel	☐ Gewicht am Randbogen des rechten Flügels anbringen

Anmerkungen:

- In diesem Test werden die dynamischen Kräfte um die Längsachse ausbalanciert (z. B. drückt die Propeller-Wirbelschleppe auf das Seitenleitwerk und das Motor-Drehmoment macht sich bemerkbar).
- Feinabstimmung: Fliege aus Normalfluglage einen gezogenen Looping mit ca. 50m Durchmesser. Dabei das

Gas auch in der Abwärtspassage stehen lassen, damit beim Abfangen eine ordentliche g-Belastung auftritt. Lässt das Modell nach dem Looping den rechten Flügel hängen □ Ausschlag HR-Blatt rechts größer als links? Gewicht am Randbogen des linken Flügels anbringen.

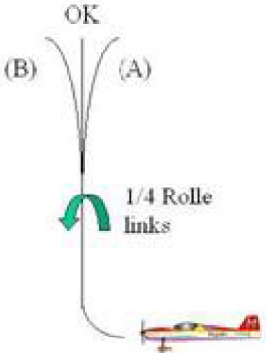
Nun kommt der dynamische Balance-Test bei höheren g-Lasten. Fliege aus größerer Höhe mehr als 3 sec im Leerlauf senkrecht abwärts und ziehe mit einer engen Kurve in die Horizontale (Achtung: Vorher müssen die Flächen wirklich gerade ausgerichtet sein!). Beobachte, ob die Fläche nach dem Abfangmanöver immer noch waagrecht ausgerichtet ist, oder ob eine Fläche hängt.

Teste auch einen engen Looping aus der Rückenfluglage. Wenn sich nun die Flugbahn in die entgegengesetzte Richtung wie in den Tests vorher verändert (z. B. jetzt nach links, während sich vorher die Flugbahn nach rechts veränderte), dann ist definitiv eine Flügelhälfte schwerer. (□ Korrektur mit Blei im Flügel oder beim HR-Ausschlag eines Blattes).

3. Motorzugachse

Man hört und liest sehr verschiedene Ideen, wie sich die Fehlersymptome äußern und wie man sie beheben kann – aber einfach dargestellt, hängt das Modell im senkrechten Steigflug nur am Propeller und die Kraftzugachse des Motors (□ Motorseitenzug und Motorsturz) kontrolliert den senkrechten Flug. Fliegt das Modell nach rechts oder links oder Richtung Kabinenhaube oder Fahrwerk?

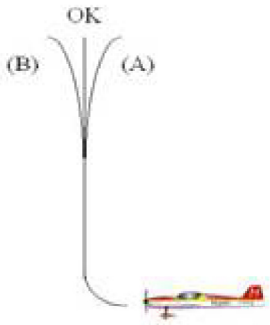
□ Anflug seitlich aus 20m Höhe in „Normalfluglage“; Flügel waagrecht – ziehe in den senkrechten Steigflug. 1/4 Rolle nach links, Modell ausrichten und zum weiteren Steigflug soviel Gas wie nötig nachschieben.

Motorseitenzug	Beobachtung	Ursache / Abhilfe / Einstellung
	(A) – Flugbahn aufwärts nach rechts	□ Motorseitenzug reduzieren
	(B) – Flugbahn aufwärts nach links	□ Motorseitenzug vergrößern

Anmerkungen:

- Den Seitenzug so lange mechanisch korrigieren, bis das Modell bei Vollgas senkrecht steigt.
- Diese Abstimmungen sind zu wiederholen, wenn man die Propellergröße (Durchmesser und Steigung) ändert. Eine Veränderung von 2-Blatt zu 3-Blatt Prop verlangt auch größeren Motorseitenzug.
- **Sollte das Modell bereits im Übergangsbogen aus der ursprünglichen Richtung drehen**, dann prüfe auf unterschiedliche HR-Ausschläge oder nicht-synchrone Bewegung der 2 HR-Servos/Asymmetrie/Gewichtsunterschiede der Flächenhälften/unterschiedliche Trägheitsmomente der Flächenhälften (□ einseitig Blei zugeben)/Gestänge-Elastizität.
- Hier eine Hilfe des australischen F3A-Meisters Paul Goldsmith: Wenn das Modell erst nach 200m senkrechtem Steigflug eine Flugbahnabweichung zeigt, benutze erstmal SR-Trimming. Messe diesen SR-Trimmausschlag in Winkelgrade, teile den Wert durch 2 und stelle entsprechend soviel Motorseitenzug am Motorträger ein. Beispiel: Eine SR-Trimming von 2 Grad benötigt eine Motorseitenzugkorrektur von 1 Grad.

□ Anflug wie bei Test „Motorseitenzug“, aber ohne 1/4 Rolle.

Motorsturz	Beobachtung	Ursache / Abhilfe / Einstellung
	(A) – Flugbahn zum Cockpit hin	☐ Motorsturz vergrößern
	(B) – Flugbahn zu den Rädern hin	☐ Motorsturz reduzieren

Anmerkungen:

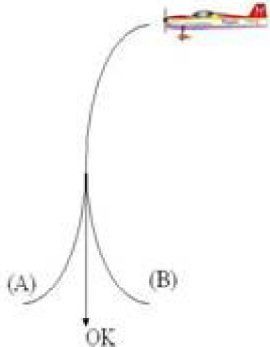
- Den Motorsturz so lange mechanisch korrigieren, bis das Flugzeug senkrecht steigt - erst dann die Tests beenden.
- Weiterer Check: Im Horizontalflug schlagartig das Gas rausnehmen – Modell sollte die Flugbahn beibehalten und nur leicht sinken.

Höre mit den Justagen erst dann auf, wenn das Flugmodell 300m ohne Flugbahnabweichung senkrecht nach oben steigt.

4. Einstellwinkeldifferenz (EWD)

Sobald das Modell einen senkrechten Steigflug ohne Abweichungen von der Ideallinie fliegt, ist es an der Zeit, den senkrechten Sturzflug einzustellen. Aus einer Höhe von 300 bis 500m fliegen wir senkrecht nach unten und beobachten, ob sich die Flugbahn zum Cockpit oder zum Fahrwerk hin ändert. Da hier der Motor im Leerlauf betrieben wird, wirken sich im Wesentlichen nur die Schwerpunktlage und die EWD aus. Test mehrfach fliegen, auch aus verschiedenen Flugrichtungen.

☐ Anflug in „Normalfluglage“ aus 300-500m Höhe; Flügel waagrecht; Motor-Leerlauf – drücke in senkrechten Sturzflug.

EWD-Trim	Beobachtung	Ursache / Abhilfe / Einstellung
	(A) - Flugbahn zum Cockpit hin	☐ Reduziere Flügel-Einstellwinkel, ☐ oder vergrößere HLW-Einstellwinkel, ☐ oder CG weiter vorverlagern, ☐ oder HR-Tiefe einmischen (ein paar % sind normal).
	(B) – Flugbahn zu den Rädern hin	☐ Vergrößere Flügel-Einstellwinkel, ☐ oder reduziere HLW-Einstellwinkel, ☐ oder CG weiter zurückverlagern oder HR-Ziehen einmischen.

Anmerkungen:

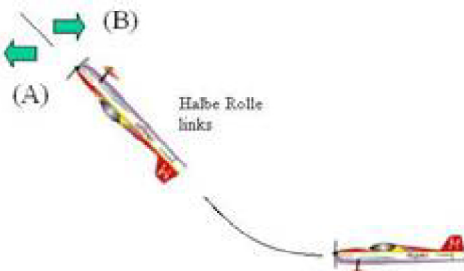
- Vor den Tests kann man einen Sendermixer „Motorleerlauf > HR-Tiefe (1%)“ bei Offset 66% (= 1/4 Gas) vorbereiten und dann in den Tests die %-Zahl verändern.

- In diesem Manöver wird die Flugbahn nur durch die EWD beeinflusst (nicht durch Motorzugachse, da Motor im Leerlauf - und auch nicht durch ein Moment bzgl. Schwerpunkt und Auftriebsangriffspunkt).
- Mit dem justierten Sendertrim wird das Modell im Geradeausflug leicht steigen oder sinken – jetzt nicht beachten!

5. Querruder-Differenzierung

Jedes mal, wenn das Flugzeug rollt, erzeugt das nach unten ausschlagende QR mehr Widerstand als das nach oben ausschlagende QR. Bei modernen Kunstflugmaschinen mit symmetrischen Flügelprofilen ergibt sich dabei nur eine sehr kleine Kräfteungleichheit. Der größere Widerstand am nach unten ausschlagenden QR bewirkt, dass sich das Flugzeug um die Hochachse bewegt. So passiert es, dass das Flugzeug nach links giert, während man nach rechts rollt. Dies ergibt eine „eiernde“ Rolle – Ziel aber ist es, eine Rolle, „wie an der Schnur gezogen“ zu fliegen – und das nicht nur waagrecht, sondern auch senkrecht aufwärts oder abwärts.

□ Anflug in Normalfluglage „über den Kopf“ in 20m Höhe – ziehe dann in einen 45°-Steigflug mit direkter Blickrichtung auf das Leitwerk. Mache dann eine ½ Linksrolle **mit vollem QR-Ausschlag** und beobachte die Flugbahn.

QR-Differenzierung	Beobachtung	Ursache / Abhilfe / Einstellung
	(A1) Flugbahnabweichung in Richtung des Rollkommandos (also nach links)	□ QR-Ausschlag nach unten zurücknehmen und/oder nach oben vergrößern (= Differenzierung vergrößern)
	(A2) Modell macht „Schulterwurf“ auf die Kabine.	□ QR-Ausschläge einseitig verändern: nach unten (rechter Flügel) zurücknehmen und nach oben (linker Flügel) vergrößern.
	(B) Flugbahnabweichung entgegengesetzt der Richtung des Rollkommandos (also nach rechts)	□ QR-Ausschlag nach oben zurücknehmen und/oder nach unten vergrößern (= Differenzierung verringern) – dies kann vor allem bei oben angeschlagenen QR passieren.

Anmerkungen:

- Teste die QR-Differenzierung auch mittels Rollen im Geradeausflug:
Fliege in Normalfluglage in ca. 50m Höhe bei 50-75% Gas horizontal von rechts nach links an. Fliege hintereinander drei Rechtsrollen, die zusammen ca. 6 bis 9s dauern. Hebt es den Flieger beim Rollen in Richtung des Ausschlags aus, so braucht er Differenzierung in diese Richtung, weil das nach unten ausschlagende Querruder zu viel Auftrieb bringt. Taucht er gegen den Ausschlag ab, bringt das nach oben laufende Querruder zu viel Abtrieb und muss ausschlagsmäßig reduziert werden.
- Teste die QR-Differenzierung auch im senkrechten Steig- und Sturzflug:
Wird das Modell nach links versetzt, dann links mehr Querruderausschlag nach oben geben; wird das Modell nach rechts versetzt, dann rechts mehr Querruderausschlag nach unten geben.

Nach einer Änderung der QR-Differenzierung ist die HR-Trimmlung neu zu erfliegen, da die EWD und der Motorsturz auch darauf Einfluss haben!

Kopple dieses Flugmanöver (45°-Steigflug, ½ Rolle) gleich mit einer **Überprüfung der Schwerpunktlage für nicht 3-D Modelle**. Fliege hierzu nach der halben Rolle im Rückenflug den 45°-Steigflug weiter und beobachte,

wie viel Tiefenruder gebraucht wird. Bei nur „etwas Tiefenruder“ zur Aufrechterhaltung des 45°-Fluges ist die CG-Lage in Ordnung. Falls „mehr Tiefenruder“ benötigt wird, sollte der Schwerpunkt weiter zurückverlegt werden (Achtung: immer nur mit kleinen Schritten arbeiten, z.B. 5mm, und dann erst wieder testen!).

6. Messerflug-Kopplungen

Fast alle Kunstflugmaschinen zeigen ein gewisses Koppeln von Gieren um die Hochachse, Nicken (engl. Pitch) um die Querachse und Rollen um die Längsachse. Flugzeuge, wie z. B. die CAP 232 oder die Extra 300S, zeigen bei SR-Einsatz eine Flugbahnveränderung Richtung Fahrwerk, während einige Mitteldecker, wie beispielsweise die Extra 260 oder die Edge 540, eine Flugbahnveränderung Richtung Kanzel zeigen. Es kann (aber muss nicht) gleichzeitig auch zu Rollkopplungen kommen.

Wir werden versuchen, diese Kopplungen über Sendermischer bestmöglich zu eliminieren – und tun dies für unsere „normale Marschgeschwindigkeit“, also ca. 50-70% Vollgas. **Unbedingte Voraussetzung ist, daß die Schwerpunktlage schon richtig erflogen und justiert wurde.**

Für die Testflüge wird das Modell in den Messerflug gerollt und mit dem Seitenruder die Flughöhe gehalten. Versuche dabei, die Flugbahn mit dem Höhenruder gerade (hier links/rechts) zu halten. Merke Dir ungefähr, wie viel Seitenruder und Höhenruder-Knüppelausschlag gebraucht werden. Programme dann einen Mixer SR □ HR für die eine Seite des SR-Ausschlags. Starte mit 10% Mixanteil asymmetrisch und teste, ob das zu wenig oder zu viel war. Wenn zuviel, dann halbieren auf 5% - wenn zu wenig, dann vergrößern auf 15%, und so weiter. Wenn der richtige Wert erflogen ist, teste und programmiere die andere Seite des SR-Ausschlags. Der Offset des Mixers liegt dabei in der SR-Knüppelmittelstellung. Da die Mixanteile nicht linear sind, benutze ich bei der mc-24 einen Kurven-Mixer und setze zuerst die Endpunkte für SR-Knüppel links bzw. rechts. Danach werden aus diesen drei Punkten auf jeweils halbem Weg (also ½ SR-Ausschlag links bzw. rechts) noch Mixpunkte gesetzt und erflogen, so dass wir jetzt eine 5-Punkt Kurve erhalten.

Nachdem das geschafft ist, wird ein ähnlicher Mixer SR □ QR (in diesem Fall kann es ruhig ein Linear-Mixer sein) programmiert, um das Rollen im Seitenrudereinsatz zu kompensieren. Starte hier mit 5% Mixanteil und halbiere gegebenenfalls bzw. vergrößere auf 8%, und so weiter.

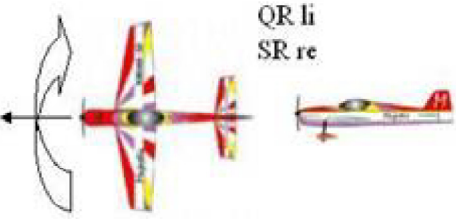
□ Fliege in ca. 50m Höhe bei 50-75% Gas aus der horizontalen Normalfluglage in die Messerfluglage (QR links – SR rechts) und halte die Höhe mit dem Seitenruder. Bei Problemen sofort mit einer ¼ Rolle zurück in die Normalfluglage!

Messerflug-Tracking	Beobachtung	Ursache / Abhilfe / Einstellung
	(C) Modell pitched zu den Rädern (geht auf Tief)	□ Modell ist noch etwas schwanzlastig, d.h. CG weiter nach vorn verlagern. □ Mixer 2...10% „SR re □ HR-Höhe“; falls Mixeranteil > 15% nötig, dann Flächenanstellwinkel verkleinern.
	(D) Modell pitched zur Kanzel	□ Modell ist noch etwas kopplastig, d.h. CG weiter zurück versetzen. □ Mixer 2...10% „SR re □ HR-Tiefe“; falls Mixeranteil > 15% nötig, dann Flächenanstellwinkel

vergrößern oder HLW tiefer legen
(☐ Anhedral wie Curare).

Anmerkungen:

- Fliege den Test auch auf der anderen Seite (QR rechts – SR links halten) und setze die Mixer entsprechend auf der anderen Seite der SR 0-0 Linie.
- Wenn Modell auf „tief“ geht (zu den Rädern hin) könnte auch das HLW zu hoch in Bezug auf die Flächenlinie sein!
- Wenn es in beiden Tests nach (C) pitched, dann beide QR 0-0 Position um zwei Umdrehungen nach oben stellen (Up-trim). Wenn es in beiden Tests nach (D) pitched, dann beide QR 0-0 Position um zwei Umdrehungen nach unten stellen.

Messerflug-Rolltendenz Und V-Form Tragfläche	Beobachtung	Ursache / Abhilfe / Einstellung
	Zurückdrehen in Normalfluglage (d.h. bei QR links – Rolltendenz nach rechts)	☐ V-Form reduzieren. ☐ Linearmixer 1...5% „SR rechts ☐ QR links“.
	Weiterdrehen in die gegebene Rollrichtung (d.h. bei QR links – Rolltendenz nach links)	☐ V-Form vergrößern. ☐ Linearmixer 1...5% „SR rechts ☐ QR rechts“.

Anmerkungen:

- Fliege den Test auch auf der anderen Seite (QR rechts – SR links halten) und setze die Mixer entsprechend auf der anderen Seite der SR 0-0 Linie.
- 2. Test für Überprüfung der V-Form: Geradeausflug mit Vollgas gegen den Wind, dann SR-Ausschlag – wenn Rolltendenz in SR-Ausschlagsrichtung, dann ist die V-Form zu groß.

7. Motor-Leerlauf

Ja, da liest Du richtig. Die Motor-Gaseinstellung ist für einen ruhigen Flug genauso wichtig, wie die anderen Justagen. Ich benutze an meiner mc-24 die Kanal-1 Kurve (oder Gaskurve), um die Motorreaktion auf meine Knüppelveränderungen so linear wie möglich zu machen. Mit jedem Klick des Gasknüppels Richtung Vollgas möchte ich eine Drehzahländerung hören. Die meisten Verbrennungsmotoren haben eine nichtlineare Vergaserkennlinie – und dazu kommt noch, dass sich Methanoler anders verhalten als Benziner und 2-Takter anders als 4-Takter. Einige Typen scheinen die größte Leistung in den ersten 50% der Vergaserstellung (also zwischen Leerlauf und Halbgas) zu entwickeln – dieses erfordert als Kanal-1 Kurve anstatt einer 45°-Linearität (0=Leerlauf; 1/2 Knüppel = Halbe Vollgasdrehzahl) eine flache Kurve zwischen Leerlauf und 1/3 Gas, die dann später steiler ansteigt. Der OS FS120 SP Super Charger z.B. verlangt aber ein steiles Ansteigen der Kurve im unteren Drehzahlbereich. Zu Anpassung der entsprechenden Werte benötigt es etwas Einstellarbeit mit laufendem Motor.

Als Startwerte für die Einstellungen möchte ich hier Werte der mc-24 angeben (Leerlauf ist bei Knüppelstellung -100% mit einem Output von -100% bis hin zu Vollgas mit Knüppelstellung +100% und einem Output von +100%).

- Methanoler 2-Takter wie OS 91 Fx oder OS 140 Rx

- Kurvenpunkt bei Input -25% (zwischen ¼ und ½ Gas): Output = -16%
- Kurvenpunkt bei Input +25% (zwischen ½ und ¾ Gas): Output = +32%
- Methanoler 4-Takter wie OS FS120 SP
 - Kurvenpunkt bei Input -50% (= ¼ Gas): Output = 0

Wer keinen eigenen Gasmixer im Sender hat, kann entweder eine negative Expo auf den Gaskanal konfigurieren oder einen Kurvenmischer Gas □ Gas setzen.

8. Gaskopplungen auf QR und/oder SR

Einige Modelle zeigen Kopplungen von Gas auf Querruder (QR) und/oder Seitenruder (SR), da meistens die betroffenen Flugzeugachsen „Längsachse“ (= Rollen) und „Hochachse“ (= Gieren) für die Marschgeschwindigkeit (siehe 1. Erste Flüge) eingetrimmt sind. Beide betroffenen Modellachsen haben einen sehr starken Einfluß auf Flugbahnabweichungen über die Höhe der virtuellen Flugraumbox – bereits ein Gierfehler von 3 Grad macht über die Flugboxhöhe von ca. 250 m bereits eine Drift von 13 m aus!

Teste zuerst die Längsachse - teste beide Versionen:

- Steige in große Höhe, so daß Du ca. 500 m nach unten hast. Gehe dann genau gegen den Wind in einen senkrechten Abwärtsflug bei Motorleerlauf so daß Du das Flugmodell von der Seite siehst und beobachte sehr genau, ob Dein Modell dabei etwas rollt - viele Kunstflugmodelle rollen dabei etwas nach rechts. Setze zur Kompensation einen Kurvenmischer von GAS □ QR (links) mit einem Offsetpunkt bei Marschgeschwindigkeit (ca. 70% Gas). Jetzt hast Du eine Gerade zwischen Offsetpunkt und Endpunkt (Leerlauf). Teste später noch ein oder zwei Zwischenpunkte des Kurvenmischers.
- Die zweite Version ist, beim waagrechten Überflug gegen den Wind schlagartig auf Leerlauf zu drosseln und zu beobachten, ob das Modell etwas rollt.

Teste anschließend die Hochachse. Führe die gleichen beiden Tests von oben aus (diesmal so, dass Du genau auf die Flügeloberseite siehst) und beobachte dabei die Gierachse - viele Kunstflugmodelle gieren bei Leerlauf etwas nach links. Du kannst auch mit der „Figur 9“ oder einer „stehenden 8“ testen. Setze zur Kompensation einen Linearmischer von GAS↗SR (rechts) mit einem Offsetpunkt bei Marschgeschwindigkeit (ca. 70% Gas).

9. Ruderausschläge und Trimm-Reduzierungen

Falls nicht schon während des bisherigen Einfliegens die Ruderausschläge angepasst wurden, ist es nun nötig, dies vor Abschluss des Einfliegens durchzuführen. Rollen, Loopings, Turns und Snaps fliegen, beobachten und justieren.

Steuerausschläge	Beobachtung	Ursache / Abhilfe / Einstellung
	Querruder	Normal: 3 Rollen in 3-4 sec (bei vollem Knüppelausschlag). Snap: Mechanisch max. möglicher Ruderausschlag. Landung: QR 9 Grad hoch stellen (entspr. 50-60%) und leicht HR-Tiefe (ca. 10%) beimischen.
	Höhenruder	Übergangsbogen vom Horizontal- in den Steigflug mit ca. 25m Radius bei 70-80%

		Knüppelausschlag. Spins sollen gut abreißen.
	Seitenruder	Normal: Horizontaler Messerflug bei etwa 75% Knüppelausschlag. Ruderausschlag rechts > als links (ca. 5mm) ! Turns: Mechanisch max. möglicher Ruderausschlag.

Nach dem Einfliegen und Eintrimmen des Modellflugzeuges ist es sinnvoll, die Trimmwege für HR und QR auf z. B. 50% zu reduzieren (mc-24 Code31). Dadurch wird ein „Übertrimmen“ vermieden und das Modell reagiert wesentlich weicher auf eine Verstellung der Trimmhebel.

10. Andere Tipps und Tricks (zum Ausprobieren)

Die hier beschriebenen Kniffe sind leichte Modifikationen der oben beschriebenen Einstellungen, die ich als „persönliche Präferenz“ benutze:

- **Tiefenruder Dual Rate (D/R) und Expo**

Ich habe ein besseres Gefühl, wenn ich für Außenloopings den Senderknüppel nicht so weit drücken muss wie beim Ziehen von Innenloopings. Dafür stelle ich 5% mehr Tiefenruderausschlag als Höhenruderausschlag ein. Für Tiefenruder nehme ich auch 5% weniger Expo.

- **Querruder-Einstellungen für Rollen**

Für Snap-Rollen werden die mechanischen Maximalausschläge der Querruder benutzt. Für die meisten anderen Kunstflugmanöver benutze ich mittels Dual Rate reduzierte Ausschläge. Für Trudeln, Rollen und Rollenkreise werden in der entsprechenden Flugphase z. B. 30-40% der QR-Maximalausschläge gesetzt. Ja, ich gebe hier Servogenauigkeit auf, erreiche aber dadurch mehr Knüppelweg, um die Rollrate leichter kontrollieren oder stoppen zu können.

- **Justierbares Höhenleitwerk (HLW)**

Hat man ein abnehmbares und einstellbares Höhenleitwerk, kann man zur Korrektur der EWD auch den HR-Einstellwinkel verändern. Ein Faustwert ist: „Benötigte man für den Geradeausflug an den HR-Blättern z. B. 1,5mm Tiefenruder-Trim, so kann man den HLW-Einstellwinkel so verändern, dass die HR-Endkante 1,5mm tiefer liegt und die Sendertrimmung auf 0 gesetzt wird“.

- **Standgas und Leerlaufeinstellung**

Häufig ist es so, dass der heiße Motor nach Ende eines Flugprogrammes eine höhere Leerlaufdrehzahl hat, als beim Start eingestellt war. Ziel ist es jedoch, zur Landung eine niedrige, aber dennoch sichere Leerlaufdrehzahl zu haben. Deshalb wird diese direkt nach der Landung eingestellt (Code 23 ASY-Servoweg) – der Trimmhebel wird dabei aber nicht benutzt, sondern bleibt in Mittelstellung stehen. Zum Abstellen des Motors wird dann der Trimmhebel ganz nach unten gezogen oder ein Gas □ Gas-Mischer für Motor-Aus gesetzt.

Für das Flugprogramm ist aber der „Leerlauf bei Landung“ zu niedrig. Ich behelfe mich hier mit dem Mischen eines Drehpotis (oder Schieberegler) auf den Gaskanal. Bei Knüppelstellung „Leerlauf“ ist das Drehpoti z. B. auf Linksanschlag und der Mixanteil 0% (so kann das Drehpoti die Leerlauf-Trimmung nicht weiter reduzieren). Wird das Drehpoti auf Rechtsanschlag gedreht, wird ein Mixanteil von 10% eingestellt. Nun kann ich für den Start und das Flugprogramm mittels Drehpoti eine etwas höhere und damit sichere Leerlaufdrehzahl einstellen. Für die Landung ist dieser „Standgas-Mixer“ über die Flugphasenumschaltung außer Betrieb.

Einige Kollegen richten sich einen speziellen Mixer für den Turn ein. Dieser bewirkt ein um ca. 3 bis 4 Trimm-Zacken höheres Standgas, damit das Seitenruder noch gut angeblasen wird. Hierzu mischt man z. B.

Gas □ Gas und der Mischanteil bestimmt dann die Standgaserhöhung. Mit einigem Probieren erreicht man dann den richtigen Wert für den Testflug (Kontrolle über Code 92 Servoanzeige).

- **Motor Aus**

Am Ende eines Kunstflugprogramms muss die Landung auf Antrieb passen. Dazu ist es manchmal sinnvoll, beim Einschweben über der Landebahn den Motor abstellen zu können. Ich habe mir hierzu einen Mischer Gas □ Gas konfiguriert, den ich mit einem nicht-rastenden Momentschalter aktiviere. *Achtung: Prüfen, ob es der Vergaser mechanisch zulässt, das Drosselkükken soweit zu drehen, dass die Luftzufuhr ganz geschlossen ist.*

- **Landung**

Zur Reduzierung der Landegeschwindigkeit eines Kunstflugmodells kann man, falls je Querruder ein eigenes Servo eingebaut wurde, beide QR um ca. 9° hochstellen (= Spoilerons mit 50-60% des QR-Wegs). Damit das Modell aber bei ausgefahrenen QR nicht steigt, ist noch Tiefenruder (bei mir ca. 10%) beizumischen. Manche Kollegen kombinieren diese „Landungs-Mixer“ noch mit dem Gasknüppel, d. h. je weiter der Gasknüppel von der Stellung „Halbgas“ in Richtung „Leerlauf“ gebracht wird, um so mehr schlagen die QR nach oben aus (das Tiefenruder entsprechend). Das kann man weiter optimieren, in dem man die „Landungs-Mischerei“ schon bei ca. ¼ Gas fertig hat und im unteren Bereich mit Schleppgas landen kann, ohne dass sich die QR und HR ständig verändern.

- **Flugphasen**

Unterschiedliche Flugmanöver verlangen unterschiedliche Mischer und Servowege/Expos. Wenn man jeden Mixer auf einen eigenen Schalter legt, dann weiß man während des Flugprogramms überhaupt nicht mehr, welcher Mixer gerade aktiv ist und welche Schalter jetzt wie zu bedienen sind. Die Definition von Flugphasen (z. B. Start, Akro, Landung) dienen dazu, dieser Verwirrung vorzubeugen. Eine Flugphase umfasst also eine Reihe von Einstellungen (z. B. Gebereinstellungen, Dual Rate/Expo, welche Mixer aktiviert sind), die gleich sind.

Abschließend möchte ich daran erinnern, dass „Einfliegen“ fast ein kontinuierlicher Prozess ist. Es dauert schon mal 50 bis 70 Flüge, bis alle Abstimmungen zur Zufriedenheit erfolgt sind. Überprüfe dabei auch, ob die Servostellmomente ausreichen und nicht überfordert sind und die Ruderblätter im Flug garnicht auf die gewünschte Position bringen. Nimm Dir die Zeit, um alle Einstellungen sauber und gewissenhaft vorzunehmen und Du wirst dafür mit besseren Flugeigenschaften belohnt werden.

Wenn man nach dem Einfliegen Änderungen vornimmt (z.B. von einem 2-Blatt auf einen 3- oder 4-Blatt Prop umsteigt), dann bitte die Checks von Beginn an überprüfen und ggf. neu justieren.

Im nächsten und letzten Teil dieser Artikelserie werde ich über die Sendermischer informieren, die wir zum Einfliegen brauchen.

Literaturhinweise:

Ich bedanke mich bei den Autoren folgender Quellen:

- RC-Luftakrobatik, Motorkunstflug F3A und F3A-X (Peter Wessels), ISBN 3-7883-1627-6, nv Neckar-Verlag, Villingen-Schwenningen,
- [F3A \(UK\)-Forum](#),
- [NSRCA Trim Chart](#), Michael Chipchase, Australien 1991, www.flightstick.co.za/Files/fs9-trimchart.pdf;
übersetzt von Walter Holzwarth, <http://www.holzwarth-cad.de/htm-modell/index2.htm>
- [Radio Control Scale Aerobatics](#), posted courtesy of Peter Goldsmith & Model Aviation
- [Trimming for Aerobatics](#), Loys Nachtmann
- Artikel zum Einfliegen von Ralph Müller und Lothar Beyer,
- [mc-22/24 Programmierung und mc-22/24 Flugphasenprogrammierung](#), Arno Wetzel.

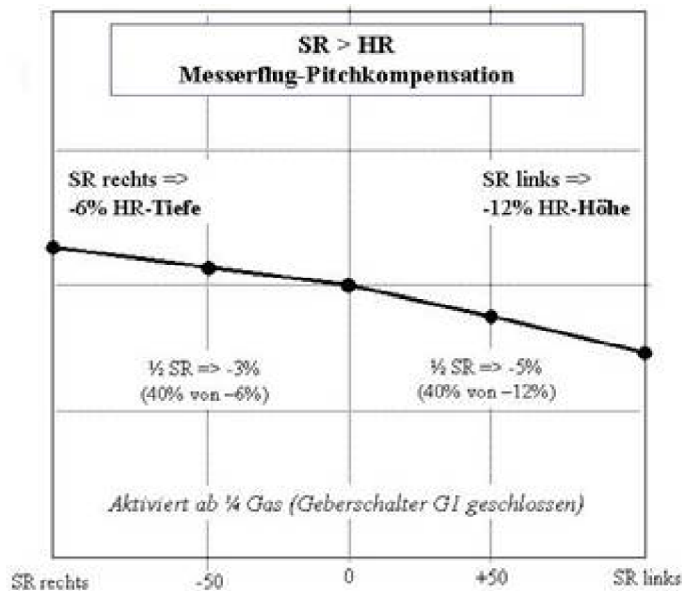
Es ist ganz schön viel geworden, aber das wär's jetzt erst einmal für das Einfliegen auf der Wiese. Jetzt ist also (fast) Schluss mit dem Lesen und nun kommt fliegen, fliegen und nochmals fliegen – und daran denken, waagrecht zu fliegen und nicht mit dem Innenflügel zu Dir hin geneigt!

Happy Landings wünscht Euch Klaus!

Teil 5 – Mischereinstellungen für Kunstflug

Wie schon die vorhergehenden Artikel, soll diese Information dem Anfänger in unserem Hobby den Einstieg erleichtern und meine Erfahrungen weitergeben. Dieses Mal möchte ich Mischer für den F3A-Kunstflug anhand des Graupner-Senders mc-24 zusammenstellen und am Beispiel eines F3A-Modells mit 2-Takt-Methanol-Verbrennungsmotor OS 140Rx erläutern. Der Einsatz der Mischer soll – so gut es geht – ein neutrales Flugverhalten ergeben und z. B. Pitch- und Rollkopplungen im Messerflug (und damit auch in jeder Rolle) eliminieren. Die hier gezeigten Mischereinstellungen orientieren sich an den notwendigen Einstellungen aus Teil 4 „Einfliegen – auf der Wiese“.

1. Messerflug-Pitchkompensation (KurvenMIX9)



Problemstellung: Nach einer 90° Rolle links und Halten mit dem SR rechts, flog das Modell nach links (also zur Kanzel hin). Nach einer 90° Rolle rechts und Halten mit dem SR links, flog das Modell ebenso nach links (also diesmal zum Fahrwerk hin).

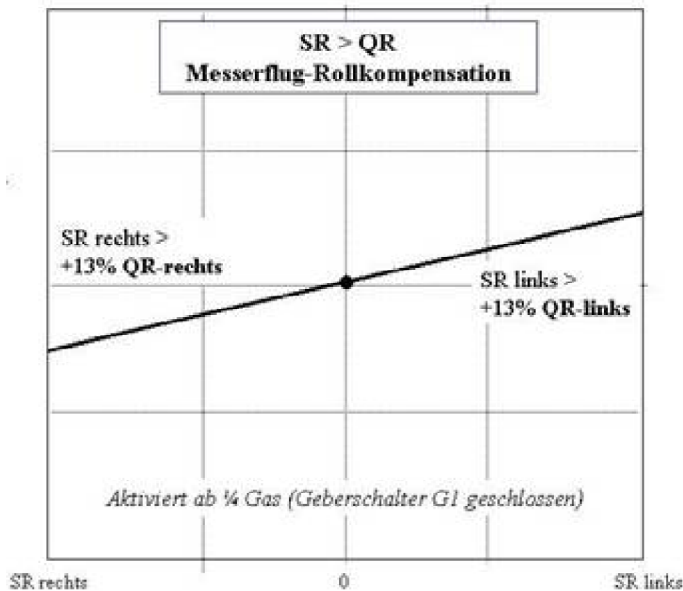
Behebung: Da das Messerflug-Pitchen nichtlinear ist, setze ich in Code 72 „Freie Mischer“ einen Kurvenmischer „KurvenMIX9“ von SR □ HR. Zuerst werden die beiden Endpunkte (SR rechts und SR links) erflogen und danach werden auf halbem SR-Knüppelweg links und rechts neue Mischerpunkte gesetzt und diese dann erflogen. Am Ende wird die Kurvenfunktion eingeschaltet.

Zum Einstellen des Mischanteils z. B. bei SR rechts, den SR Knüppel nach rechts bewegen und mit dem 3D-Rotary Dreheinsteller den Mischanteil einstellen – das gleiche

Verfahren dann mit SR links. Stört Euch bitte nicht daran, dass z. B. SR rechts auf der linken Seite oder HR-Tiefe oberhalb der Null-Linie angezeigt wird, da dies davon abhängig ist, wie in Code 23 die Servodrehrichtung definiert ist. Zum Setzen der Punkte für 1/2 SR rechts oder 1/2 SR links, den SR-Knüppel halb ausschlagen (die senkrechte Linie ist jetzt bei SR – oder +50%) und im Mixermenu STO drücken.

Der Mischer wird ab 1/4 Gas aktiviert (ab 1/4-Gas wird Geberschalter G1 geschlossen), damit die Turns davon nicht beeinträchtigt werden. Hierzu gehe ich nach Code 92 (Servoanzeige) und bewege den Gasknüppel auf ca. 1/4 Gas (Anzeige z. B. +50%). Dann Gasknüppel nicht mehr berühren und nach Code 42 springen. Hier Geberschalter G1 auf Geber 1 setzen und STO drücken. Dann testweise den Gasknüppel von Leerlauf in Richtung Vollgas bewegen und beobachten, ob sich bei 1/4-Gasstellung das Schaltersymbol in Code 42 von „Schalter offen“ nach „Schalter geschlossen“ ändert. Jetzt Gasknüppel auf Vollgasstellung (G1 ist geschlossen) bewegen, nach Code 72 / KurvenMIX9 wechseln und diesem Mischer den Schalter „G1 geschlossen“ zuordnen. Bei Benutzung von Flugphasen bleibt dieser KurvenMIX 9 in allen Flugphasen aktiv.

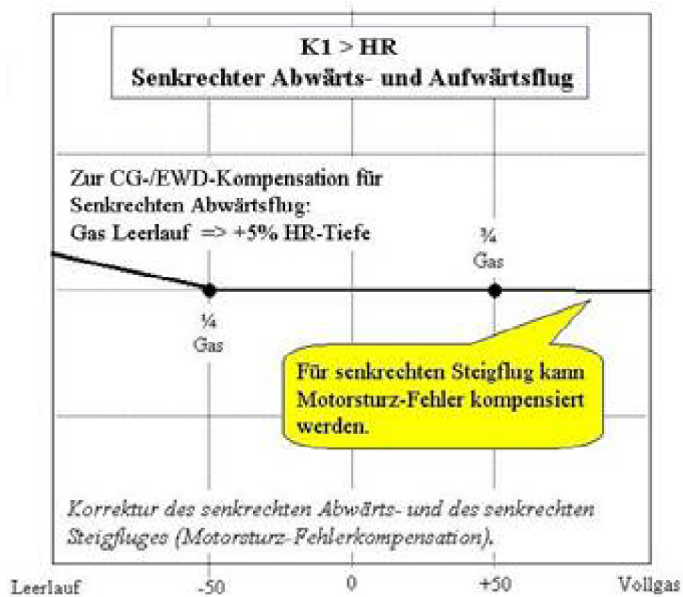
2. Messerflug-Rollkompensation (LinearMIX1)



Problemstellung: Nach einer 90° Rolle links und Halten mit dem SR rechts, rollte das Flugzeug nach links weiter (also in die gleiche Richtung, wie das ursprüngliche Rollkommando). Nach einer 90° Rolle rechts und Halten mit dem SR links, rollte das Flugzeug ebenso in die gleiche Richtung wie das ursprüngliche Rollkommando, also weiter nach rechts.

Behebung: Ich programmiere hier in Code 72 „Freie Mischer“ einen Linearmixer „LinearMIX1“ von SR □ QR, der auch ab 1/4 Gas aktiviert ist (wie das geht, siehe oben – es wird der gleiche Geberschalter G1 benutzt). Durch Testflüge werden die beiden Endpunkte (SR rechts bzw. SR links) des Mixers erfolgen. Bei Benutzung von Flugphasen bleibt dieser LinearMIX1 in allen Flugphasen aktiv.

3. Gerader, senkrechter Abwärts- und Aufwärtsflug (KurvenMIX10)



Problemstellung: Der senkrechte Abwärtsflug (im Motor-Leerlauf) wird im wesentlichen durch die Flugzeuggeometrie, wie z. B. HLW-Einstellwinkel, Einstellwinkeldifferenz und/oder Schwerpunktlage, bestimmt. Falls die Schwerpunktlage schon fast korrekt ist und man keine Justagemöglichkeiten der Flügel- oder HLW-Einstellwinkel (und somit auch der EWD) hat, bleibt einem nur noch der Einsatz eines Mixers. In meinem Fall pitchte das Flugmodell im senkrechten Abwärtsflug zur Kanzel hin, so dass etwas Tiefenruder notwendig war.

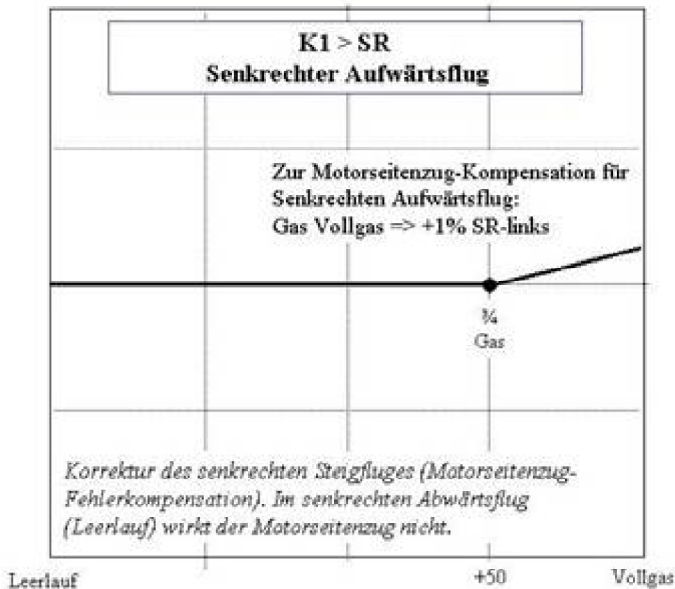
Behebung: Wir konfigurieren in Code 72 „Freie Mischer“ einen Kurvenmischer „KurvenMIX10“ von K1 □ HR, weil wir zwei Offsetpunkte bei 1/4 Gas und 3/4 Gas benötigen. Zur Korrektur des Abwärtsfluges (bei Motor-Leerlauf) benutzen wir nur den Teil des Mixers zwischen Leerlauf

und 1/4 Gas. Dabei mischen wir soviel Höhenruder (meist Tiefe) rein, dass sich ein senkrechter Abwärtsflug ergibt, ohne dass das Flugmodell zur Kanzel oder zum Fahrwerk hin pitcht.

Der zweite Teil des Mixers ist als „Nothilfe auf der Wiese“ für einen fehlerhaften Motorsturz gedacht, bis dieser im Keller mechanisch korrigiert ist. Dieser Mischerei von 3/4-Gas bis Vollgas ist für den senkrechten Steigflug bei Vollgas gedacht.

Bei Benutzung von Flugphasen bleibt dieser KurvenMIX10 mit Ausnahme der Phase „Landung“ in allen Flugphasen aktiv.

4. Senkrechter Steigflug mit SR (LinearMIX2)



Problemstellung: Beim Einfliegen eines neuen Flugmodells kann es sein, dass der Motorseitenzug zwar nach Vorgabe eingestellt und überprüft wurde, dass aber im realen Flugbetrieb (z. B. durch Benutzung eines Propellers mit anderer Steigung oder Blattzahl) der Seitenzug für einen senkrechten Steigflug bei Vollgas korrigiert werden muss. In meinem Fall war der eingestellte Seitenzug zu groß und das Flugmodell zog leicht nach rechts.

Behebung: Ich konfiguriere in Code 72 „Freie Mischer“ als „Nothilfe“ einen Linearmischer LinearMIX2 von K1 □ SR, der seinen Offsetpunkt bei 3/4 Gas hat. Zur Korrektur des senkrechten Steigfluges bei Vollgas ist der Mischer im Bereich 3/4 Gas bis Vollgas wirksam. Nach den Testflügen kann dann in aller Ruhe der Motorseitenzug im Bastelkeller mechanisch korrigiert und der Mixer

deaktiviert werden. Dieser Mischer ist in der Testphase – mit Ausnahme der Flugphase „Landung“ – aktiv; er könnte aber auch immer aktiv bleiben, denn welcher Pilot landet schon mit mehr als 3/4 Gas?

5. Spoilerons zum Landen (LinearMIX3)

Problemstellung: Zur Reduzierung der Landegeschwindigkeit eines Kunstflugmodells kann man – falls je Seite ein eigenes QR-Servo eingebaut wurde – beide QR hochstellen (= Spoilerons). Beim Sender mc-24 ist das die Mischeransteuerung des Kanals 5.

Behebung: Ich stelle hier 2 Lösungsvorschläge vor:

- Automatisches Hochstellen der QR bei Aktivierung der Flugphase „Landung“
- Hochstellen der QR bei Betätigung eines Schalters oder eines Geberschalters.

Zur Landung fahre ich bei Bedarf (z. B. bei Windstille) beide Querruder um 9° nach oben. Für das Einstellen werden diese 9° mittels der Rudertiefe in Millimeter umgerechnet – dann wird der QR-Ausschlag über den Mischanteil eingestellt. Hierzu noch einmal die Formeln aus Teil 2 „Einfliegen im Keller“:

- für Taschenrechnerbenutzer:

$$\text{Ruderausschlag [mm]} = \tan(\text{Ausschlagswinkel in Grad}) \cdot \text{Rudertiefe [mm]}$$
- für näherungsweise Bestimmung:

$$\text{Ruderausschlag [mm]} = 0,0175 \cdot \text{Ausschlagswinkel [Grad]} \cdot \text{Rudertiefe [mm]}$$

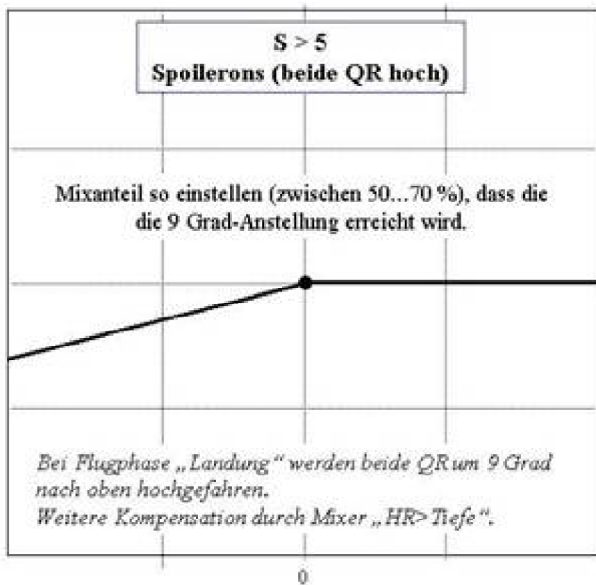
Beispiel:

Gegeben ist ein QR mit einer Rudertiefe außen von 70 mm. Für einen Ausschlag von 9° soll der Ausschlag in mm berechnet werden.

Taschenrechner: $\text{Ausschlag [mm]} = \tan(9) \cdot 70 = 0,15838 \cdot 70 = 11,087 \Rightarrow 11 \text{ mm}$

Überschlägig: $\text{Ausschlag [mm]} = 0,0175 \cdot 9 \cdot 70 = 11,025 \Rightarrow 11 \text{ mm}$

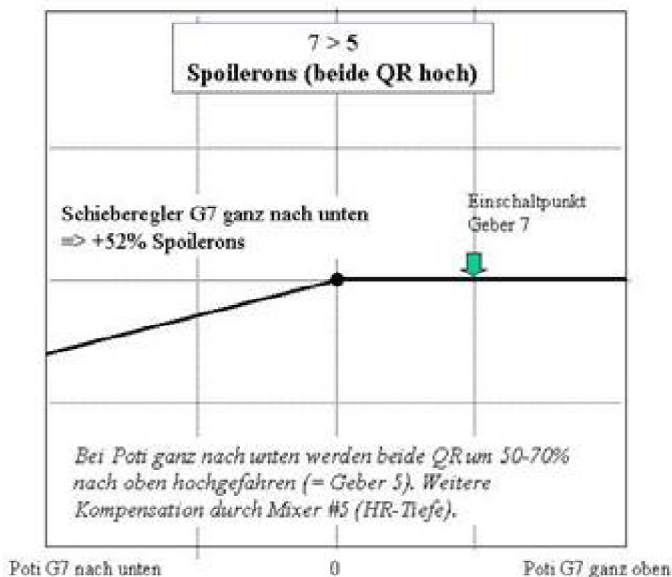
(a) Automatisches Hochstellen der QR in der Flugphase „Landung“



Am einfachsten ist das Hochstellen der Querruder bei Betätigung eines Schalters am Sender oder bei Benutzung von Flugphasen in der Stellung „Landung“. Ich konfiguriere dazu in Code 72 „Freie Mischer“ einen Linearmischer LinearMIX3 von $S \square 5$, der seinen Offsetpunkt bei 0 hat. Der Mischanteil ist asymmetrisch 50% bis 60% (soviel, bis der QR-Ausschlag in Millimeter erreicht ist).

Anmerkung: Sollte es bei der Mischereinstellung Probleme mit dem Schaltkanal S geben, dann Mischer zuerst auf $K1 \square 5$ konfigurieren und später K1 durch S ersetzen.

(b) Hochstellen der QR bei Betätigung eines Geberschalters.



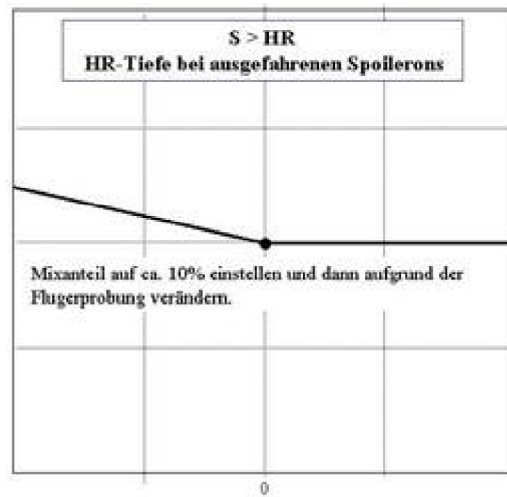
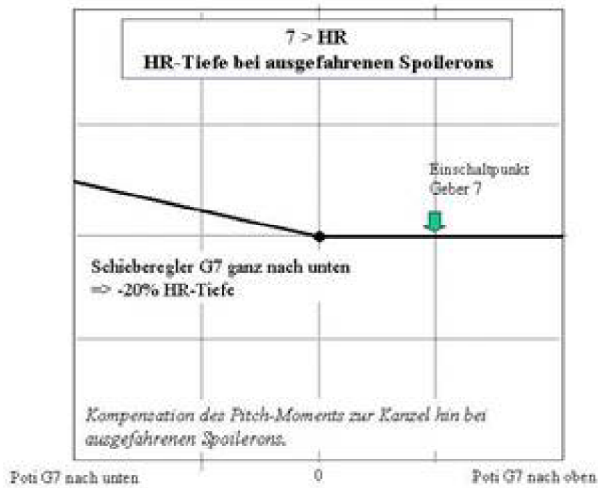
Bei einem meiner Modelle habe ich die 3 Flugphasen „Akro, Start, Slow Roll“ belegt und keine eigene Flugphase „Landung“ mehr zur Verfügung. Zum Hochstellen der Querruder benutze ich dann am mc-24 Sender das freie, rechte Schiebepoti und konfiguriere es als logischen Schalter, um mit dem rechten Daumen die Spoilerons zu aktivieren. Ab $\frac{1}{4}$ des Wegs des Linearpotis wird der Geberschalter G7 geschlossen. Zum Setzen des Geberschalters, das G7 Schiebepoti $\frac{1}{4}$ Weg (= 50%) stellen, mittels Code 92 Servoanzeige kontrollieren, dann in Code 42 G7 STO drücken und die Laufrichtung kontrollieren: G7 schließt bei größer als $\frac{1}{4}$ Weg). Die Stellung des Schiebereglers (Geber 7) bestimmt den Mischanteil der Querruder. Bei der Landung schiebe ich das Linearpoti einfach nur in die untere Endlage, dann weiß ich, dass G7 geschlossen, der Linearmischer aktiviert ist und die QR um 9° hochgestellt sind.

Dieser Mischer ist nur in einer von 3 Flugphasen (bei mir „Slow Roll“) und bei „Geberschalter 7 geschlossen“ aktiv.

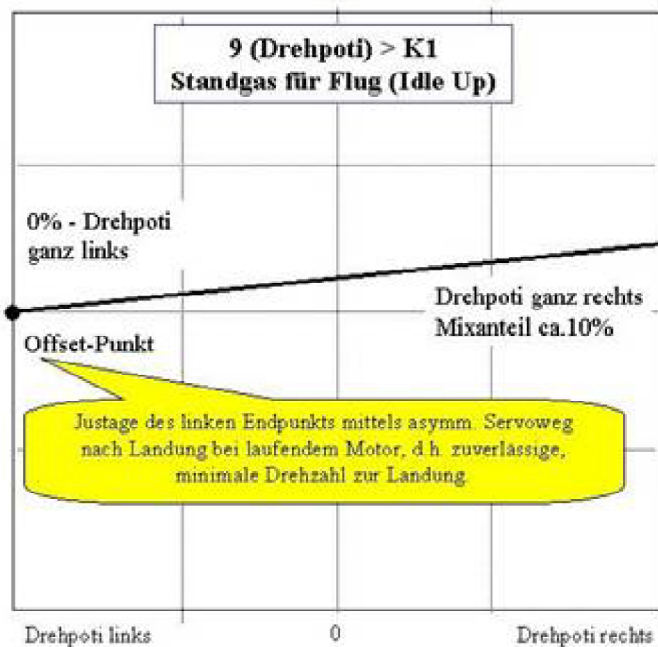
6. HR-Kompensation bei Spoilerons (LinearMIX4)

Problemstellung: Das Hochfahren der Querruder erzeugt im Flug ein Moment, wodurch das Modell die Nase nach oben nimmt.

Behebung: Beim Ausfahren der Spoilerons mische ich Tiefenruder auf das Höhenleitwerk. Die Erfahrung hat gezeigt, dass für 9° Spoilerons ca. 15% bis 20% Tiefenruder notwendig sind (im Testflug ausprobieren und justieren!). Auch dieser Mischer ist NUR dann aktiv, wenn auch LinearMIX3 (Spoilerons) aktiviert ist. Wie oben, unter „Spoilerons zum Landen“, biete ich auch hier zwei Lösungsvorschläge an: (a) mittels Flugphasenschalter oder (b) mittels Geberschalter G7. Ich konfiguriere dazu in Code 72 „Freie Mischer“ einen Linearmischer LinearMIX4 von $S \square HR$, der seinen Offsetpunkt bei 0 hat. Der Mischanteil ist asymmetrisch 10% bis 20%.



7. Motor Standgaserhöhung (LinearMIX5)

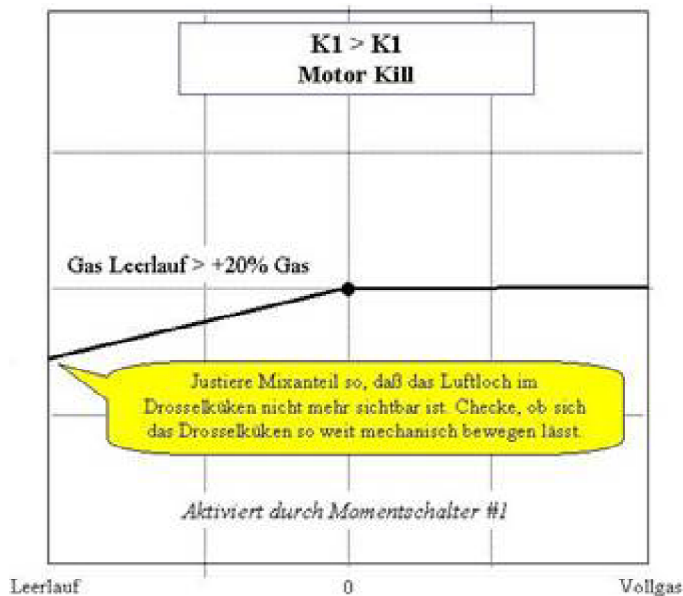


Problemstellung: Häufig ist es so, dass der warme Motor nach Ende eines Flugprogramm eine höhere Leerlaufdrehzahl hat, als beim Start eingestellt war. Ziel ist es aber, das Flugprogramm mit einer geeigneten, sicheren Leerlaufdrehzahl zu absolvieren und dann mit einer niedrigen, aber ebenso sicheren Drehzahl zu landen.

Behebung: Der Trimmhebel für die Leerlauftrimmung steht bei mir immer in der reproduzierbaren, weil gerasteten Mittelstellung. Die für die Landung gewünschte Leerlaufdrehzahl wird direkt nach der Landung mittels des asymmetrischen Servowegs eingestellt. Zum Ausschalten des Motors kann der Trimmhebel dann ganz nach unten gezogen werden. Für das Flugprogramm benutze ich eine etwas höhere Leerlaufdrehzahl, bei welcher auch der kalte Motor einwandfrei läuft. Diese neue Leerlaufdrehzahl wird mit Hilfe eines Mixers eingestellt. Ich konfiguriere in Code 72 „Freie Mischer“ einen Linearmischer LinearMIX5 von 9 □ K1. Als Geber 9 benutze ich das Drehpoti oben rechts

oder das Linearpoti in der Mitte unten und mische diesen Geber auf den Gaskanal K1. Das Drehpoti wird z. B. auf Linksanschlag gedreht, dann wird der Offset-Punkt des Mischer gesetzt; das heißt, die Leerlaufdrehzahl kann nicht – auch nicht unabsichtlich – weiter reduziert werden. Dann das Drehpoti auf den rechten Anschlag stellen und den Mischanteil (z. B. 10%) eingeben. Danach die mechanischen Endpunkte des Vergaser-Drehbereichs überprüfen (z. B. bei Vollgas+voller Mischung) und gegebenenfalls über den Servoweg justieren. Dieser Mischer ist – mit Ausnahme der Flugphase „Landung“ – aktiv.

8. Motor Aus (LinearMIX6)



Problemstellung: Zum Abschluss eines Kunstflugprogramms muss die Landung auf Antrieb passen, sonst sind 3*10 wichtige Wertungspunkte dahin. Dazu ist es manchmal sinnvoll, beim Einschweben über der Landebahn den Motor abstellen zu können.

Behebung: Ich habe mir hierzu einen Mischer Gas ☐ Gas konfiguriert, den ich mit einem nicht-rastenden Momentschalter aktiviere.

Achtung: Prüfen, ob es der Vergaser mechanisch zulässt, das Drosselkükken soweit zu drehen, dass das Luftloch ganz verschlossen ist.

Auch dieser Mischer ist NUR in der Flugphase „Landung“ aktiv.

Literaturhinweise

Ich bedanke mich bei den Autoren folgender Quellen:

- mc-24 Programmier-Handbuch, Fa. Graupner
- [mc-22/24 Programmierung und mc-22/24 Flugphasenprogrammierung](#) (Arno Wetzel),
- Aerobatic Setup, Baron Johnson, Team JR

Ich hoffe, die hier beschriebenen Mischer-Beispiele sind eine Hilfe und eine Anregung, andere Mixer zu programmieren. Ich wünsche viel Spaß beim Fliegen.

Happy Landings wünscht Klaus.

Euer Feedback an klaus_bernhardt@gmx.de ist herzlich willkommen.