

Beschreibung des Programms *WinLaengs4*

Von Jörg Rußow und Dietrich Meissner



Einleitung

Von einem Flugzeug wird erwartet, dass sein Flugverhalten dem Piloten das Steuern möglichst einfach macht. Das Flugzeug soll eigenstabil sein und die Ruder gut wirksam, damit die gewünschten Manöver sich leicht fliegen lassen. Ist dies der Fall, spricht man von guten Flugeigenschaften. Das gilt insbesondere für die Längsbewegung, auf die der Pilot mit dem Höhenruder Einfluss nimmt. Es geht dabei um Größen wie Fluggeschwindigkeit, Anstellwinkel und Längslagewinkel.

Eine wesentliche Voraussetzung für gute Flugeigenschaften in der Längsbewegung ist Längsstabilität und hier zunächst die statische Längsstabilität. Um statische Längsstabilität sicher zu stellen, muss der Schwerpunkt (SP) des Flugzeugs bzw. Flugmodells in einem sinnvollen und günstigen Bereich liegen. Die SP-Lage beeinflusst auch die dynamische Längsstabilität, siehe Anhang A.

Im Folgenden wird das Computerprogramm WinLaengs4 vorgestellt, das zuerst die Lage des Gesamtflugzeug-Neutralpunkts (NP) berechnet. Im zweiten Schritt werden Erfahrungswerte für die erforderliche Längsstabilität berücksichtigt, so dass davon ausgehend ein günstiger Schwerpunktbereich vorgeschlagen wird.

Der Anwender muss zunächst die Geometrie seines Flugmodells richtig ausmessen. Je nach Geometrie sind Maßband, Strakleisten und rechte Winkel erforderlich. Die Vermesserei ist zu-gegebenermaßen etwas fummelig, lässt sich aber nicht umgehen. Manchmal hilft auch der Bauplan bei der Ermittlung der Geometrie.

Anschließend werden die Werte in das Programm eingetragen und als benannter Datensatz gespeichert. Der wissenschaftlich-mathematische Teil wird nach einem Knopfdruck durch den Computer erledigt. Das Ergebnis ist die gesuchte Lage des NP relativ zum gewählten Bezugspunkt und ein Vorschlag für den sinnvollen SP-Bereich vor diesem NP.

Es funktioniert gleichermaßen für Motor- und Segelflugmodelle, und kann z.B. auch für Deltas, Entenkonfigurationen und Mehrdecker angewendet werden. Rümpfe und Schwimmer werden als „Flügel“ berücksichtigt, wenn sie sich durch eine einfache Geometrie beschreiben lassen. Insgesamt können 5 Flügel eingegeben werden.

Installation und grundlegende Benutzung von WinLaengs4

Beim Entpacken des Download-Files entsteht ein Ordner „W_Laengs4_Vxxx“. Darin befindet sich eine ausführbare Exe-Datei (W_Laengs4_Vxxx.exe) und einige bereits angelegte Datensätze von Modellen im Unterordner „Beispiele“, die als Vorlage für eigene Entwürfe dienen können. Der Ordner kann an jede beliebige Stelle auf jedem beliebigen Laufwerk kopiert werden. Sinnvollerweise wird dieser Ordner unter „Programme“ abgelegt. Eine Installationsroutine für das Programm ist nicht erforderlich.

Startet man das Programm, sieht man ein Bild mit der Gesamtübersicht des aktuellen Flugzeugs, Bild 1.

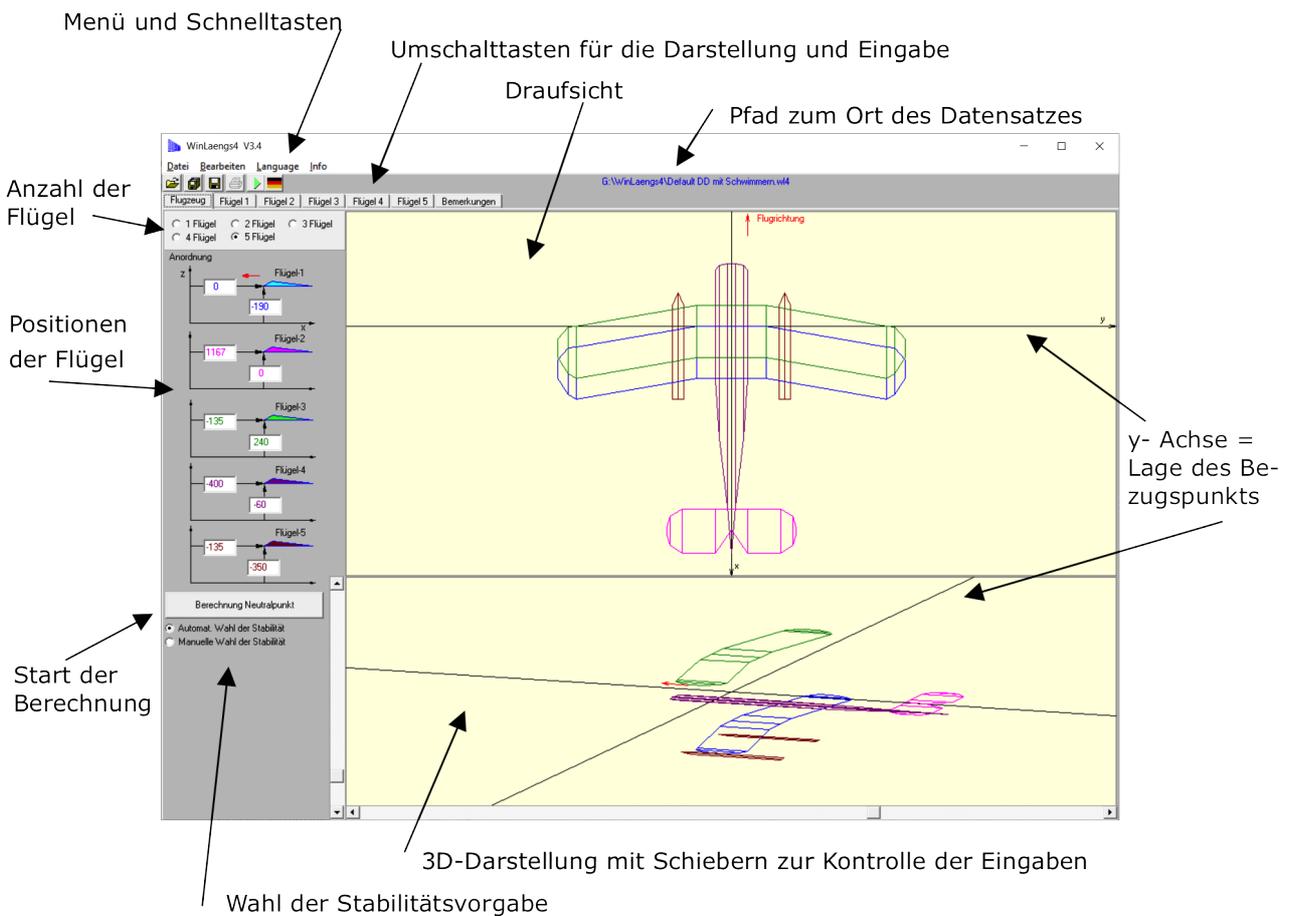


Bild 1: Nach Programmstart

Solange kein Datensatz geladen ist, sieht man das Bild eines Doppeldeckers mit Schwimmern. Bild 1 zeigt die Darstellung, bevor die Berechnung gestartet wurde. Diese Konfiguration hat die maximale Anzahl von 5 Flügeln. Der 5. Flügel sind die Schwimmer.

Nun kann man oben links mit den üblichen Elementen einer graphischen Benutzeroberfläche (Menüpunkte und Tasten) entweder einen anderen Datensatz laden oder den vorhandenen Datensatz bearbeiten. Falls man einen der Beispieldatensätze lädt oder einen Datensatz speichert, wird der Pfad zum Datensatz oben eingeblendet.

Zum Bearbeiten sollte zunächst in der vorliegenden Ansicht die richtige Anzahl der Flügel gewählt werden und deren Positionen eingegeben werden. Dazu den entsprechenden Radio-Button auswählen. Maximal 5 Flügel sind möglich, wobei ein eventueller Rumpf ebenfalls ein „Flügel“ ist. Anschließend die x- und z-Werte der Flügelvorderkante des ersten Flügelschnitts als Offsetwerte eingeben. Das Koordinatensystem liegt so, dass x nach hinten und z nach oben positiv zählen. y-Werte treten an dieser Stelle nicht auf, aber der Schnittpunkt von x- und y-Achse markiert den gewählten Referenzpunkt für die zu berechnende Lage des Schwerpunkts.

Anschließend kann jeder dieser Flügel bearbeitet werden, indem er oben links mit Hilfe des entsprechenden Reiters „Flügel 1“ bis maximal „Flügel 5“ angewählt wird. Es zeigt sich folgende Eingabemaske für die Flügelgeometrie, Bild 2. Was hier einzugeben ist, dürfte selbsterklärend sein. Die Geometrie wird durch Eingabe der Werte in die entsprechenden Felder festgelegt. Außerdem kann man in der graphischen Darstellung der Geometrie bestimmte Punkte mit der Maus verschieben. In diesem Fall werden die dazugehörigen Eingabefelder gelb unterlegt und nach dem Loslassen der Maus aktualisiert. Die Bearbeitung bezieht sich immer auf die rechte Flügelhälfte, die linke wird intern symmetrisch dazu gebildet. Anhand der Geometriekontrolle lassen sich die Eingabedaten checken.

Zu bearbeitenden Flügel wählen

Flügeldaten kopieren und woanders einfügen

Anzahl der Trapeze dieses Flügels

Eingabe der Trapezdaten:
*Länge
*Tiefe
*Pfeilung

Berechnete Geometriedaten

alle Eckpunkte können verschoben werden

Draufsicht entsprechend der eingegebenen Daten

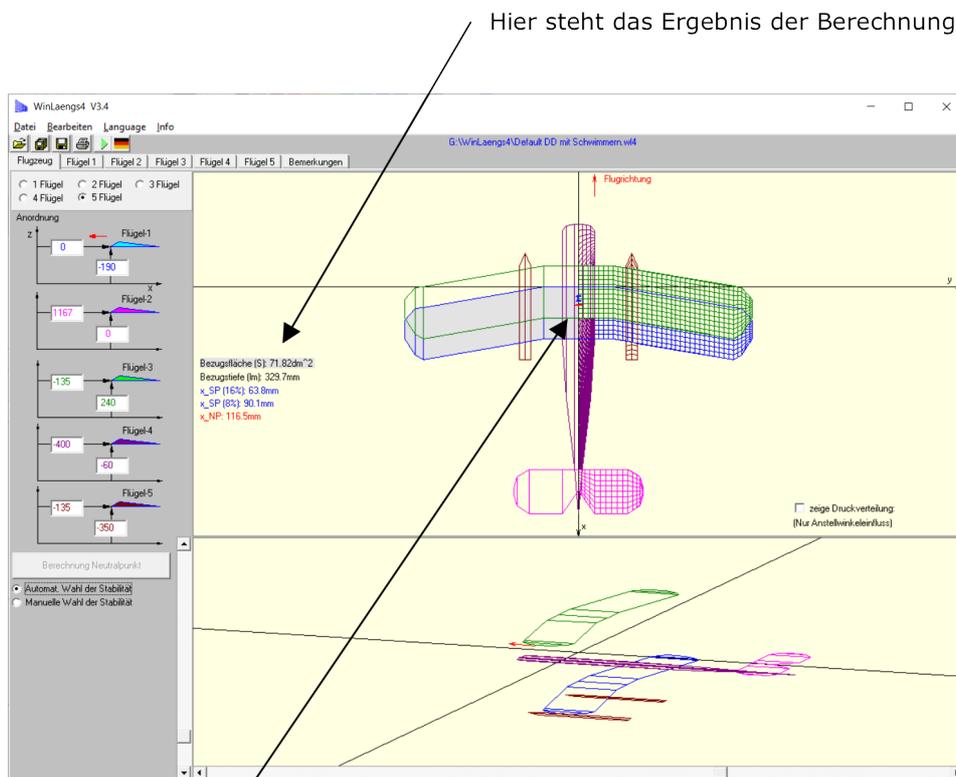
Bild 2: Flügeldaten bearbeiten

Nachdem alle Flügel­daten befüllt sind, können wir mittels des Reiters „Flugzeug“ zur Maske „Flugzeug“ zurückkehren. Auch hier kann mittels der beiden Ansichten (Draufsicht und veränderliche 3D-Darstellung) geprüft werden, ob alles stimmt. Die 3-D-Darstellung des Flugzeugs kann mit der Maus gedreht und gezoomt werden, wenn sich der Mauszeiger in dem 3-D-Fenster befindet. Die linke Maustaste dient hierbei zum Drehen in 2 Achsen und die rechte Maustaste dient zum Zoomen und Drehen in einer Achse.

Nun kann die Berechnung des NP mittels des grünen Pfeils im Menü oder der entsprechenden Taste links unten gestartet werden. Je nach Komplexität der Konfiguration werden einige Millionen Rechenoperationen durchgeführt, was ein paar Sekunden in Anspruch nehmen kann. Die berechnete Lage des NP relativ zum Bezugspunkt wird im Draufsichtfenster als x-NP angezeigt und in das Bild als roter Strich eingetragen. Im Beispiel befindet sich der NP 116,5 mm hinter dem Referenzpunkt.

Außerdem wird der automatisch vorgeschlagene SP-Bereich durch zwei blaue Striche markiert, die das vordere bzw. hintere Ende darstellen. Dieser Bereich wird als Prozentsatz der ebenfalls berechneten Referenzlänge l_{μ} (oder l_m im Programmfenster) angegeben. Zwischen 64 mm und 90 mm sollte der SP hinter dem Referenzpunkt liegen.¹

Die Zuordnung der zahlenmäßigen Ergebnisse zu den graphischen Markierungen wird mit einem Mausklick-Links auf die Flugzeugdraufsicht angezeigt.



Darstellung des berechneten Neutralpunkts in rot und des Schwerpunktbereichs je nach gewählter statischer Längsstabilität in blau.

Bild 3: Nach der Berechnung

¹ In diesem Fall beträgt die Referenzlänge $l_{\mu} = 329,7$ mm. 8 % dieser Referenzlänge sind 26,4 mm. Um dieses Maß sollte der SP vor dem NP liegen. Daraus ergibt sich für die Position des SP folgendes: 116,5 mm - 26,4 mm = 90,1 mm, zu verstehen als ein Maß hinter dem Referenzpunkt. Entsprechend ergibt sich 63,8 mm hinter dem Referenzpunkt für 16 % der Referenzlänge l_{μ} als vorderer Rand des SP-Bereichs.

Anschließend kann man, wenn gewünscht, durch den Radio-Button „Manuelle Wahl der Stabilität“ einen eigenen Wert mit Hilfe des Sliders einstellen. Der Wert kann auch direkt mit der Tastatur in das Eingabefeld eingegeben werden. Im Bild wird in diesem Fall nur ein blauer Strich gezeigt, der sich entsprechend verschiebt.

Das Ergebnis wird mitgespeichert, wenn man den Datensatz sichert. Falls gewünscht, kann das Ergebnis auch gedruckt werden.

Einige computerbezogene Hinweise zum Arbeiten mit WinLaengs4

- Die Beschriftungen und Ausgaben können in deutscher, englischer oder spanischer Sprache angezeigt werden. Umschalten lässt sich dies mit dem Pull-down-Menü „Sprache“ bzw. „Language“ oder der Taste mit der Flagge. Die gewählte Sprache merkt sich das Programm in einer Datei "Default.pa4", welche im gleichen Verzeichnis steht wie das WinLaengs-Programm. Sollte die "Default.pa4-Datei" noch nicht vorhanden sein, so wird sie neu erstellt. Beim nächsten Start des Programms sollte dann die zuletzt benutzte Spracheinstellung automatisch eingestellt sein. Achtung: Probleme mit dem Merken der letzten Spracheinstellung gibt es, falls der Schreibschutz der „Default.pa4-Datei“ aktiviert wird, was z.B. passieren kann, wenn die Datei auf CD kopiert wurde und wieder zurück auf ein normales Laufwerk. Falls dieses Problem auftritt, bitte die „Default.pa4-Datei“ löschen oder den Schreibschutz dieser Datei entfernen.
- Beim Eingeben der Flügel- und Flugzeuggeometrie sollten nur ganze Zahlen (keine Nachkomma-Werte) eingegeben werden. Beim Eingeben eines manuellen Wertes für die Längsstabilität darf ein Dezimalzeichen verwendet werden. Falls erforderlich bitte als Dezimalzeichen hier das "."-Zeichen (Punkt) benutzen. Allerdings sind hier eigentlich ganzzahlige Werte in % genau genug.
- Das Programm kann fast jede beliebige Flügelgeometrie berechnen, aber eben nicht wirklich jede. Das Programm versucht die einzelnen Trapeze der Flügel in noch kleinere Trapeze (Panel) zu zerlegen, welche dann für die Berechnung günstig über den Flügel verteilt sind. (Sie werden auf der rechten Flächenhälfte sichtbar, nachdem man die Berechnung gestartet hat.) Falls die eine Flächentiefe eines eingegebenen Trapezes sehr klein im Verhältnis zu seiner gegenüberliegenden Flächentiefe oder gar Null ist (das Trapez ist stark zugespitzt), kann es sein, dass das Programm nicht damit klarkommt. In dem Fall wird beim Versuch der Berechnung eine entsprechende Fehlermeldung ausgegeben, z.B. "Fehler: Kann Flügel 1 / Trapez 3 nicht berechnen. Bitte dieses Trapez verändern (Außentiefe größer)!". Abhilfe schafft hier nur die Eingabe eines etwas größeren Wertes für die Flügeltiefe des betreffenden Trapezes. Das tut der Genauigkeit keinen nennenswerten Abbruch.
- Die Nummerierung der Flügel hat keinen Einfluss auf das Ergebnis, man kann sie im Menü vertauschen. Falls man mal für die Berechnung einen Flügel ausblenden will, sortiert man ihn nach hinten und verringert die Anzahl der Flügel um 1. Der ausgeblendete Flügel bleibt trotzdem gespeichert.
- Man kann einzelne Flügel kopieren und in andere oder den gleichen Datensatz wieder hinzufügen. Siehe dazu die entsprechenden Knöpfe.
- Ein hinten liegender Flügel (typischerweise ein Höhenleitwerk) muss eine andere z-Position haben als davor angeordnete Flächen, da sie aus programmtechnischen/mathematischen Gründen nicht auf gleicher Höhe liegen dürfen. Die z-Position ist jedoch nicht kritisch, wovon man sich durch Kontrollrechnungen mit verschiedenen z-Werten leicht selbst überzeugen kann. Die Lage des NP wird sich in Abhängigkeit von der z-Position (des HLW) nur um einen minimalen Betrag verschieben.
- Lässt man in der Mitte eines Flügels eine Lücke, damit dort der Rumpf angeordnet werden soll, wird vorsichtshalber die Warnung ausgegeben: „**Sind Sie sicher, dass dieser Flügel in der Mitte eine Lücke haben soll?**“. Das soll daran erinnern, dass diese Lücke

mit Hilfe eines weiteren Flügels (in der Regel dem Rumpf) geschlossen werden muss. Sollte der Flügel mit der Lücke die Bezugsfläche bilden, wird die Lücke für deren Berechnung hinzugefügt. Die (halbe) Bezugsfläche wird nach der Berechnung grau hinterlegt auf der linken Flugzeugseite der Draufsicht angezeigt.

- Die automatische Wahl der Stabilität verhält sich folgendermaßen: Wird nur ein Flügel gewählt (typisch für ein Delta oder einen Nurflügler), empfiehlt sie einen Längsstabilitätsbereich von 4 bis 8 % I_{μ} . Ist mehr als ein Flügel vorhanden, lautet die Empfehlung 8 bis 16 % I_{μ} . Nicht ganz perfekt ist der Fall eines Schwanzlosen mit einem als zweitem Flügel modellierten Rumpf. Hier sollte sich der Anwender eher an den Werten des Nurflüglers orientieren und die Stabilität (z.B. 5 %) manuell wählen.
- Beim Drucken versucht das Programm, den Ausdruck auf einer DIN A4-Seite unterzubringen. Dazu wird der Ausdruck entsprechend des verwendeten Druckers und des verwendeten Betriebssystems automatisch gezoomt und sollte immer gleich groß sein. Die Qualität des Ausdrucks lässt sich durch die Auswahl der Druckerauflösung beeinflussen. Hier gilt, je größer die "dpi-Zahl" desto besser der Ausdruck. Die angebotenen Druckerauflösungen sind abhängig vom verwendeten Drucker. Bei Farbdruckern kann neben dem Farbdruck auch Schwarzweißdruck eingestellt werden.
- Die eingegebenen Flugzeugdaten werden in Dateien mit der Endung *.wl4 gespeichert. Es können auch mit älteren Versionen von *WinLaengs4* erzeugte Dateien mit der Endung .da4 eingelesen werden. Beim erneuten Abspeichern werden sie in *.wl4 umgewandelt.

Wie arbeitet man rationell mit *WinLaengs4*?

Die Berechnung des Neutralpunkts (NP) erfordert die Eingabe der relevanten Daten des Flugzeugs bzw. Flugmodells. Es handelt sich um die Anzahl, das Aussehen und die Position von maximal 5 Flügeln in der Draufsicht sowie deren Position in der Seitenansicht. Falls man bei den Beispielen bereits ein ähnlich aussehendes Baumuster findet, kann man es laden und unter neuem Namen mit entsprechend angepassten Abmessungen speichern. Das spart Arbeit. Die Arbeit der Vermessung des aktuell zu berechnenden Modells erspart es nicht, eine Arbeit, die sehr sorgfältig durchgeführt werden muss und seine Zeit dauert. Draufsicht und 3D-Bild erleichtern eine Überprüfung der Geometrie.

Zunächst sollte man festlegen, wo der Bezugspunkt (BP) des Modells sein soll, von dem aus die Positionen der einzelnen Flügel vermessen und auf die sich später die Positionen von NP und SP beziehen. Die Lage des gewählten BP wird im Übersichtsbild von *WinLaengs4* durch den Schnittpunkt von x- und y-Achse markiert.

Bei einem konventionellen Modell mit Flügel vorne und HLW hinten wird man fast immer die Vorderkante des Flügels am Rumpf als BP wählen. Der NP befindet sich dann hinter diesem Punkt (im Modellfliegerjargon: x mm hinter der Nasenleiste), was einen positiven x-Wert ergibt. Nur bei einem extrem nach vorne gepfeilten Flügel oder einer Ente mit HLW vorne kann der Wert negativ sein.

Bei Modellen mit stark gepfeilter Vorderkante des Flügels, wie bei einem Delta, kann es praktischer sein, die Hinterkante des Flügels am Rumpf als Lage des BP zu definieren. Dazu gibt man die negative Wurzeltiefe des Flügels als x-Wert als Flügelposition ein. Auch in diesem Fall sind die berechneten x-Werte für den NP negativ, weil vor dem BP. Es kann aber auch sinnvoll sein, die Rumpfspitze als Bezugspunkt zu wählen. Die Lage aller Punkte ist nach der Berechnung in der Zeichnung dargestellt, was eine einfache Kontrolle auf Plausibilität ermöglicht.

Falls der Rumpf relativ breit ist und weit nach vorne ragt, sollte man ihn mit berechnen, da er den Gesamt-NP nach vorne verschiebt. Ein Rumpf wird nicht dreidimensional dargestellt, sondern durch eine Fläche beschrieben, die der Draufsicht entspricht. Er wird auch als einer der Flügel durchnummeriert. (Die Rumpfhöhe spielt für die Längsstabilität keine große Rolle und wird vernachlässigt, wie auch die Profildicke eines Flügels.)

Für den Rumpf lässt man eine Lücke in der Mitte des Hauptflügels. Dabei ist wichtig, dass die Flügellücke exakt der Rumpfbreite entspricht, so dass hier kein Spalt und keine Überlappung

(in y -Richtung) passiert. Auch der z -Wert der beiden sollte übereinstimmen, z.B. 0 mm. Das Programm selber kann mit Lücken zwischen den Flügeln umgehen. Aber, das Ergebnis passt nicht zu unserem Modell, falls das in Wirklichkeit keine Lücken aufweist. Und Flugzeuge mit Lücken zwischen Flügel und Rumpf sind äußerst selten!!! Achtung, hier werden gerne Fehler gemacht!

Alle Flügel (also auch der eigentliche Rumpf) bestehen aus bis zu 4 Trapezen pro Flügelhälfte. Die Trapeze schließen bündig aneinander an und die Außentiefe des Trapezes n ist gleich der Innentiefe des Trapezes $n+1$. Um einen Tiefensprung zwischen 2 Trapezen darzustellen, schleust man ein Trapez mit der y -Ausdehnung 0 mm als $n+1$ dazwischen und führt den Flügel mit $n+2$ weiter. Der Sprung ergibt sich dann zwischen Ende Trapez n zu Beginn Trapez $n+2$.

Falls man für einen bestimmten Flügel mehr als 4 Trapeze eingeben möchte, so kann man dies tun, indem dieser Flügel durch mehrere einzelne Flügel dargestellt wird, die dann auf gleicher Höhe liegen müssen. Mit Hilfe der Lücke-Funktion ist dies einfach möglich, wobei die einzelnen Flügelteile nahtlos aneinander passen müssen. Der berechnete NP bleibt korrekt. Allerdings wird in diesem Fall die Bezugslänge l_{μ} sich nicht auf alle Teile des Flügels beziehen! Welcher Flügel (oder hier: Teil des Flügels) für die Berechnung der Bezugsfläche und Bezugslänge herangezogen wird, ist durch die grau hinterlegte Fläche auf der linken Flugzeugseite dargestellt.

Das Einfliegen

Das Wichtigste beim Einfliegen eines Modells ist das Einstellen der Höhenrudernullstellung und des Ruderausschlags passend zur Schwerpunktlage, sowie die fliegerische Überprüfung der gewählten Schwerpunktlage auf die persönlichen Bedürfnisse. Diese Größen sind nicht unabhängig voneinander. Hat man seinen Schwerpunkt vorher durch Theorie überprüft, liegt man zumindest bei der Längsstabilität schon mal im grünen Bereich und läuft nicht Gefahr, beim Einfliegen eine Überraschung zu erleben. Je genauer man daher den günstigen Schwerpunktbereich schon beim Bau des Modells kennt, desto besser.

Schritt 1: Austrimmen

Nach dem Start des Modells (z.B. Wurfstart eines Seglers am Hang) wird jeder Pilot als erstes mit Hilfe der Höhenrudernullstellung einen Segler auf eine sinnvolle Geschwindigkeit im langsamen Bereich trimmen. Beim Motorflieger wird der Trimmfall eher ein schneller Horizontalflug bei Vollgas sein. Egal wie, dafür wird der Höhenruder-Trimmmhebel am Sender benutzt, dessen Wirkung hoffentlich ausreicht. Falls nicht, sollte gleich wieder gelandet und das Höhenrudergestänge entsprechend verstellt werden. Falls das Höhenrudergestänge Nachgiebigkeiten, Schwergängigkeiten und/oder Spiel hat, können wir eigentlich einpacken und heimfahren. Ohne eine vernünftige Trimmbarkeit sind alle weiteren Schritte nutzlos.

Bei einer vorderen SP-Lage ist eine größere Einstellwinkeldifferenz (EWD) erforderlich als bei einer hinteren, um die gleiche Geschwindigkeit auszutrimmen. Andererseits gilt: je kleiner die Trimmgeschwindigkeit bei gleicher SP-Lage, umso größer die EWD und umgekehrt. Es ist dabei zunächst belanglos, ob die EWD durch Anstellen des ganzen Höhenleitwerks, oder aber nur über die Höhenruder(-klappen) verändert wird. Unschön ist nur, wenn die Höhenruderklappen bei Trimmstellung nicht auf null stehen. Bei einem Pendelruder gibt es solche Probleme nicht. Ansonsten lässt sich aus der Größe der EWD aber kaum etwas Relevantes entnehmen, siehe Anhang C.

Schritt 2: Schwerpunktlage anpassen

Durch Auswiegen des Modells entsprechend der Rechenergebnisse ist eine fliegbare SP-Lage und damit Längsstabilität eingestellt. Nun geht es ans Finetuning. Hat man eine SP-Lage im vorderen Teil des empfohlenen Bereichs gewählt, kann es sinnvoll sein, durch sukzessives Verschieben nach hinten zu einer (subjektiv) optimalen SP-Lage für das Modell zu gelangen.

Das übliche Verfahren ist, durch leichtes Drücken von einigen Sekunden Dauer die Flugbahn des Seglers abwärts zu neigen. Hat er einigermaßen Fahrt aufgeholt, wird der Knüppel wieder losgelassen. Bei günstiger Schwerpunktlage können Sie dann ein relativ langsames selbstständiges Abfangen des Modells beobachten, das meist in das sogenannte "Pumpen" übergeht, falls nicht mit dem Höhenruder eingegriffen wird. Das "langsame" Abfangen ist natürlich eine un-

scharfe Aussage, die relativ zu verstehen ist. Je größer die statische Längsstabilität, je schneller geschieht das Abfangen und je heftiger das anschließende Pumpen. Bei zu schwach stabilen oder gar instabilen Modellen, aber auch wenn Flügel torsionsweich oder Rumpfe biegeweich sind, wird dagegen das sogenannte "Unterschneiden" beobachtet. Hat der Segler einmal einen deutlich negativen Bahnwinkel eingenommen, besteht dann eher eine Tendenz zur Verstärkung statt zum Abfangen. Dann hilft nur noch ein zügiger Eingriff ins Höhenruder.

Was man haben will, ist eine deutliche, aber nicht übermäßige Tendenz zum Abfangen. Die ergibt sich bei einer mittleren Schwerpunktlage, wie sie das Rechenprogramm vorschlägt. Ist noch ein deutliches Abfangen zu erkennen, kann man den SP probeweise etwa 1 cm (für ein mittelgroßes Modell) weiter nach hinten legen und wieder bei Schritt 1 beginnen. Es soll aber noch mal ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass es keine unter Flugeigenschaften Gesichtspunkten objektiv optimale SP-Lage gibt. Hier ist der persönliche Geschmack von Pilot zu Pilot unterschiedlich.

Schritt 3: Höhenruderausschlag anpassen

Die erforderlichen Höhenruderausschläge in Richtung Drücken und Ziehen sind abhängig von der gewählten SP-Lage. (Mehr Ausschlag als erforderlich sollte man nicht vorsehen.) Die endgültige Festlegung kann daher erst zuletzt erfolgen. Bei kleiner statischer Längsstabilität (also einer SP-Lage wenig vor dem NP) wird generell ein kleinerer Ausschlag benötigt um z.B. einen Looping zu fliegen oder den Flieger zu überziehen. Das soll hier nicht näher ausgeführt werden.

Im Zweifelsfall sollte man einen erfahrenen Piloten bitten, die Größe der Ausschläge (auch von Quer- und Seitenruder, die allerdings nicht nennenswert von der SP-Lage abhängen) zu überprüfen. Das gilt ebenfalls für die Exponentialwerte.

Bei einem Motormodell wird man bezüglich der Größen SP-Lage und Ruderausschläge möglicherweise etwas andere Kriterien anlegen. Ohne das komplett auswalzen zu wollen, hier nur die Stichworte: Trudeln, Messerflug, senkrechter Steigflug. Außerdem gilt es immer noch den Motorsturz zu überprüfen. Je mehr Längsstabilität, desto mehr Motorsturz braucht der Flieger.

Und nun wünschen wir viel Erfolg bei der Anwendung von *WinLaengs4*!

Haftungsausschluss

Das Programm und der Inhalt dieses Handbuchs wurden mit größter Sorgfalt und nach bestem Wissen und Gewissen zusammengestellt. Wir können jedoch keine Gewähr für die Vollständigkeit und Richtigkeit des Handbuchs übernehmen. Ferner haben wir keinen Einfluss darauf, ob das Programm vom Benutzer korrekt verwendet wird.

Literatur

- /1/ J. Rußow, D. Meissner, Auf der Suche nach dem Schwerpunkt, *Modell* Mai und Juni 2005, Neckar-Verlag, Villingen-Schwenningen
- /2/ J. Rußow, D. Meissner, Alles nicht so einfach, *Modell* Juni 2008, Neckar-Verlag, Villingen-Schwenningen (siehe Anhang B)
- /3/ J. Rußow, Mythos EWD, *Modell* November 2010, Neckar-Verlag, Villingen-Schwenningen (siehe Anhang C)

Wenn Sie im Internet nach dem Begriff „Wirbelleiter-Verfahren“ oder „vortex lattice method“ googeln, bekommen sie Informationen, wie *WinLaengs4* intern funktioniert.

Ende der Beschreibung des Programms *WinLaengs4*