

THEORIE

DIE SAGA VON DER EWD

UND PRAXIS

Nach den vertieften Ausführungen zum Schwerpunkt und „cgCalc“ in den vorigen Ausgaben, nimmt sich Markus Müller nun einem Thema an, das wie kaum ein anderes von Missverständnissen und Fehlwissen geprägt ist: Die Einstellwinkeldifferenz.

Die folgende E-Mail erreichte mich kürzlich:

„Ich nutze seit langem eCalc und bin jetzt auf cgCalc aufmerksam geworden. Meine Frage: Der Schwerpunkt ist doch abhängig von der EWD, diese finde ich in cgCalc aber nicht. Bei einem großen Segelflugmodell ist das aber doch von Interesse. Wird es da eine Ergänzung geben?“ Nun, so ganz schnell zu erklären ist das nicht. In manchen Diskussionen wird der Eindruck erweckt, dass Schwerpunktlage und Einstellwinkeldifferenz (EWD) die gleiche Relevanz für die Flugeigenschaften hätten. Um genau dieses weitverbreitete Missverständnis geht es in diesem Artikel.

Die Einstellwinkeldifferenz wird durch den Winkel bestimmt, welche die Profilsehnen der Tragfläche und des Höhenleitwerks zueinander einnehmen. Der Winkel ist positiv, wenn der Flügel relativ zum Leitwerk positiv angestellt ist (bzw. negativ im umgekehrten Fall).

In AUFWIND 2/2017 und 3/2017 sind wir ausführlich auf die Berechnung des korrekten Schwerpunkts (SP) und die damit verbundene statische Längsstabilität für gutmütige Flugeigenschaften eingegangen. Bekanntlich liegt der Schwerpunkt um die Stabilitätsreserve vor dem Neutralpunkt (NP). Die Stabilitätsreserve ist sehr

individuell und hängt nicht zuletzt vom Modelltyp, der Erfahrung und dem Können des Piloten ab. Typischer Weise liegt sie zwischen 2,5 (sehr agil) bis 15 Prozent (sehr stabil). Ein extremes Maß an Längsstabilität gleicht Störungen des Gleichgewichts zwar schnell wieder aus, führt aber auch zu einer reduzierten dynamischen Stabilität, was sich insbesondere bei Seglern im sogenannten „Pumpen“ bemerkbar macht. Folglich gilt es eine Schwerpunktlage zu finden bei der man die Flugeigenschaften am angenehmsten empfindet. Erst dann geht es an die Optimierung der Einstellwinkeldifferenz. Durch Veränderung der EWD wird ein allfälliger permanenter Höhenruderausschlag „weg getrimmt“.

Damit wird nun bei Manchem das Weltbild von Schwerpunkt und Einstellwinkeldifferenz auf den Kopf gestellt: Der Schwerpunkt bestimmt die Flugeigenschaften (Stabilität) und beeinflusst damit die Trimmung eines stabilen Flugzustandes. Die Einstellwinkeldifferenz seinerseits dient ausschließlich der Trimmung, die das Flugmodell auf eine gewünschte Geschwindigkeit neutral austrimmt.

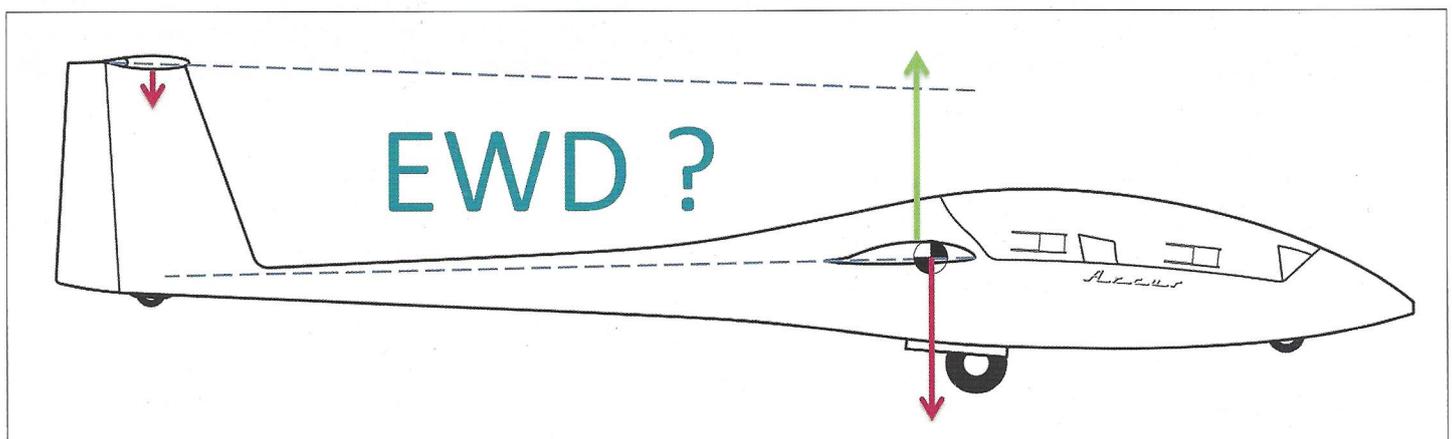
In der Folge gilt es also eine persönlich optimale SP/EWD-Kombination zu finden, womit sich die Gleitzahl des Seglers automatisch verbessern wird. Wir gehen dabei in drei Schritten vor:

1. Kontrolle vor dem Erstflug: Es ist immens wichtig zu verifizieren, dass für den Erstflug eine „fliegbare“ Kombination von Schwerpunkt und EWD am Modell eingestellt ist. Der Hersteller

des Modells wird eine (konservative) Einstellempfehlung abgeben. Mit diesen Einstellungen wird das Modell zwar noch nicht optimal aber dafür stabil fliegen und ein breites fliegerisches Können abdecken. Die EWD kann durch Unachtsamkeit beim Bau oder durch Ungenauigkeiten bei der Herstellung abweichen und ist daher analog zum Schwerpunkt vor dem ersten Flug zu kontrollieren und allenfalls anzupassen. Obwohl der SP entscheidend für die Flugeigenschaften ist, gibt es einen triftigen Grund, warum man auch die korrekte EWD bereits vor dem Einfliegen einstellen will. Führen wir uns mal vor Augen, welches die Folgen einer zu groß gewählten EWD sind: Bei einer zu groß eingestellten EWD wird das Modell beim Werfen die Nase hochziehen und es benötigt bereits beim Start ein beherrztes Eingreifen des Piloten, um die Nase mittels „Drücken“ wieder runterzubringen. Danach wird man die EWD-Ablage mit der Trimmung auf „Tief“ kompensieren. Eine korrekte EWD erleichtert also nicht nur das Steuern und Trimmen, sondern schont insbesondere die Nerven.

Aber wie messe ich die EWD? Dafür gibt es eigens konstruierte Messgeräte – die EWD-Waage – oder man behilft sich einer denkbar einfachen Methode des Ausmessens (vgl. Bild 3). Das Modell wird dazu auf eine ebene Unterlage gestellt. Nun werden die Abstände von Eintritts- und Austrittskante zur Unterlage, sowie die Profilsehnenlänge am Rumpf gemessen. Daraus lässt sich mit etwas Trigonometrie ein Winkel für die Tragfläche und das Leitwerk errechnen. Die Dif-

Bild 01 | Die Einstellwinkeldifferenz zwischen den Profilsehnen der Tragfläche und des Leitwerks



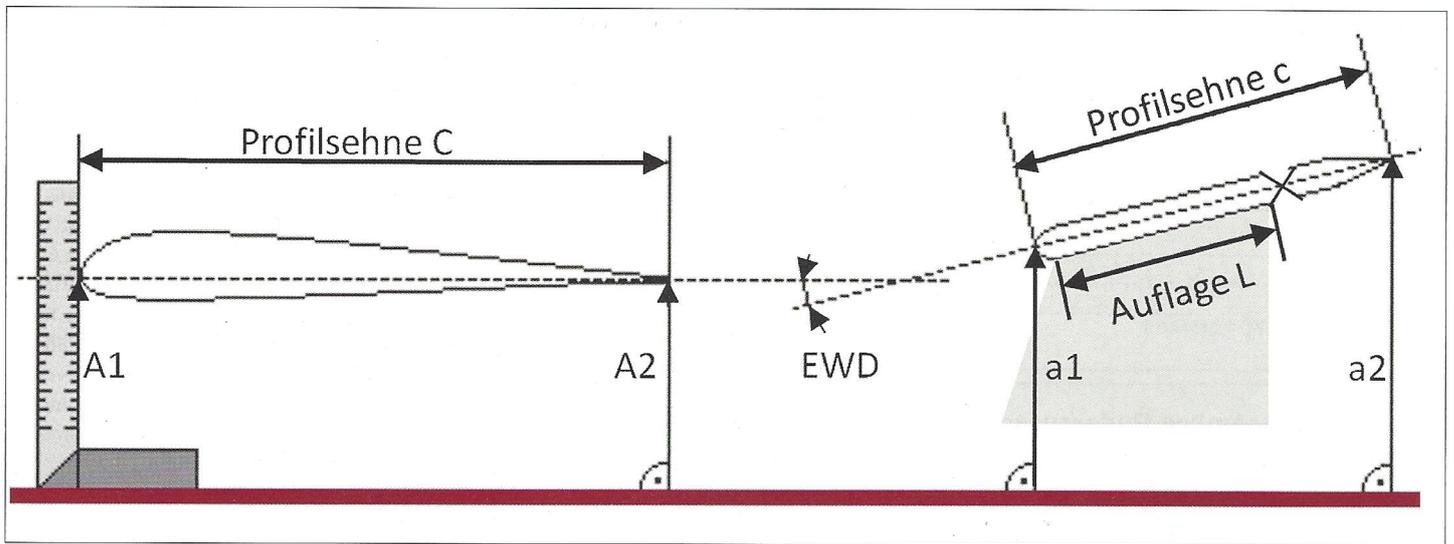


Bild 03 | Positive Einstellwinkeldifferenz zwischen den Profillehnen der Tragfläche und dem Höhenleitwerk

ferenz zwischen Leitwerk- und Tragflächenwinkel repräsentiert die EWD. Glücklicherweise gibt es dafür Hilfsprogramme, welche einem die Rechenarbeit erleichtern:

www.eCalc.ch/index_d.htm -> Toolbox -> EWD.

Sollten die EWD-Angaben seitens des Herstellers fehlen, können folgende grobe Richtwerte verwendet werden:

0 – 1 Grad: Kunstflugmodelle

0,5 – 1,5 Grad: Hotliner

1 – 4 Grad: Thermiksegler oder langsame Modelle

Vorsicht: Eine negative EWD lässt das Modell unweigerlich instabil werden!

2. Persönlich optimalen Schwerpunkt erfliegen:

Der Erstflug ist nun erfolgreich abgeschlossen und es geht ans Optimieren des Schwerpunktes. Dabei wird der Schwerpunkt in kleinen Schritten (!) von Flug zu Flug nach hinten verlegt, was mit einer Verringerung der Stabilitätsreserve einhergeht. Damit werden der Anstellwinkel und der induzierte Widerstand verkleinert. Das Modell wird aber auch agiler und reagiert zunehmend lebendiger auf das Höhenruder, beziehungsweise auf Störungen durch Böen. Die Stabilitätsreserve wird nur so weit verringert, solange die Flugeigenschaften vom Piloten persönlich als subjektiv optimal empfunden werden – völlig egal, was der Fliegerkamerad daneben meint. Er fliegt das Ding ja nicht. Dabei das Modell immer sauber auf den gewünschten Flugzustand, beziehungsweise die Fluggeschwindigkeit austrimmen. Ist das persönliche Optimum erreicht, wird man feststellen, dass das Höhenruder eine der Trimmungen aus **Bild 4** aufweist. Ist es – wohl eher zufällig – auf 0 Grad getrimmt, dann passt die EWD optimal zum erfliegenen Schwerpunkt. Sollte das ausgetrimmte Höhenruder (leicht) außerhalb der 0-Grad-Stellung liegen, ist das weiter nicht schlimm und hat keinerlei Einfluss auf die Flugeigenschaften selbst. Das Ruder kompensiert nur die suboptimale EWD. Wenn das stört

oder wer maximale Gleitzahlen erreichen will, wird diese zusätzlich Widerstand erzeugende Ablage korrigieren wollen.

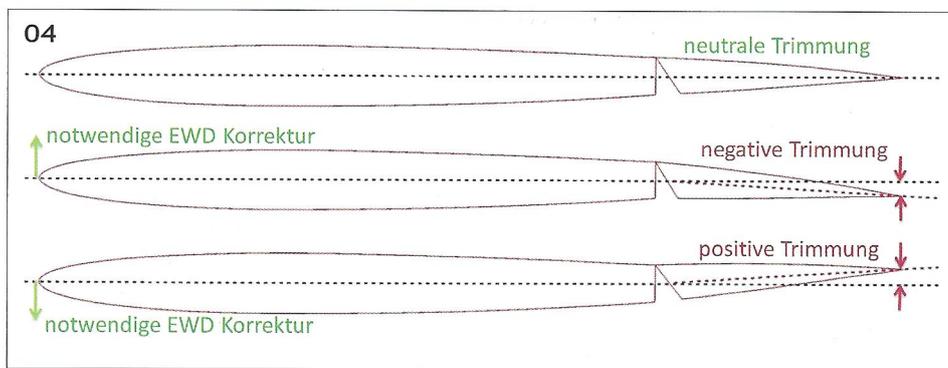
3. Korrektur EWD: Das einzig sinnvolle Kriterium dafür, ob die eingestellte EWD „richtig“ oder „falsch“ gewählt wurde, ist die Ablage der Trimmstellung des Höhenruders aus der 0-Grad-Stellung! Erst eine grob falsche EWD macht sich in den Flugeigenschaften als „vertrimmt“ negativ bemerkbar, ist entsprechend an relativ großen Trimm Ausschlägen gut zu erkennen und sollte korrigiert werden. Das Leitwerk könnte bei Veränderung der Geschwindigkeit nicht mehr in der Lage sein den erforderlichen Auf- oder Abtrieb zu liefern. Zusätzlich kann das Höhenleitwerk überziehen, wenn das Ruder weiter in die gleiche Richtung ausschlägt. EWD-Fehl-

stellungen von über zwei Grad sollten unbedingt korrigiert werden.

Die außerhalb der 0-Grad-Stellung getrimmte Ruderstellung kann mittels EWD-Korrektur wieder auf eine neutrale Trimmung gebracht werden. Damit verringert sich der induzierte Widerstand und die Gleitzahl verbessert sich. Es gilt zu bedenken, dass eine neutrale Trimmung nur auf eine der unterschiedlichen Betriebspunkte (z.B. Schnell-, Thermikflug oder bestes Gleiten) erfolgen kann. Welcher Punkt dabei neutral getrimmt sein soll, wird schnell in einer Philosophiefrage münden und soll jeder für sich entscheiden. Die EWD-Korrektur kann nun empirisch in kleinen Schritten vorgenommen werden. Aber auch hier gibt es sehr hilfreiche Unterstützung in Form von Grafiken oder Programmen, um schnell zum gewünschten Ziel zu kommen.

Bild 02 | Mit einer sogenannten EWD-Waage, hier am Leitwerk, kann die EWD gemessen werden.



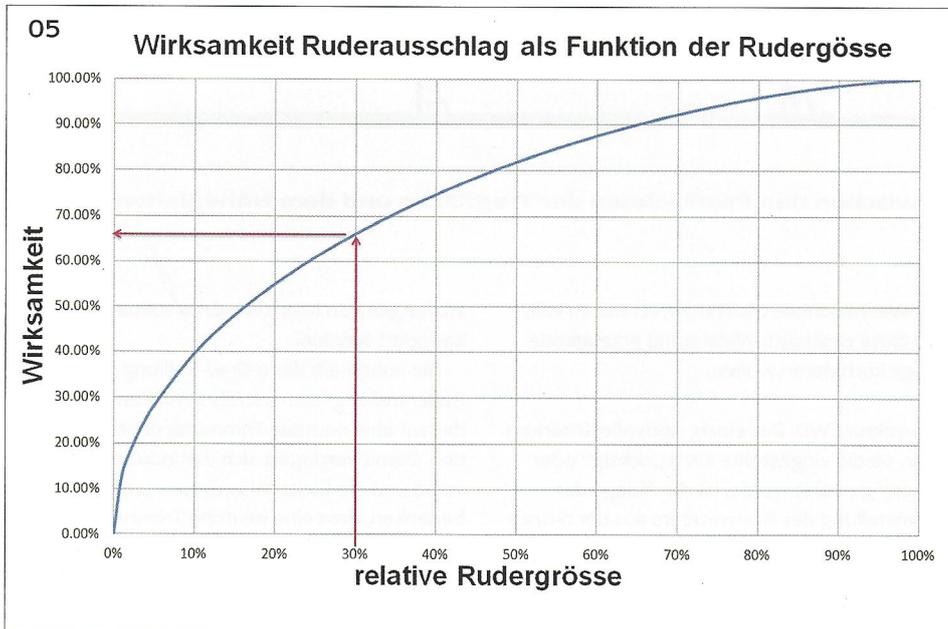


Die Grafik in **Bild 5** zeigt die Ruderwirksamkeit als Funktion der relativen Rudergröße. Was will uns das sagen? Zur Veranschaulichung ein (extremes) Beispiel: Nehmen wir mal an, dass unsere Ruderfläche 30 Prozent der gesamten Höhenleitwerkfläche ausmacht und diese sechs Grad nach unten getrimmt ist. Aus der Grafik entnehmen wir, dass eine relative Ruderfläche von 30 Prozent eine Wirksamkeit von rund 66 Prozent ergibt. Damit müssen wir die EWD um vier Grad ($0,66 \times -6 = -4$) reduzieren. Ist die Trimmung nach unten (vgl. mittleres Beispiel in **Bild 4**) muss die Eintrittskante somit angehoben werden und die EWD verringert sich. Wie viel unterlegt werden muss kann mit etwas Trigonometrie ermittelt werden.

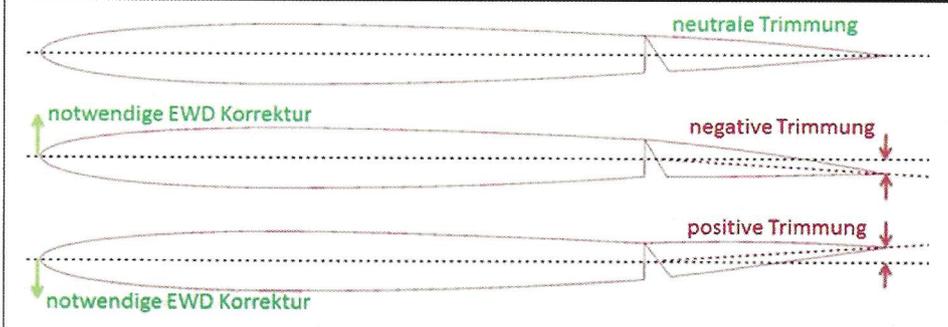
Basierend auf dieser Methode unterstützt die EWD-Berechnungshilfe von eCalc „Dynamische EWD-Korrektur“ dabei die korrekte EWD aus einer erfolgten Trimmung zu ermitteln. Dabei kann einfach der Ruderausschlag in Millimetern (statt Winkelgraden) abgemessen werden und das Programm zeigt auf, um wie viel die Leitwerksauflage unterlegt werden muss, um wieder eine neutrale Trimmung zielgerichtet und bequem zu erreichen.

Kurzum: Die EWD hat einen wichtigen Stellenwert, da dessen Fehlstellung schnell zu einem unbeherrschbaren Modell führen kann, was einer kompletten „Vertrimmung“ gleich kommt. Er hat aber keinen Einfluss auf die Flugeigenschaften, die in der Stabilitätsreserve des Schwerpunkts begründet sind.

Markus Müller,
www.eCalc.ch



06 Dynamische EWD - Korrektur



Norm vs. XMV – eine Frage der Definition

Die DIN Norm 9300 definiert Ruderausschläge und deren Vorzeichen. Dabei wird man feststellen, dass Höhenruderausschläge nach unten mit einem „+“ und jene nach oben mit einem „-“ behaftet sind. Der gesunde Menschenverstand (XMV) der Modellbauer definiert die Vorzeichen mit überwiegender Mehrheit in entgegengesetzter Richtung der Norm. Daher habe ich mich an die „Sprachregelung“ aus dem Modellbau-Alltag gehalten: Ausschläge nach unten weisen ein negatives, jene nach oben ein positives Vorzeichen auf.

Höhenleitwerk		
Gesamtfläche	10000.00	mm ²
Ruderfläche	3000.00	mm ²
Tiefe der Leitwerksauflage	62.00	mm
Rudertiefe innen ⁽¹⁾	38.00	mm
getrimmter Ausschlag ⁽¹⁾	-4.00	mm ⁽²⁾
EWD Korrektur ⁽³⁾	-3.99	°
Leitwerksauflage vorne um	4.33	mm erhöhen

Bild 04 | Getrimmter Schwerpunkt und EWD-Korrektur, um wieder neutrale Trimmung zu erreichen

Bild 05 | Ruderwirksamkeit zur erleichterten EWD-Korrektur

Bild 06 | Dynamische EWD-Korrektur aus -4 mm getrimmtem Ausschlag (entspricht -6 Grad aus dem Beispiel)

⁽¹⁾ der getrimmte Ruderausschlag muss bei

der Stelle der definierten Rudertiefe gemessen werden

⁽²⁾ nach oben getrimmt positiver Wert (nach unten negativ)

⁽³⁾ nötige Korrektur damit das Ruder wieder 0°-getrimmt ist negative (positive) Korrektur --> EWD verringern (erhöhen)