

Die Drehwurftechnik

s.a.l. – die andere Art des HLG-Starts

„Ein HLG ist ein Modellsegelflugzeug mit einer maximalen Spannweite von 1,5 m, welches wie ein Speer in die Höhe geworfen wird. Aus der Höhe eines solchen Handstarts versucht man, Anschluß zu bodennaher Thermik zu bekommen“. So ist das in Europa seit den frühen 90er-Jahren in zahlreichen Wettbewerben mit steigendem Interesse gemacht worden. Und als man glaubte, es zu einer gewissen Perfektion gebracht zu haben, suchte man nach einem internationalen Vergleich. Mit diesem Anspruch flog eine Gruppe deutscher, österreichischer und schweizer HLG-Piloten, teilweise mit Wettbewerbserfahrungen seit den ersten Jahren, an die amerikanische Westküste, um an der weltgrößten HLG-Veranstaltung in der Nähe von San Diego teilzunehmen. Groß war die Spannung, denn: wie leistungsfähig würden die mit Querruder und Wölbklappe ausgerüsteten amerikanischen HLGs sein?

Die wirkliche Überraschung aber gab es schon am ersten Trainingstag: Eine Gruppe aus Seattle hatte eine Startmethode entwickelt, mit der sie kleine HLGs, mit einer Spannweite von ca. 1,1 m, auf deutlich größere Höhen werfen konnten – höher als alles, was man bis dahin gesehen hatte. Dabei faßten sie ihre Flieger am Randbogen und schlangen ihn von hinter dem Rücken nach unten durch, um ihn dann vor sich auf Brusthöhe mit sehr großer Geschwindigkeit in einen senkrechten Steigflug freizugeben. „Side arm launch“ (kurz: s.a.l.), so wurden wir belehrt, würden sie diese Wurftechnik nennen. Das Manko an der Startart war die Beschränkung in der Spannweite, ein normaler 1,5-m-HLG hätte mit dem rechten Randbogen den Boden berührt. Die kleinen Flugzeuge hatten Schwächen vor allem beim Fliegen in „schlechter“ Luft und waren auch bei kräftiger Thermik häufig benachteiligt.



Es gab aber noch einen weiteren Teilnehmer aus Seattle, der die Startmethode weiter entwickelt hatte. Dick Barker, ein 62-jähriger Herr, ruhig und ein wenig behäbig wirkend, warf seinen das Spannweitenlimit voll ausnutzenden HLG „Uplink 58“ ebenfalls am linken Randbogen auf überlegene Höhen. Dabei drehte er sich jedoch in der Manier eines Diskuswerfers um seine Achse und schleuderte das Modell waagrecht um sich herum. So umging er der Gefahr einer Bodenberührung und warf geschätzte 6-7 m höher als alle „Speerwerfer“. Das Glück aller anderen Wettbewerbsteilnehmer war, daß er die HLG-Fliegerei sehr gelassen anging und nur so zum Spaß mitmachte. Gleichwohl war es sehr überraschend, daß er im Laufe des Nachmittags ca. 50 bis 70 Starts machte und keinerlei Ermüdungserscheinungen zeigte.

Zurück in der Heimat war uns allen klar, daß hier ein großes Potential für mögliche Leistungssteigerungen liegt. Es wurden also eigene Versuche mit den gewohnten HLGs angestellt, die jedoch nur sehr bescheidene Erfolge brachten. Es gelang zwar recht schnell, das Flugzeug am Randbogen zu greifen und sich damit im Kreis zu drehen. Alles nach der Freigabe endete jedoch zumeist in unkontrollierten Flugzuständen, die teilweise zu einem totalen Strömungsabriß führten. Es war nicht gerade materialschonend, so daß man mit äußerster Vorsicht handeln mußte, um seinen Modellbestand nicht zu arg zu dezimieren. Ein EPP-Foamie diente zeitweise als Trainingsgerät. Er ließ sich zwar nicht besser werfen, ertrug aber die Einschläge nach völlig mißglückten Abwürfen schadensfrei.

Mit diesem bescheidenen Kenntnisstand verabschiedete sich die Wettbewerbsszene in die Winterpause. In eben diese Zeit fiel auch die Schaffung eines Reglements, das die HLG-Fliegerei zu einer internationalen Wettbewerbsklasse machte. Die wichtigste Neuerung war dabei der Wegfall der Servozahlbegrenzung, so daß nun auch Flugzeuge mit Querrudern und/oder Wölbklappen zulässig sind.

Aerodramatik des s.a.l.

Alle bisherigen Versuche hatten klar gemacht, daß ein Problem auf zwei Ebenen zu lösen ist. Zum einen ist der motorische Ablauf der Wurfbewegung weiter zu verfeinern, aber auch die Flugzeuge sind an diese Startmethode anzupassen. Bei Verdeutlichung des Startvorganges werden folgende Schwierigkeiten offensichtlich: Die Beschleunigung vor dem Abwurf erfolgt auf einer flachen Kreisbahn, wobei die „Achse“ – der Körper des Werfers – parallel zu der Hochachse des Flugzeuges ausgerichtet ist. Nach der Freigabe soll das Flugzeug jedoch möglichst schnell auf einer geradlinigen Flugbahn, tangential aus dem Beschleunigungskreis heraus fliegen. Die Richtungsänderung findet also hauptsächlich um die Hochachse des Flugmodells statt. Die Steuerung und Stabilisierung eines Flugzeuges um die Hochachse wird durch

Bilder

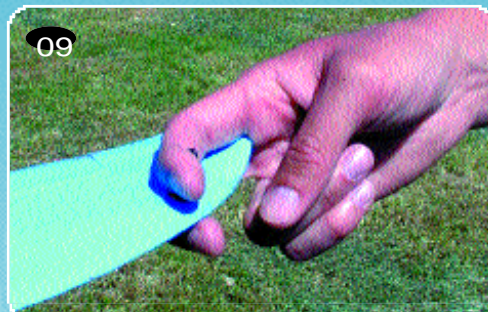
1.) Ausgangsstellung: der HLG wird am Randboden gefaßt, während der andere Randbogen in der Wiese aufgelegt werden kann. Der Blick des Werfers ist gegen den Wind gerichtet.



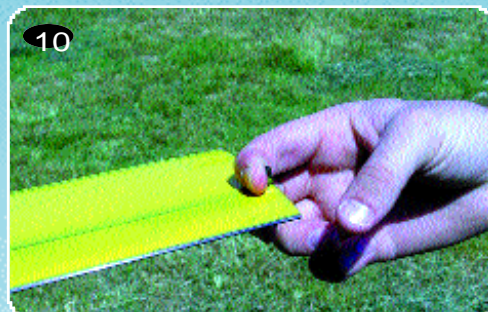
2.) Beginn der Drehung, der Körper wird gegen den Uhrzeigersinn gedreht. Der Wurfarm bleibt hinter dem Rücken zurück und zieht den HLG nur langsam in die waagerechte Kreisflugbahn. Je weiter hier der HLG zurückbleibt, um so größer ist später der Beschleunigungsweg.



3.) Beginn der Beschleunigungsphase: immer noch ist das Modell weit hinter dem Werfer, die linke Schulter wird nach vorn gedrückt. Das linke Bein macht einen Ausfallschritt in Wurfrichtung, um die Beschleunigungsstrecke weiter zu verlängern.



4.) Mitten in der Beschleunigung wird dann am gestreckten Arm der HLG mit voller Kraft nach vorn und oben gezogen. Am Modell zeigen sich deutlich Verformungen durch die Zugkräfte am Randbogen.



5.) Der Abwurf passiert auf der Höhe des Werfers mit immer noch gestrecktem Arm. Wenn der Arm gebeugt oder das Modell bis weiter nach vorn beschleunigt wird, kann es zu den beschriebenen Strömungsabrissen nach der Freigabe kommen. Der Werfer hat oft das Gefühl, der Randbogen würde ihm zu früh aus der Hand rutschen. So jedoch gelingen die saubersten Abwürfe.



6.) Nach dem Abwurf muß nur noch die Drehbewegung des Körpers abgefangen werden. Dabei ist zu beobachten, wie der HLG auf unglaubliche Höhen steigt. Die Trimmung des Modells sollte dabei so eingestellt sein, daß sich kurz nach dem Abwurf ein senkrechter Steigflug ergibt. Die zweite Hälfte des Steigfluges kann dann schon wieder gesteuert werden.



7.) Jochen Reuter mit einem neuen „Flitzbogen 2000“. Schlanker Flügel mit kombinierten Querrudern/Wölbklappe, Steuerung über insgesamt drei Servos C 261, Stromversorgung aus zwei Zellen



14



13



15



16



17



18

Bilder

Tadiran 430 mAh. Auf dem Flächeninhalt von 19,5 qdm lasten Gewichte ab 200 bis 260 g.

8.) Leitwerk eines „Flitzbogen 2000“ aus 3 mm Balsaholz und vollflächiger 25 g/qm Glasgewebebeschichtung. Das Höhenruder ist vor dem Seitenleitwerk angebracht, so daß es nicht durch dessen Wirbel beeinflusst wird. Das Seitenleitwerk ist nicht angelenkt und seitlich so an das Rumpfrohr geklebt, daß ein Teil des Flächeninhaltes unter den Rumpfrohr liegt.

9.) Griffposition mit Wurfstift im „Flitzbogen 2000“-Außenflügel. Durch die ergonomische Handhaltung kann die Wurfenergie effizient in den HLG eingebracht werden.

10.) Der Wurfstift ist diesmal ganz außen angebracht. Das Modell kann auch nur an diesem Stift gut geführt werden.

11.) Handhaltung für Flügel ohne Wurfstift. Um die Zugkräfte zu übertragen... muß ein hoher Druck auf den Flügel ausgeübt werden. Verstärkungen im Randbogen sind notwendig.

12.) Handschuhe waren auf Wettbewerben verschiedentlich zu sehen. Hier bei Michael Bene um die Reibung zwischen Wurfhand und Flügel zu erhöhen und um so stärker beschleunigen zu können. In anderen Fällen auch zum schonen der Fingerkuppen am Wurfstift.

das Seitenleitwerk übernommen, dem somit eine ganz besondere Bedeutung zukommt. Ist das Seitenleitwerk zu klein, dann kann es nach der Freigabe zum Strömungsabriß kommen, welcher im unkontrollierten Flugzustand endet. Das Seitenleitwerk ist aber auch für den weiteren Steigflug von Bedeutung. Der Wechsel vom Kreis- zum Geradeausflug leitet eine Pendelbewegung um die Hochachse ein, die zu dämpfen ist. Da diese Pendelbewegung den Widerstand des Modells stark erhöht, sollte sie möglichst stark gedämpft werden. Ein großes, überdimensioniert erscheinendes Seitenleitwerk bringt also effektiv Starthöhe.

Dies alles gilt für ein querrudergesteuertes Modell ohne viel V-Form. Bei einem Zweiachsmodell, welches in der Regel mit deutlich mehr V-Form gebaut wird, kommt ein weiterer

Aspekt hinzu. Aufgrund der Schiebeflugzustände nach der Freigabe kommt es im Steigflug zu einer Rollbewegung nach links. Entgegenwirken kann man dem durch einen Seitenruderausschlag nach rechts. Die nötigen Ruderausschläge werden meist – durch einen Schalter für den Steigflug abrufbar – in die Fernsteuersender programmiert und können so für den Normalflug schnell wieder ausgeschaltet werden.

Motork

Der Bewegungsablauf beim „side arm launch“ ist in der Bilderfolge dargestellt und beschrieben. Dabei bleibt die Frage, wie sich nun ein Neueinsteiger an diese Wurftechnik herantasten sollte. Hier ist grundsätzlich nur davon abzuraten, ein nicht entsprechend

ausgelegtes Modell für die ersten Versuche heranzuziehen. Mit einem angepaßten HLG hingegen gelingen die ersten Würfe recht schnell. Dabei sollte man jedoch erst einmal auf einen Krafteinsatz völlig verzichten und den Bewegungsablauf langsam üben. Von Vorteil ist ein Helfer, der das Modell steuert und die Wurfbewegung beobachtet, um Korrekturen möglichst früh anzubringen. Ein häufig zu beobachtender Fehler ist, daß das Modell bereits während der ersten 270° der Körperdrehung seitlich, also parallel zur Brust des Werfer, geführt wird. Zur Beschleunigung wird dann in der Schlußphase der Wurfarm bis vor den Körper gezogen. Damit wird der Mittelpunkt der Kreisbahn von der Körpermitte in das Schultergelenk verlegt und so der Kreis zugezogen. Dadurch ist direkt nach der Freigabe ein sehr starker seitlicher Schiebeflug am Modell zu beobachten, und dieser erzeugt einen sehr großen Widerstand im schnellsten Steigflugabschnitt. Günstiger ist es, das Modell von weit hinter dem Rücken hervor zu beschleunigen und die Kreisbahn in Verbindung mit dem Ausfallschritt in Wurfriechtung leicht zu öffnen.

Ist die Bewegung dann einigermaßen sicher, kann die Geschwindigkeit in der letzten Beschleunigungsphase langsam gesteigert werden. Man kann dabei auch feststellen, daß nur wenig Kraft eingesetzt werden muß, um die bislang per Speerwurftechnik erreichten Höhen zu erreichen. Der Einsatz der vollen Wurf-

kraft sollte erst allmählich und mit langsamer Steigerung erfolgen, dann verbessern sich die Wurfhöhen noch einmal deutlich.

Grundsätzlich läßt sich über die s.a.l.-Technik noch sagen, daß sie für den Werfer einfacher zu erlernen ist als die Speerwurftechnik, welche als eine der kompliziertesten in der Leichtathletik gilt. Auch die physische Beanspruchung, sei es in Gelenken oder auch in der Muskulatur, ist bei der harmonischen Kreisbewegung deutlich geringer. Das Erlernen des s.a.l. ist daher besonders all denen zu empfehlen, die bisher aufgrund entsprechender Beschwerden ein Defizit in der Wurfhöhe hatten.

Wer beim Erlernen des „side arm launch“ keine Rückschläge in Form von völlig zerstörten HLGs erleben möchte, der kommt nicht umhin, sich Zeit zu nehmen. Die sicherere Beherrschung der Wurftechnik erfordert sicherlich, je nach Begabung, 500 bis 1.000 Probewürfe. Auch danach sollte jeder HLG-Pilot so verantwortungsvoll sein und nie die Richtung von Menschen in geringer Entfernung werfen.

Modellauslegung

Wer bis hierhin mit seinem alten HLG gekommen ist, der hat das Modell früher viel zu stabil gebaut: Die Belastungen am Modell sind bei kräftigen s.a.l.-Starts deutlich höher

und auch andersartig als bei der alten Speerwurftechnik. Der Grund dafür liegt in der Krafteinleitung vom Randboden aus und den im Kreisflug austretenden Beschleunigungs- und Fliehkräften.

Diese Fliehkräfte berechnen sich aus $F = (m \times v^2)/r$ (m = Modellmasse; v = Abwurfgeschwindigkeit; r = Radius der Kreisbahn). Unter den Annahmen $m = 300$ g und $r = 1,5$ m (Armlänge + Halbspannweite) ergibt sich schon bei einer Abwurfgeschwindigkeit von 90 km/h eine Kraft von 125 N, welche einer Gewichtskraft von 12,5 kg entspricht. Diese Abwurfgeschwindigkeit ist für Steigflüge auf ca. 22 m ausreichend, beim „side arm launch“ sind jedoch deutlich größere Abwurfgeschwindigkeiten möglich. Somit ist mit bis zu doppelt so hohen Kräften zu rechnen.

Eine Beschreibung der notwendigen Bauweisen soll im folgenden am Beispiel des neuen „Flitzebogen 2000“ vorgeführt werden:

Der Flügel ist in Schalenbauweise aus einem Sandwich aus 25 g/qm als Innen- und Außenlaminat und Stützstoff aus 1 mm Rohacell oder 0,8 mm Balsa aufgebaut. Der Holm besteht aus einem 5 mm breiten Balsasteg und je zwei Carbonrovings pro Holmgurt. Da die Krafteinleitung vom Randbogen aus geschieht, ist der Holm auch bis dort fortgesetzt. Für die Fortsetzung auf Seite 69!

Krafteinleitung von der Hand des Werfers gibt es die zwei grundlegenden Möglichkeiten des Reibschlusses und des Formschlusses. Reibschluß meint, daß der Pilot die Fliehkraft durch einen entsprechenden Druck seiner Finger auf den Außenflügel überträgt. Der Druck müßte dabei so groß sein, daß die leicht gebaute Schale unserer Flügel auf Dauer versagen, sprich einbeulen, würde. Eine formschlüssige Verbindung hingegen kann aus einem Griff, der von den Fingern der Wurfhand umschlossen werden kann, bestehen. Dieser Griff muß direkt mit dem Holm verklebt werden. Bei unseren Modellen wird ein nach oben und unten aus dem Flächenende herausragender CFK-Stift mit zwei Fingern umfaßt. Dieser Stift hat in Wirklichkeit die Form eines T, so läßt er sich auf großer Länge mit dem Holm verkleben. Die Krafteinleitung erfolgt auf diese Weise direkt in tragende Bauteile.

Für ein Zweiachsmmodell mit mehrfacher V-Form ergibt sich durch die Zugkräfte in Spannweitenrichtung noch eine zusätzliche Belastung. Die V-Form-Knicke werden aufgebogen, die Oberseite der Fläche in diesem Bereich also einer großen Zugbelastung ausgesetzt. Verstärkungen sind hier notwendig.

Eine Verschraubung der Tragfläche auf dem Rumpf mit zwei M4-Kunststoffschrauben hat sich als nicht ausreichend erwiesen, die Schrauben wurden auch bei geringen Rumpfgewichten unter 110 g (flugfertig inkl. Leitwerk) abgeschert. Wie uns erst einige Fotos vom Abwurf zeigen, wird diese Stelle hoch beansprucht und entsprechend verformt. Es ist daher dringend zu einer festeren Verbindung durch Stahlschrauben oder dickeren Kunststoffschrauben zu raten.

Der Rumpf wird vor und nach dem Abwurf stark auf Biegung beansprucht. Die Hauptbelastung ergibt sich dabei aus den aerodynamischen Kräften auf das Seitenleitwerk, welches, wie oben beschrieben, den Übergang zwischen den Flugphasen dämpfen muß. Der Leitwerksträger unserer Rumpfe besteht aus selbstgefertigten konisch zulaufenden Carbonrohren. Sie bestehen aus einem Carbon-schlauch 10 g/m und zusätzlicher unidirektionaler Verstärkung in Form von 4-12 NF-24-Carbonrovings. Derartig biege- und torsionssteife Rumpfe geben dem Modell eine gute Richtungsstabilität im Steigflug und leisten so einen Beitrag zur Wurfhöhe. Die Hebelarmlänge ist gegenüber den Zweiachs-HLGs des Vorjahres wieder kürzer geworden und liegt nun deutlich unter 600 mm. Die Stabilität um die Querachse ist für die Wurftechnik ausreichend, die Modelle sind im Flug jedoch deutlich agiler.

Die notwendige Dämpfung um die Hochachse läßt sich am einfachsten mit einem Kreuzleitwerk erzielen. Die erforderliche Größe des Seitenleitwerks ist dabei von der Masse des Modell und insbesondere der Außenflügel abhängig. Bei unseren leichten (unter 260 g) HLGs ist eine Seitenleitwerksfläche ab 1,3 qdm ausreichend, schwerere Modelle benötigen mehr. Zu kleine Seitenleitwerke sind daran zu erkennen, daß die Modelle nicht richtungsstabil steigen, auch wenn der Werfer die Technik beherrscht. Die Seitenleitwerke sind bei unseren Modellen nicht angelenkt, d. h. der gesamte Flächeninhalt steht als reine Dämpfungsfläche zu Verfügung. Möchte oder kann man auf die Ansteuerung des Seitenleitwerks nicht verzichten, so ist das Ruderhorn des Seitenleitwerks auf der rechten Seite anzubringen. Im Beschleunigungskreis ist die Anlenkung dann auf Zug beansprucht und das Seitenruder kann unter den aerodynamischen Kräften nicht so einfach verbogen werden. Die sich in letzter Zeit durchsetzenden Anlenkungen mit zwei Seilen ist für die hohen Kräfte auf das Seitenleitwerk nicht steif genug. Seitenleitwerke aus festem 3-mm-Balsa haben sich wiederholt als zu schwach erwiesen, sie brachen bei den Starts. Daher sind die Brettchen teilweise oder auch auf ganzer Fläche mit GFK-Gewebe und CFK-Einlagen verstärkt. Bei der Gestaltung des Seitenleitwerks ist zu beachten, daß vom Rumpf aus einseitig angebrachte Flächen, zum Beispiel nur nach oben, ein Torsionsmoment in den Rumpf einleiten. Dieses Moment kann einen konventionellen GFK-Rumpf zerbrechen. Darum gehen viel Konstrukteure dazu über, oberhalb und unterhalb des Rumpfes gleich große Seitenleitwerksflächen anzubringen, so daß sich die Momente gegenseitig aufheben. Die größte mechanische Stabilität ergibt sich, wenn dabei durchlaufendes Holz Verwendung findet und das Ruder seitlich an das Rumpfrohr geklebt wird. Bezüglich des Höhenleitwerks ist darauf zu achten, daß die Verklebung mit dem Rumpf großflächig und besonders fest gestaltet werden muß. Auch die Anlenkung muß spielfrei und möglichst unelastische sein.

Aerodynamik

Schon beim Wurf eines 300-g-HLGs auf eine Höhe von 20 m werden ca. 40 Prozent der kinetischen Energie aus der Abwurfgeschwindigkeit durch den Luftwiderstand aufgezehrt. Bei höheren Abwurfgeschwindigkeiten steigt dieser Anteil überproportional an. Daher gewinnt die gelungene aerodynamische Auslegung des gesamten Modells an Bedeutung. Bei Querrudermodellen mit Rudern, die über die gesamte Spannweite reichen (Flaperon-Auslegung), besteht die Möglichkeit, die Wöl-

bung mit einfachen Mitteln über senderseitige Mischer zu variieren. Es liegt also bei dieser Auslegung nahe, die Wölbung für den Start zu verringern und im anschließenden Gleitflug wieder zu erhöhen. Durch diese neuen Möglichkeiten stellt sich nun wieder die Frage nach der optimalen Profilierung. Wir haben ein Profil mit einer Wölbung von nur 1,3 Prozent gewählt und kommen mit einer Dicke von 6,5 Prozent aus. Andere Neukonstruktionen dieses Jahres gehen in die selbe Richtung.

Erreichter Leistungsstand beim s.a.l.

Der unbedarfte Leser hat sich zwischenzeitlich sicher gefragt, wozu eine neue Startmethode entwickeln, wenn man auch mit der konventionellen Art Thermikanschluß finden kann? Die Antwort ist einfach: 40 m Wurfhöhe. Bei Gegenwind kann es auch mal mehr sein. Nach der „Speerwerfer“-Methode können trainierte Werfer auf Höhen von 22-24 m werfen, wobei sich schon nach einigen Starts Ermüdungserscheinungen bemerkbar machen. Die Wurfhöhe kann also um bis zu 70 Prozent gesteigert werden. Mit der erreichten Höhe kann auch ein HLG mit höherer Sinkgeschwindigkeit, die sich aus der geänderten Modellauslegung ergibt, noch um einiges länger fliegen als bisher.

Einsatzmöglichkeiten der Wurftechnik

Für die Freizeitfliegerei ergibt sich durch die größeren Starthöhen und eine auf besseren Streckenflug ausgelegte Modellkonstruktion viel häufiger die Möglichkeit, Thermik aufzuspüren und auszunutzen. Die nach Thermik absuchbare Fläche hat sich seit dem Vorjahr nahezu verdoppelt, die Anzahl der erfolgreichen langen Flüge ebenfalls. Obwohl dieses grundsätzlich auch für Wettbewerbserfolge von großem Vorteil ist, ergibt sich auch ein Nachteil: Ein s.a.l.-Start dauert länger als ein konventioneller Wurf. Bei Wettbewerbsaufgaben, die ein schnelles Landen und wieder Starten des Modells erfordern, sind die fünf Sekunden bis zum Neustart zu lang. Das Fangen des Modells am Rumpf ist dabei nur zeitraubend, schneller ist es, am Boden zu landen und am Randbogen wieder aufzuheben. Die Perfektion, den HLG am Randbogen zu fangen und nach der 360°-Drehung gleich wieder davon zu schleudern, ist sehr schwer zu erlernen, scheint aber möglich.

Dem Grundgedanken, aus einem Handstart in die Thermik fliegen zu können, kommt man mit dieser neuen Wurftechnik jedoch einen bedeutenden Schritt näher.

Uwe Reker, Achim Streit