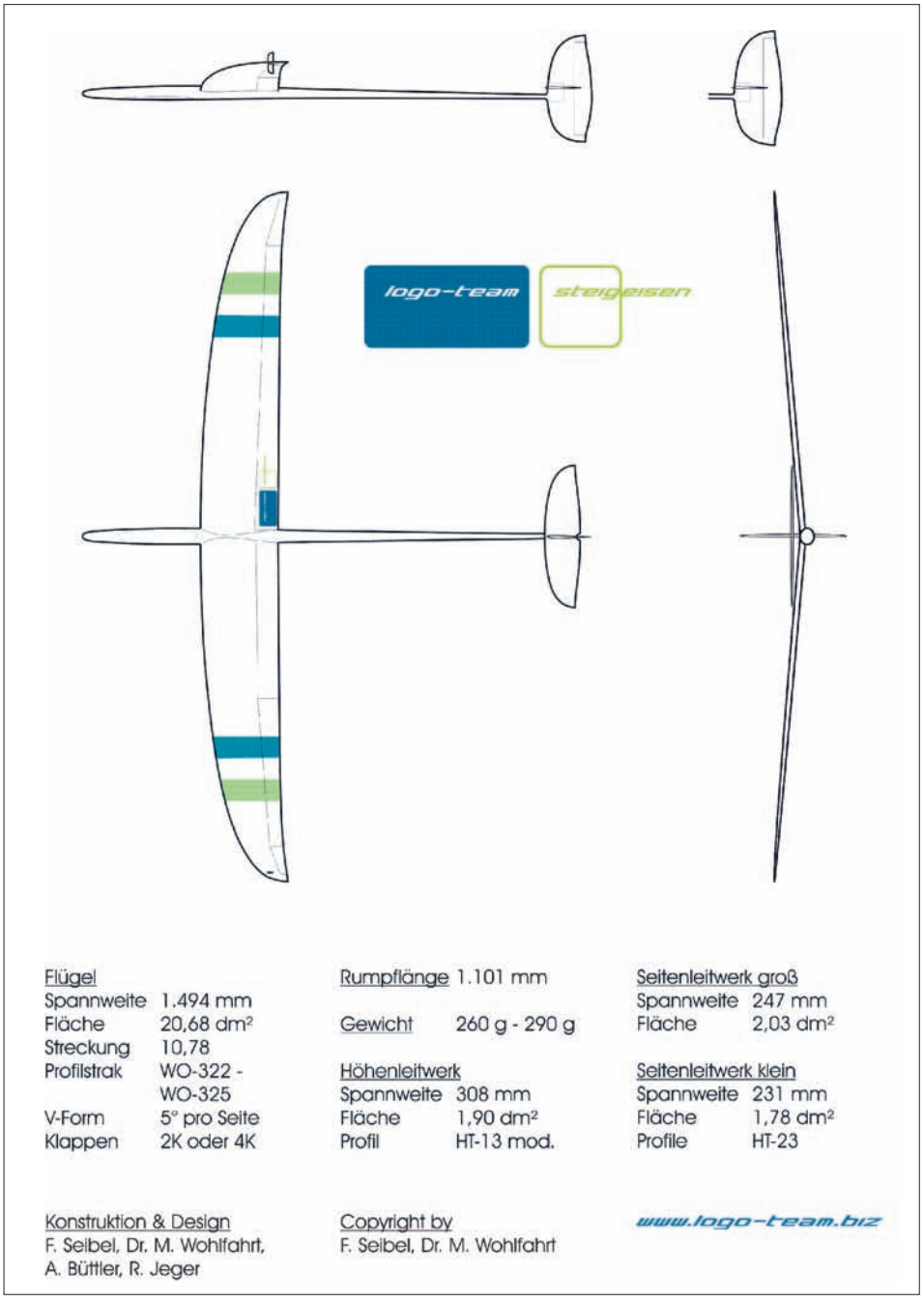
Steigeisen vom Logo-Team

Philosophie und Technolgie eines F3K-Modells

In der Saison 2004 tauchte in der Wettbewerbsszene erstmals ein F3K-Modell mit einem deutlich gepfeilten Flügel auf. Der Vogel hörte auf den Namen „Kohlibri“. Die Flügel in Schalenbauweise wurden in CNC-gefrästen Negativformen gebaut. Rümpfe und Leitwerke stammten aus unterschiedlichen Formen. Der „Kohlibri“ war das Ergebnis verschiedener Untersuchungen zur Pendelbewegung eines DLG beim Start. Das Ergebnis war, dass sich durch Verändern verschiedener Auslegungsparameter die Pendelbewegung nach der Modellfreigabe beim Discus-Start positiv beeinflussen lässt. Am stärksten lässt sich dieses Pendeln durch eine Rücklage des Wurfstifts gegenüber dem Schwerpunkt in Flugrichtung beeinflussen (siehe Box). Dass dieses Konzept aufging, zeigte „Kohlibri“ mit einem Contest-Sieg in Bregenz im Herbst 2004.

Mittlerweile hat der „Kohlibri“ seine Schuldigkeit als Entwicklungsträger getan und kann in den wohlverdienten Ruhestand entlassen werden. Rechtzeitig vor der Pensionierung hatten sich André Büttler und Raphael Jeger zu den „Kohlibri“-Piloten gesellt. Die beiden entschieden sich zusammen mit den beiden Autoren im Frühjahr 2007 für die Entwicklung eines verbesserten Nachfolgers. Eingeflossen sind die Erfahrungen aus dem Wettbewerbseinsatz der vergangenen Jahre.



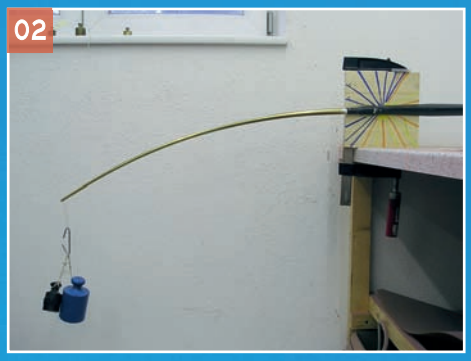
Die größte Leistungssteigerung wird durch einen neuartigen Profilestrak erreicht. Von diesem wurde immerhin verlangt, dass er sowohl mit den „Aspirin“- oder „SALpeter“-Profilen, als auch mit dem Profilestrak „AG-455ct-02r“ -> „AG-46ct-02r“ -> „AG-47ct-02r“ von Mark Drela (u.a. auf „SuperGee II“ und „Fireworks“) mithalten kann. Der Profilestrak „WO-322“ -> „WO-323“ -> „WO-324“ -> „WO-325“ des „Steigeisen“ bezieht seine F3K-Leistung aus dem Spagat zwischen Startdynamik beim Wurf und geringem Sinken im Langsam- und Kreisflug. Seit sich die Wettbewerbstaktik häufig auf die Thermiksuche im Rückraum konzentriert, hat die Gleitleistung eines F3K-Modelles beim Rückflug gegen den Wind beim Profilentwurf sehr an Bedeutung gewonnen.

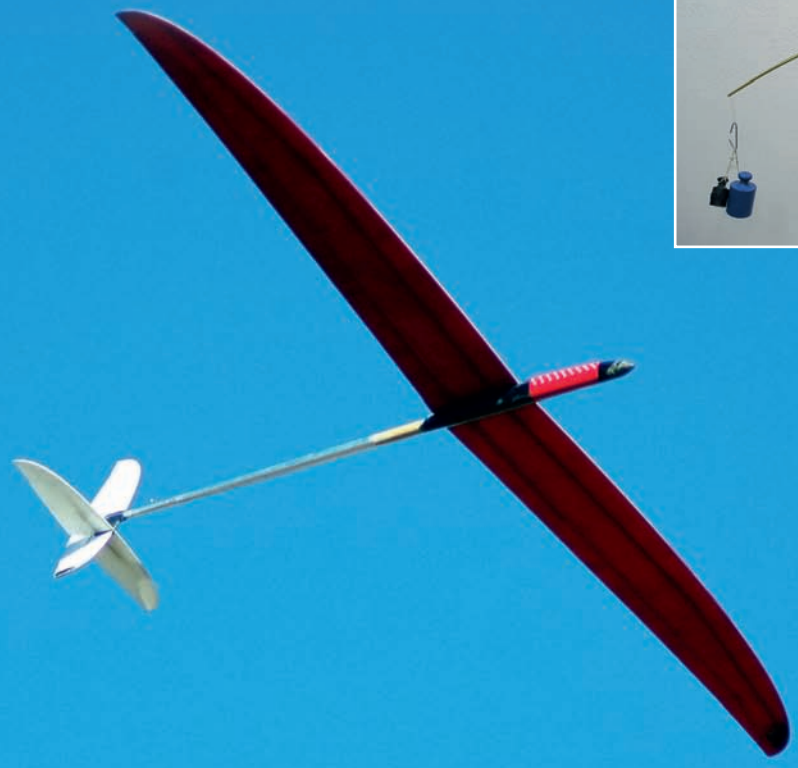
Diese Gleitleistung bei mittleren Geschwindigkeiten wird beim neuen Flügel zusätzlich durch eine höhere Streckung verbessert: Die Flächenbelastung darf dadurch etwas zunehmen, was im mittleren Geschwindigkeitsbereich zu besseren Gleitzahlen führt. Im Langsamflug gleicht der geringere induzierte Widerstand die Flächenbelastung wieder aus. Vor allem im engen Kreisflug kommt außerdem der hohe Maximalauftrieb des Profils zum „Tragen“!

Beim Rumpf setzen wir nach all den Behelfslösungen auf einen Rumpf „aus einem Guss“: Wieso muss ein F3K-Rumpf aus zwei Teilen verklebt werden? Wieso wird der Rumpf im Bereich des Flügels genau an der Stelle des größten seitlichen Biegemomentes am stärksten eingeschnürt? Wieso überlagert man die Druckanstiege von Flügel und Rumpf durch solch starke Einschnürungen? Der Dickenverlauf beim „Steigeisen“ ist weich und homogen. Sein Vorderteil entsteht aus einem Laminarkörper, ausgelegt auf den schnellen Gleitflug. Die Breite des Leitwerksträgers ist dem Biegemomentenverlauf angepasst. Der Rumpf hat einen flach-ovalen Querschnitt, da beim DLG die seitlichen Kräfte beim Wurf dominieren.

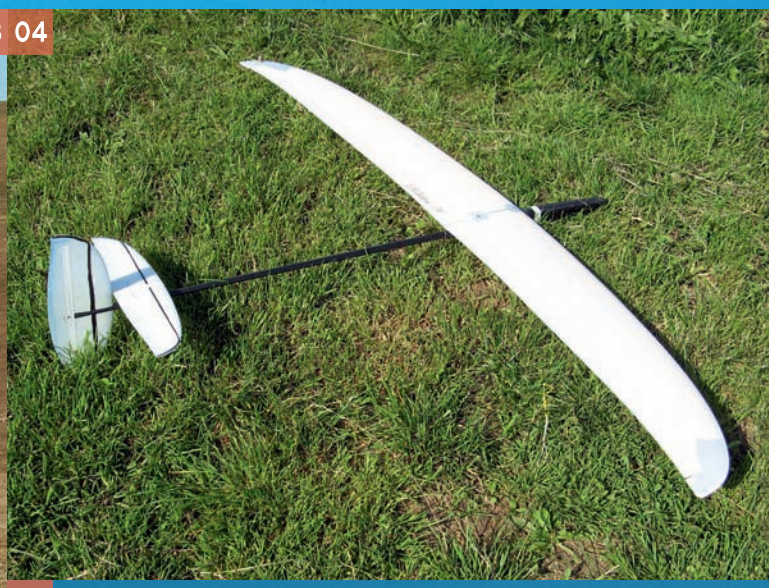
Im vorderen Teil lässt der Rumpf Platz für den Einbau von bis zu vier Servos „C-281“ (Graupner), auch ohne Operationsbesteck. Der Haubenausschnitt liegt nicht seitlich, wo er die Rumpffestigkeit bei Belastung durch die Fliehkräfte im Wurf schwächt, sondern unten. Er ist so groß, dass man bequem an Quarz und Servos kommt. Auch ist die Unterbringung eines 2,4-GHz-Empfängers möglich. Durch den Zugang von unten wird erreicht, dass die Ruderanlenkungen für alle vier Ruder geradlinig und ohne Komplikationen unter der Flügelauflage hindurch laufen können. Es ist sogar noch Platz für eine Ballastkammer. Zum Befüllen dieser Kammer muss der Flügel nicht demontiert werden.

Diese Praxistauglichkeit ist beim Bau und im praktischen Betrieb auf dem Flugfeld unbezahlbar. Im Wettbewerb entscheidet bei einem Anlagenausfall die gute Zugänglichkeit der RC-Teile schon mal





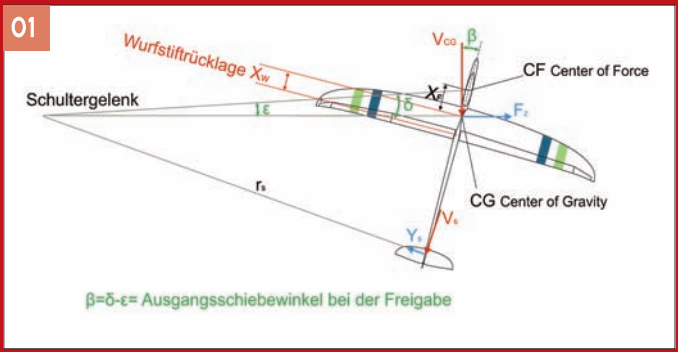
01 Auffallend, dass der einteilige Rumpf hinter dem Flügel nicht stark eingeschnürt ist 02 25 kg hängen hier am Rumpfausleger 03 So machen die Testflüge Spaß: Tolles Wetter, weite Wiesen und ein klasse Modell 04 Der „Kohlibri" ist das direkte Vorgängermodell zum „Steigeisen" 05 „Steigeisen" ist eines der leistungsfähigsten DLG-Modelle des Jahres.



Gepfeilte Flügel an DLG-Modellen? Wozu denn das?

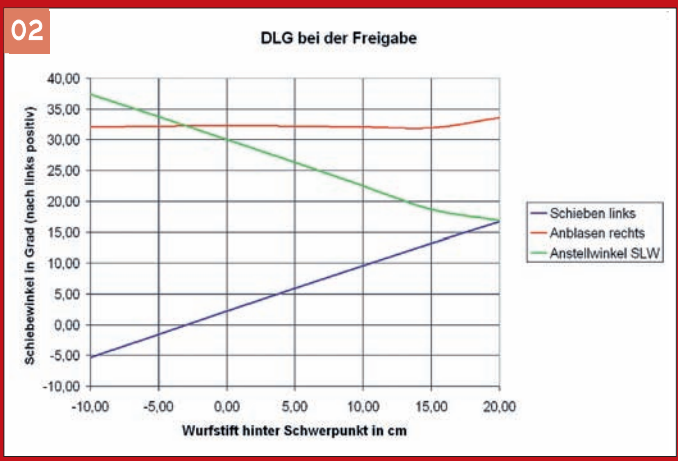
Die ersten Überlegungen zum Pendeln eines DLG nach dem Freigeben stammen aus dem Jahr 2003. Christoph Bolatzki, Bruno Sigrist, Reinhard Kaufmann, Florian Seibel und Michael Wohlfahrt gingen das Pendelproblem von verschiedenen Seiten an: Elementare geometrische Überlegungen, Aufnahmen mit Hochgeschwindigkeitskameras und Berechnungen führten alle zum gleichen Ergebnis: Der Wurfstift muss nach hinten! Um dies zu erreichen, wird der Flügel gepfeilt. Die weitgehendste Analyse findet sich in der Diplomarbeit von Florian Seibel („Konstruktion, Berechnung und Bau eines Flugmodells zur Untersuchung der Pendelbewegung“). Sie enthält eine Computersimulationen des gesamten Pendelvorgangs.

01



Was bewirkt nun diese Wurfstiftrücklage? Vereinfacht gesagt, ist der Schiebewinkel des Modells direkt nach der Freigabe abhängig von der Position des Wurfstiftes, sodass die unvermeidliche Pendelbewegung aus günstigerer Ausgangssituation (siehe Grafik 1) erfolgt.

02



Betrachten wir zum tieferen Verständnis an Hand von Abbildung 2 die beiden folgenden Modelle:

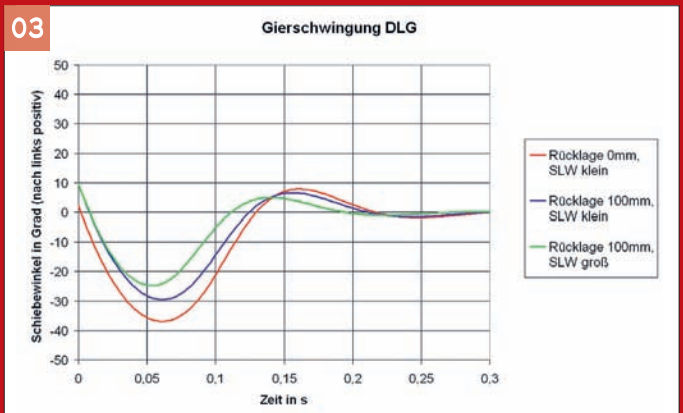
- Damit Modell 1 die Hand des Werfers mit 0° Schiebewinkel verlässt, ist eine Vorlage des Wurfstiftes von 3 cm vor dem Schwerpunkt erforderlich. Auf den ersten Blick scheint dies ideal. Es entspricht etwa einem Flügel mit gerader t/4-Linie.
- Vergleicht man dies mit Modell 2 mit einer Stiftrücklage von 10 cm, so beginnt der Steigflug hier mit einem 10° Schieben (Nase rechts).

Dazu kommt aber noch folgendes: In beiden Fällen ist der Drehimpuls des Modells aufgrund der Drehung um den Piloten gleich groß. Diese Drehung beider Modelle um seine Hochachse nach links bewirkt eine zusätzliche Anströmung des Seitenleitwerks mit 32° von rechts! Der Gesamtanstellwinkel des Seitenleitwerks ergibt sich aus Schiebewinkels plus der Anströmung durch die Drehbewegung. Bei Modell 1 bedeutet dies einen Anstellwinkel des Seitenruders von 0°+ 32°=32° gegenüber -10°+32°= 22° bei Modell 2.

Dass ein Seitenruder bei 32° Anströmung völlig abgelöst ist, weniger Auftrieb liefert und einen höheren Widerstand erzeugt als das gleiche Seitenruder bei 22° ist offensichtlich. Sicher ist auch das noch zuviel, aber die Ausgangssituation ist bei Stiftrücklage weniger kritisch: Das Seitenleitwerk ist länger im normalen Anstellwinkelbereich und dämpft das Pendeln daher früher und stärker. Ohne Stiftrücklage sind die abnormalen Anstellwinkel größer und sie dauern länger an.

Beide Modelle sind nun freigegeben und die mit dem Steigflug gekoppelte Gierschwingung beginnt. Grafik 3 zeigt den mit dem Simulationsprogramm ermittelten Pendelausschlag des Modells um die Hochachse für 3 verschiedene Fälle:

03



Beträgt die Rücklage 0 cm (ungepfeilter Flügel), so wird ein maximaler Schiebewinkel von 38° erreicht. Im Vergleich dazu bewirkt eine 10 cm Rücklage beim großen Seitenleitwerk einen Rückgang des Maximums auf 24°. Hinzu kommt die schnellere Dämpfung. „Steigeisen“ verliert also anschaulich gesprochen beim Abwurf nicht soviel Energie wie das Vergleichsmodell ohne Stiftrücklage und steigt deshalb höher. Ganz anschaulich wird dies, wenn man die Tipps aus der Praxis mit unseren Ergebnissen vergleicht. Immer wieder hört man den Satz: „Lass den Arm hinten beim Wurf.“ Und dies aus gutem Grund. Genau damit versucht man einen Abwurf mit dem Heck nach links schiebend zu erreichen. Die Wurfhöhe wird besser. Das Gegenteil geschieht beim so genannten Verreißen des Modells. Zu langes Festhalten führt zu beängstigenden Schiebewinkeln und niedrigen Wurfhöhen (entspricht Wurfstift vorne). „Steigeisen“ hat „den Arm hinten lassen“ schon eingebaut. Ein Verreißen des Modells passiert beim „Steigeisen“ also nicht so schnell. Wichtig ist dies für konstant hohe Würfe, gerade in der Hektik eines Wettbewerbes oder beim DLG Neuling. Dies wird von allen Piloten, die den „Kohlibri“ geworfen haben, bestätigt. Als Nebeneffekt konnten wir bereits am „Kohlibri“ feststellen, dass sich die Flügelpfeilung positiv auf die Spiralsturzstabilität auswirkt: Das Modell kreist wie eine Eins und muss nicht ständig mit dem Querruder abgestützt werden. Aus diesem Grund kommt der Pfeilflügel auch mit weniger V-Form aus. Das Schöne daran ist, dass diese Art von V-Form-Effekt mit abnehmendem Anstellwinkel verschwindet. „Steigeisen“ und „Kohlibri“ haben also gewissermaßen eine variable V-Form: Beim Wurf wenig, beim Kreisen viel!

über Null oder Nicht-Null. Dank der sorgfältigen Auslegung der Rumpfkontur als Laminarkörper und dank der Anpassung an den Stromlinienverlauf bleibt der Widerstand des Rumpfes bei allen Anstellwinkeln klein. Ohnehin ist ein aerodynamisch berechneter Rumpf dasjenige Flugzeugteil mit dem geringsten Widerstand. Gebaut wird der Rumpf in einer Art Autoklavtechnik. Hier fließt das Know-how unseres Schweizer Meisters F3K 2007, Raphael Jeger, ein. Bei dieser Technik wird das Gewebe von innen mit sehr hohem Druck an die Rumpfform gepresst und gleichzeitig erhitzt. Temperaturen über 80° C sind möglich.

Das Rumpfende geht aerodynamisch glatt in eine taschenförmige Aufnahme für das Seitenleitwerk über. Dieses wiederum hat eine entsprechende Vertiefung, sodass sich die Aufnahme komplett in die Kontur des Seitenleitwerks integriert. Kein aufwändiges Ausmessen mehr, einfach einkleben – Fertig! Das unsymmetrische „HT-23“-Profil ist damit automatisch im richtigen Winkel angestellt. Das Seitenleitwerk bauen wir in zwei Größen für unterschiedliche Abfluggewichte und Wurfperformance. Für die Dämpfung des Pendelns nach dem Wurf hat sich das sehr gut bewährt. Angeschlagen ist es in bewährter Technik mit Silikonscharnier.

Der eigentliche Clou des Modells ist aber wohl das Pendelhöhenleitwerk. Es sitzt als Kreuzleitwerk direkt auf dem Seitenleitwerk. Kein Pylon, kein Zusatzwiderstand, kein Aufwand beim Kleben oder Ausrichten. Es sitzt auf einem einzigen Kohlestab mit quadratischem Querschnitt. Kein komplizierter

Umlenkhebel mehr! Hier haben wir von den Erfahrungen des Münchner Teams um Xare Hafner profitieren dürfen. Es zeigte sich, dass die Lagerung des quadratischen Kohlerohres mit Mikrokugellager nicht erforderlich ist. Gelagert ist es deshalb direkt im Rumpf-Seitenleitwerksübergang. Das Leitwerk lässt sich innerhalb von Sekunden anstecken, ist automatisch angelenkt und gegen Herausrutschen gesichert. Pendelleitwerke sind vom Widerstand her beim Steuern und Trimmen besser als Klappenleitwerke. Bei diesen geht der Ausschlag im Interesse eines kleinen Leitwerkswiderstandes nämlich immer zur falschen Seite hin! Die Anformung am Seitenleitwerk ist so ausgeführt, dass das Höhenruder bei allen Ausschlägen dicht anliegt. Durch das Zurückversetzen des Höhenruders verbessert sich die Dämpfung um die Querachse. Die umspülte Fläche kann reduziert werden und trotzdem wird der Leistungsverlust durch Störungen verringert.

Die Formen für alle Teile wurden bei **www**.*fraesmich.de* gefräst. Die Präzision ist dank deren professionellem Equipment ausgezeichnet. Durch den verwendeten sehr geringen Abstand der Fräsbahnen sind auch kaum Nacharbeiten erforderlich. Eigentlich kann man gleich mit dem feinsten Schleifpapier beginnen und danach die Oberfläche polieren. Hier gilt: Je weniger der Mensch seine Finger drin hat, desto genauer sind die Flügelprofile.

Die Anlenkung von Seiten- und Höhenruder erfolgt mit Kohlegestängen in Teflonröhrchen. So verschwinden die Probleme mit der unterschiedlichen Längendehnung von Seilzügen und schwarzen Kohlerümpfen in der Sonne. Die Stahlfedern entfallen, die Anlenkung ist leichtgängig und spielfrei. Auch fällt das oft gesehene leichte Unterschneiden oder Aufbäumen des Modells (je nachdem ob Höhe oder Tiefe auf Zug angelenkt werden) beim Abwurf weg. Das Auswandern der Höhenleitwerksklappe (bisher durch Federkraft gehalten) aufgrund hoher Drücke im Bereich der Abwurfgeschwindigkeiten gibt es nicht mehr. Die Gestänge liegen innen, es gibt am ganzen Modell keine störend in die Umströmung ragenden Teile. Dieses Prinzip gilt auch bei der Anlenkung der Klappen am Flügel. Logischerweise genügen dem ohnehin die RDS-Anlenkungen im 2- und im 4-Klappen-Flügel. Aber auch die Anlenkung des 2-Klappen-Flügels mit Servos im Rumpf ist standardmäßig innen liegend. Die Montage des Flügels auf dem Rumpf mit Kugelköpfen verläuft einfach und schnell.

Unsere ersten Modelle fliegen seit vergangenem Herbst/Winter. So konnte „Steigeisen“ beim Abschlusswettbewerb der Contest-Eurotour in Bregenz im September mit Florian Seibel den zweiten Platz erzielen. Sollte „Steigeisen“ also schlechter sein als sein Prototyp „Kohlibri“? Der hatte am gleichen Ort drei Jahre zuvor immerhin den Wettbewerb gewonnen! Das Rätsel ist leicht aufgelöst: Florians „Steigeisen“ war erst am Tag zuvor fertiggestellt und quasi auf dem Wettbewerb eingeflogen worden.

Florian Seibel, Dr. Michael Wohlfahrt