



LS8 mit „neo“ Winglets

Möglichkeiten für aerodynamische Verbesserungen

Neue Winglets bei DG

Text: Jelmer Wassenaar
Fotos: Tom Schubert, Helge Kennel

Seit Ende der Neunzigerjahre sind die Fortschritte in der Aerodynamik für Segelflugzeuge immer bedeutungsloser geworden. Gleichzeitig hat aber der Zulassungsaufwand zugenommen, unter anderem durch komplexere Bauvorschriften für Segelflugzeuge und Motorsegler seit Gründung der Europäischen Luftfahrtbehörde EASA. Diese Entwicklungen bedeuten, dass die komplette Neuentwicklung eines Segelflugzeuges immer teurer geworden ist und dass das Preis-Leistungs-Verhältnis für den Segelflieger unter dem Strich nachlässt. Aus diesem Grund hat man bei DG Flugzeugbau versucht, Nachrüstungsmaßnahmen zu finden, welche zu bedeutenden Leistungsverbesserungen führen, gleichzeitig aber vom Zulassungsaufwand vertretbar sind.

Beispiele solcher Entwicklungen sind das kleine Spornrad für LS7 und LS8 und die Neuentwicklung von Winglets. Die neue Winglet-Reihe trägt den Namen „neo“ und ist für die DG-1000 in der 18-m-Ausführung, für die LS6 und LS8 in 15m sowie für die LS1-f gedacht. Dieser Bericht beleuchtet die komplette Neuentwicklung der Winglets anhand des Beispiels LS8. Bei der LS8 stammt vieles der Aerodynamik bekanntlich von der LS6, welche schon Anfang der Achtzigerjahre ausgelegt wurde. Obwohl die Optimierung der Winglets für die LS8 gemacht wurde, sind auch die Wölbklappenstellungen der LS6 durchgerechnet worden und das gleiche Winglet passt somit auf beide Muster.

Aufbau Netzwerk, Namen, Aufgaben

Nachdem Robert Schröder sich für die WM 2016 in Litauen qualifiziert hatte, kam er zu DG, um über mögliche Verbesserungen der Gleitleistung seiner LS8 zu sprechen. Es wurde darauf entschieden, die LS-typischen Wolfsohren durch klassische Winglets in neuen Stil zu ersetzen. Um die Aerodynamik der Winglets gezielt unter die Lupe zu nehmen, war es wichtig, den gewünschten Arbeitsbereich der Winglets genau zu definieren. Robert hat dazu mehrere Wettbewerbsflüge analysiert und daraus die Randbedingungen für die Winglets festgelegt.

Für die aerodynamische Auslegung der neuen Reihe von DG-Winglets war Johannes Dillinger verantwortlich. Johannes hat als ehemaliger Student von Loek Boermans

den aerodynamischen sowie strukturellen Entwurf der Concordia gemacht. Bei der LS8 wurde Johannes beim Profilentwurf von Benjamin Rodax unterstützt.

Das Flattergutachten der neuen Winglet-Reihe wurde von Dr. Fritz Kießling übernommen. Dr. Kießling ist bekannt durch seine langjährige Arbeit in diesem Fachgebiet am DLR Göttingen und arbeitet, seitdem er im Ruhestand ist, als Freiberufler für die Firma Leichtwerk.

Seit Januar 2014 besitzt DG eine 3-Achs-Portalfräse. Damit können Urmodelle und Prototypenformen bis zu einer Länge von fast drei Metern gefräst werden. Hauptvorteil von einer Fräse in eigenem Haus ist natürlich die Möglichkeit, schnell und flexibel arbeiten zu können.

Aerodynamische Auslegung/Optimierung

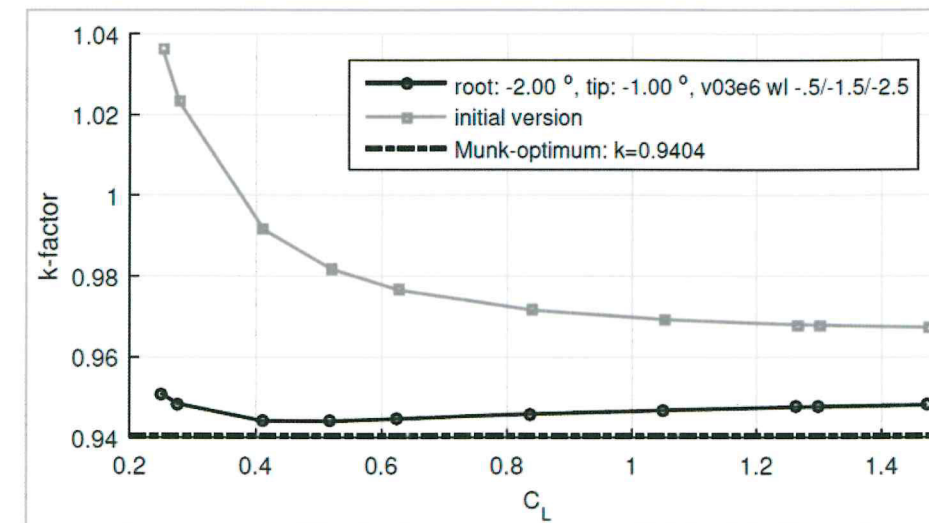
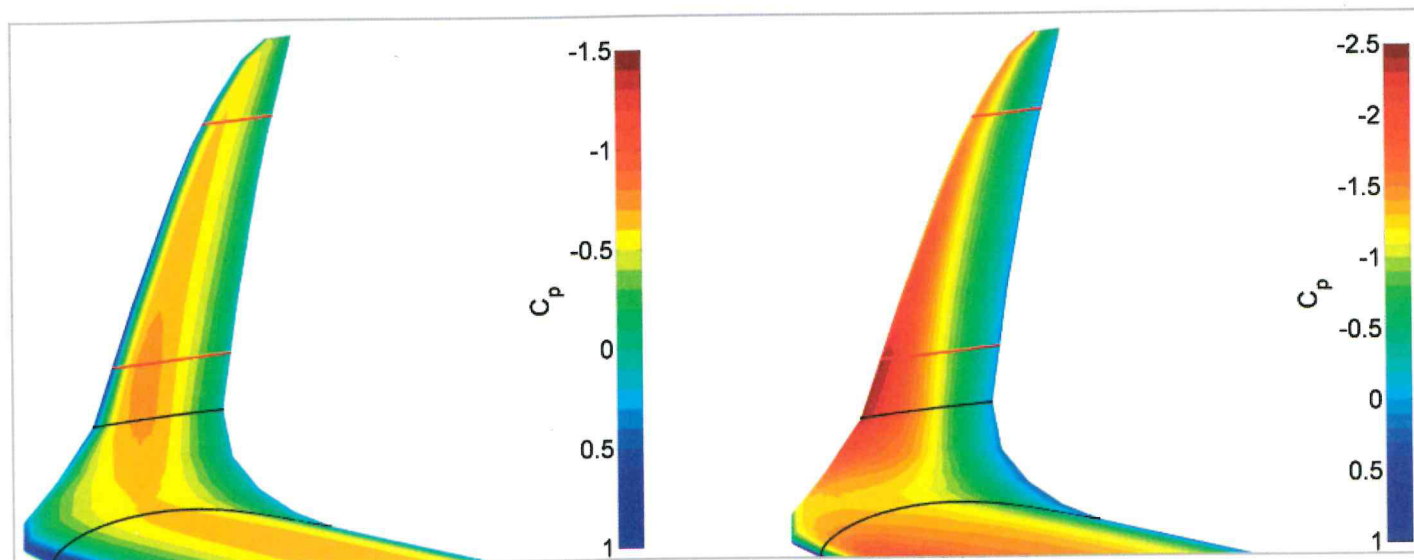
Für eine korrekte aerodynamische Auslegung wurden zunächst Randbedingungen festgelegt. Dazu gehört neben der nicht veränderbaren geometrischen Form des Flügels der gewünschte Einsatzbereich. Die Abflugmasse liegt realistisch in einem Bereich von 335 kg bis 525 kg, was einer Flächenbelastung von ca. 32 bis 50 kg/m² entspricht. Als obere Grenze für einen effizienten Vorflug zwischen dem Thermikreisen wurde aus den Analysen von Robert 200 km/h definiert. Der sich daraus ergebende Gesamtauftriebsbeiwert liegt zwischen 0,275 für Schnellflug und 1,3 für Langsamflug und legt den Arbeitsbereich des Winglets fest. Bei der Auslegung können neben den Profilen viele Parameter

variiert werden, wie Sehnenlänge, Einstellwinkel, Pfeilung und Gesamthöhe.

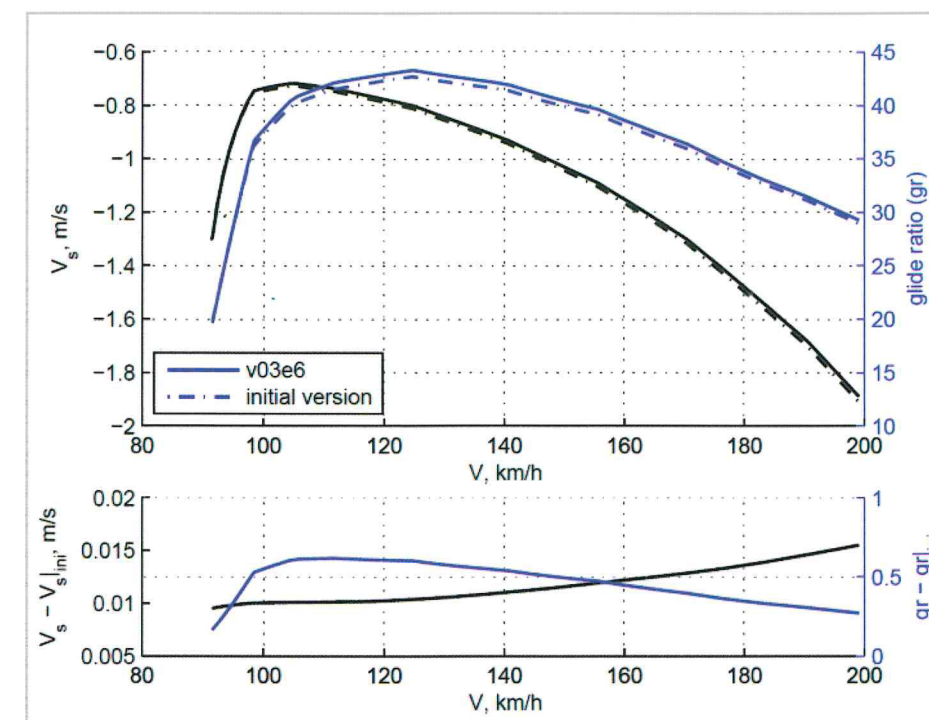
Wie können bei dieser Vielzahl an Möglichkeiten eine Auslegung und die aerodynamische Bewertung eines Entwurfs gelingen? Dazu muss die Wirkungsweise eines Winglets verstanden werden. Ein Teil des Gesamtwiderstands ist auftriebsinduziert. Dieser induzierter Widerstand liefert im Langsamflug ungefähr die Hälfte des Gesamtwiderstands und im Schnellflug nur ca. 10%. Er wird maßgeblich durch die Auftriebsverteilung in Spannweitenrichtung beeinflusst. Die optimale Auftriebsverteilung für einen flachen Flügel hat eine elliptische Form. Der sogenannte k-Faktor ist ein Maß für die Qualität der Auftriebsverteilung, für eine elliptische Verteilung entspricht $k = 1$. Mit Winglets kann ein Wert kleiner 1 erreicht werden, sie wirken wie eine Spannweitenvergrößerung. Die Auslegung hat das Ziel, ein Winglet zu finden, dass eine optimale Auftriebsverteilung des Flügels realisiert und somit den induzierten Widerstand minimiert. Wegen der zusätzlich angeströmten Wingletfläche erhöht sich die umspülte Oberfläche und dadurch der reibungsinduzierte Widerstand. Es ergibt sich ein „cross-over“-Punkt, ab dem die Reduzierung des induzierten Widerstands den zusätzlichen reibungsinduzierten Widerstand übersteigt.

Für den Auslegungsprozess müssen auf der einen Seite die zweidimensionalen Profile entworfen werden und auf der anderen Seite der dreidimensionale Wing-

Grafik 1: 3D-Druckverteilung am Winglet. Links für $Ca = 0,275$ (Schnellflug); Rechts für $Ca = 1,3$ (Langsamflug)



Grafik 2: k-Faktor für Wolfsohren und Winglet sowie Munk-Optimum



Grafik 3: Geschwindigkeitspolare und Leistungsvergleich zwischen Wolfsohren und Winglet für Abflugmasse 525 kg

let-Grundriss optimiert werden. Für den Profilentwurf wurde auf das open-source-Tool „XFOIL“ zurückgegriffen, welches ein interaktives Programm für den Profilentwurf im Unterschallbereich bereitstellt. Neben der Analyse der Strömung um Flügelprofile ist ein inverser Designprozess möglich. Dabei wird aus einer vorgegebenen gewünschten Druckverteilung die geometrische Form berechnet. Für die Analyse der dreidimensionalen Strömung wird auf ein 3D-Panelverfahren zurückgegriffen. Damit können reibungsfreie (theoretische) stationäre Druckverteilungen berechnet werden (**Grafik 1**).

Aufgrund der starken gegenseitigen Beeinflussung von Profildesign und Winglet-Grundriss auf die dreidimensionale Druckverteilung ist ein paralleler Designprozess nötig. Die Druckverteilung ist maßgeblich für die aerodynamischen Eigenschaften wie Umschlags- und Ablösepunkt, Widerstands- und Auftriebsbeiwert verantwortlich. Allein für die LS8 wurden 17 verschiedene Hauptkombinationen von Grundriss, Profilen und Verdrehung im Detail untersucht. Nur durch diesen Aufwand konnte eine optimale Auslegung gefunden werden.

LS8: Gerechnete Flugleistung und Vergleich zu den Wolfsohren

Für einen Vergleich und zur Bewertung des Entwurfs wurden die original „Wolfsohren“ mit demselben Vorgehen berechnet. Der k-Faktor als Maß für die Güte der Auftriebsverteilung konnte deutlich verbessert werden. Der Faktor befindet sich dicht am theoretischen Optimum nach Munk (**Grafik 2**).

Die Auswirkungen auf die Geschwindigkeitspolaren sind in der **Grafik 3** für die maximale Abflugmasse gezeigt. Im gesamten Auslegungsbereich bis 200 km/h kann eine Verringerung der Sinkge-



Alles was Sie brauchen!

Vor, während und nach dem Flug.

ÜLIS SEGELFLUGBEDARF

Ülis Segelflugbedarf GmbH
Tel. 06045/950100 · info@segelflugbedarf24.de
shop.segelflugbedarf24.de



LS6 mit „neo“ Winglets fotografiert aus der LS4 mit Wolfsohren

schwindigkeit erreicht werden. Dies bedeutet eine Verbesserung der Gleitzahl von bis zu 0,6 Punkten.

Flugerprobung, sekundäre Effekte DG-1000 & LS8

Im Rahmen der Zulassung müssen die Flugzeuge mit Winglets zum Teil neu erprobt werden, wobei die Grenzen des zugelassenen Flugbereichs abgetastet werden müssen. So muss nachgewiesen werden, dass kein kritisches und unkontrollierbares Verhalten auftreten kann bei Flugmanövern wie Überziehen, Trudeln und im Schnellflug. Dabei werden die Grenzen bewusst überschritten: Es wird z. B. mit einer Schwerpunktlage 10 mm hinter dem zugelassenen Berich getrudelt. Bei der Schnellflugerprobung muss 10% über die erlaubte V_{NE} geflogen werden, um zu zeigen, dass im gesamten Geschwindigkeitsbereich kein Flattern auftritt. Dadurch ist das Erproben ist eine spannende Tätigkeit und es können immer Überraschungen auftreten, welche man bei der Auslegung nicht vorhersehen konnte.

So ließ sich bei der DG-1000 definitiv feststellen, dass der Flieger durch die 18m-Winglets gutmütiger geworden ist. Die DG-1000 hat durch den serienmäßigen Einbau des Trimmballastkastens einen sehr großen Schwerpunktbereich im Vergleich zu anderen Doppelsitzern. Im vorderen Schwerpunktbereich kann man sogar im überzogenen Zustand noch mit den Querruder steuern, ohne dass der Flieger abkippt, im hinteren Bereich dagegen ist stationäres Trudeln noch möglich, so dass die für die Schulung wichtigen Flugeigenschaften beibehalten oder sogar verbessert werden konnten.

Bei der Flugerprobung für die LS6 und LS8 ist als wichtigster sekundärer Effekt die Zunahme der Rollgeschwindigkeit aufgefallen. Die LS-typischen gutmütigen Flugeigenschaften sind beibehalten worden.

Leistungsvermessung LS8 (IDAFLEG)

In August jedes Jahres halten die deutschen akademischen Fliegergruppen, vereint in der IDAFLEG, ihr dreiwöchiges Sommertreffen in Aalen ab. Hier werden unter anderem Leistungsmessungen von Segelflugzeugen durchgeführt. Bei so einer Leistungsmessung werden in ruhiger Luft Vergleichsflüge mit einem kalibrierten Flugzeug gemacht. So wird versucht, für jeden Punkt auf der Polare mindestens einen Abschnitt von zwei Minuten zu

fliegen, um zum Schluss den Höhenunterschied zu messen.

Vergangenen August wurde die LS8 vermessen, sowohl mit den bisherigen Wolfsohren als auch mit den neuen Winglets. Die vorläufigen Ergebnisse haben gezeigt, dass die „neo“-Winglets deutlich besser abschneiden und sogar die theoretischen Berechnungen leicht übertreffen.

Ausblick, Zulassung, LS1-f

Die Entwicklung der DG-1000-„neo“-Winglets ist im Rahmen des neuen DG-Entwicklungsbetriebs (EASA 21J.530) gemacht worden, die Winglets sind bereits von der

EASA zugelassen. Die Zulassung der LS6- und LS8-Winglets ist in den letzten Zügen. Als nächstes Projekt sind gerade die „neo“-Winglets für die LS1-f in Arbeit. Zum Zeitpunkt des Schreibens ist die aerodynamische Auslegung abgeschlossen und das 3D-CAD-Modell wird erstellt. Die ersten LS1-f sollen Ende dieses Jahres schon umgerüstet werden.

Mit den drei Projekten ist die Prozesskette der Winglet-Entwicklung im DG-Entwicklungsnetzwerk gut definiert und es wäre somit nicht ausgeschlossen, dass in naher Zukunft noch weitere Segelflugzeugmuster nachgerüstet werden können. ♦



**VON FLIEGERN FÜR FLIEGER:
IHR KOMPETENTER PARTNER
FÜR LUFTFAHRTVERSICHERUNGEN
SEIT ÜBER 50 JAHREN.**



SIEGFRIED PESCHKE KG
VERSICHERUNGSVERMITTLUNG

Tel: +49 (0) 89 744 812-0
www.peschke-muc.de

Flugbild der LS8 neo
während der Flugerprobung

LS8 neo

Grand-Prix- Training mit den neuen Winglets

TEXT: ROBERT SCHRÖDER

FOTOS: ROBERT SCHRÖDER, DG-FLUGZEUGBAU

Eigentlich sind es ja nicht nur neue Winglets. Es sind eher schon neue Außenflügel, die Johannes Dillinger zusammen mit Benjamin Rodax für die LS8 (und damit auch für die LS6) entwickelt hat.



Für alle, denen der Name Johannes Dillinger nichts sagt: Er war für die aerodynamische Auslegung der Concordia mit verantwortlich und hat darüber hinaus etliche Wingletprojekte realisiert (unter anderem ASG 32, DG 1000-18-m, RedBull Racer MXS usw.). Kurzum: eine absolute Kapazität auf diesem Gebiet.

Die „Wolf-Ohren“ der LS8 waren, gemessen am damaligen Wissensstand über Winglets, toll gemacht. Aber die Entwicklung ging weiter und mittlerweile ist das Poten-

zial einer Leistungsverbesserung so groß gewesen, dass sich die Neugestaltung der Flügelenden geradezu aufdrängte. DG Flugzeugbau hat das Projekt im letzten Winter begonnen, die Flugerprobung erfolgte im März und bis Mitte des Jahres wurde die Musterzulassung erwartet

Test im Trainingslager

Ich hatte das Glück, schon Ende letzten Jahres davon zu erfahren und sagte einem Test sofort zu. Leider war dann das Frühlingswetter bei uns eher auf der beschei-

denen Seite und ich musste bis Anfang Mai warten, bis ich im Rahmen des Trainings-Grand-Prix in Homberg/Ohm die neuen Außenflügel das erste Mal testen konnte. Mit einigem Abstand das beste Trainingslager, das ich je mitgemacht habe! Richtige Vergleichsflüge haben wir dabei nicht durchgeführt. Es ging in erster Linie darum, sich im Rahmen eines Grand Prix für die Weltmeisterschaft einzufliegen. Erfahrungsaustausch, Abstimmung von Instrumenten und das Ausprobieren verschiedener Schwerpunktlagen war mein

Programm. Aber auch dabei wurden die Stärken der neuen Außenflügel deutlich.

Optimierte Querruderwirksamkeit

Was sofort auffällt, ist die bessere Querruderwirksamkeit beim Anrollen. Schon bei geringster Geschwindigkeit kann man die Querneigung gut kontrollieren, deutlich früher, als ich es sonst gewohnt war. Gerade in Situationen, bei denen ich schon damit rechnete, den Flügel nochmal abzuliegen, war ich überrascht, wie problemlos ich es verhindern konnte. Insbesondere bei

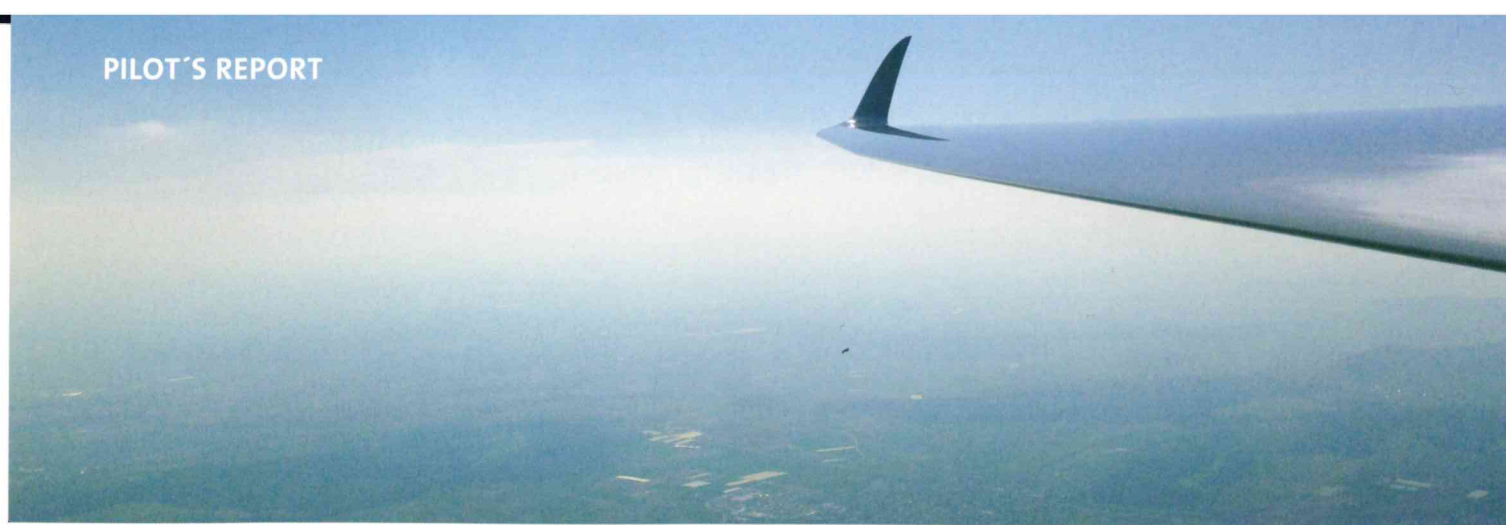
Seitenwind oder versehentlich frühem Loslassen des Flügels beim F-Schlepp ein echter Gewinn.

Das Gleiche bei der Landung: Letztes Jahr fiel mir in der letzten Phase des Ausrollens immer wieder der Flügel zu Boden. Da ich kein Fan der großen Schleifklötze an den Flügelenden bin, waren verkratzte Querrudererndeleisten die Folge, fast schon ein Markenzeichen meiner LS8. Das ist jetzt vorbei. Kein Wunder, dass sich damit auch die Querruderwirksamkeit im Flug verbessert hat. Dieser Effekt geht so weit, dass

man im Kreisflug den Knüppel bis zum Anschlag zurückziehen kann und die Querruderlage im Sackflug immer noch mit den Querrudern kontrollierbar ist.

Eine Überraschung

Ich hatte fest damit gerechnet, die LS8 beim Kreisen zukünftig etwas genauer fliegen zu müssen, aber ganz entgegen meiner Erwartungen sind die neuen Winglets erstaunlich schiebeunempfindlich. Zwar wurde darauf bei der Profilauslegung besonderen Wert gelegt, doch bei einer



Profildicke von weniger als 10% hatte ich meine Zweifel.

„Thermikfähigkeit“

Eine ganz wesentliche Frage war für mich auch, ob sich die viel gerühmte „Thermikfähigkeit“ der LS8 verändert hat. „Thermikfähigkeit“, ein Begriff, mit dem ich jahrzehntelang nichts anfangen konnte – bis ich das erste Mal LS8 flog. Für alle, die nicht genau wissen, wovon ich spreche – es ist die unvergleichliche Art und Weise, wie einem die LS8 mitteilt, wo und auf welcher Seite der Aufwind ist. Hier gibt es Entwar-

Direkter Vergleich von neuem und altem Außenflügel bei dem der Unterschied am deutlichsten zu sehen ist: Statt hochgezogener Flügelenden wurde der Flügel verlängert und geht in ein modernes Winglet über

nung auf ganzer Linie: Das Feeling hat sich nicht geändert.

Bei einem Fluggewicht von 450 kg (das war das Limit bei der letzten DM und auch jetzt im Trainings-Grand-Prix) hatte der Discus 2a ab etwa 160 km/h leichte Vorteile. Meiner Erfahrung nach konnte er im Bereich zwischen 180 und 200 km/h, bei gleicher Gleitzahl, etwa 10 km/h schneller fliegen. Soweit ich beurteilen kann (ich bin nur einmal bei einem schnellen Endanflug 45 Kilometer direkt die Spur eines Discus 2a nachgeflogen) gibt es diesen Unterschied jetzt nicht mehr. Ohne den direkten Vergleich merkt man allerdings nichts. Einen Gleitzahlpunkt mehr kann man nicht spüren. Den wirklichen Leistungsgewinn wird man sowieso nur vermessen können.

Fazit

Ich muss zugeben, dass ich die neuen Winglets anfangs mit anderen Erwar-

tungen geflogen bin. Angesichts des schmalen Profils und der kleineren Oberfläche dachte ich, man würde die deutlichsten Veränderungen im Geradeausflug bemerken. Aber wir sprechen von neuen Außenflügeln mit Winglets und damit vom induzierten Widerstand. Und der spielt nun mal im Langsamflug die erste Geige. Gerade bei großen Anstellwinkeln ist deshalb der Leistungsgewinn am Deutlichsten zu spüren. Hier sehe ich das große Plus: Man wird die LS8 mit den neuen Winglets gerade bei schwächeren Bedingungen mit deutlich mehr Wasserballast fliegen können.

Aber auch ohne Wasserballast, in schwächstem Steigen, werden sich die neuen Winglets bemerkbar machen. Eine durchschnittliche LS8 bringt locker 15 bis 20 kg mehr Leergewicht auf die Waage als manche Konkurrenzmodelle. Ich persönlich sehe zwar darin eher den Vorteil, nicht soviel

Die Reduzierung der „umspülten“ Oberfläche ist in diesem Vergleich deutlich zu sehen



Die neuen Winglets, vom Cockpit aus gesehen

Wasser tanken zu müssen; geht es aber manchmal in 0,1 oder 0,2 m/s ums „Überleben“, merkt man es.

Die neuen Winglets sind eigentlich für hohe Flächenbelastungen, sprich den Wettbewerbseinsatz, ausgelegt. Als Nebeneffekt verbessert sich aber dadurch auch das Handling im gesamten Langsamflugbereich. Gerade bei Start und Landung ist der Unterschied am Deutlichsten. Für mich etwas überraschend, aber eigentlich logisch. Daher sind die neuen Außenflügel nicht nur für Wettbewerbspiloten interessant, sondern für alle, die im Langsamflugbereich gerne etwas mehr Reserven hätten. Die Winglets lassen sich an allen LS8 nachrüsten.

Nachtrag

Mittlerweile ist die Saison 2016 vorbei und die ersten Erfahrungen mit den neuen Winglets haben sich in den Wettbewerben bestätigt: Simon Schröder wurde Erster in Bayreuth, Kilian Biechle Zweiter bei der Deutschen Juniorenmeisterschaft und ich wurde, nach zwei total versemelten Wertungstagen, Fünfter bei der Weltmeisterschaft in Litauen.

Es ist jetzt, nach Offener und 18-m-Klasse, auch in der Standardklasse so, dass morgens im Wettbewerb einfach bis zum Maximalgewicht vollgetankt wird. Unabhängig vom Wetter. Das macht die morgendliche Wasserentscheidung deutlich einfacher. Die Flugeigenschaften und die Gutmütigkeit der LS8 ändern sich dabei kaum. Es muss lediglich etwas schneller (etwa 110 km/h) gekreist werden.

Es ist natürlich nicht jedermanns Sache, auch an Wochenenden morgens vollzutanken und bei Flügen, die schon in der Morgenthermik beginnen, auch nicht immer sinnvoll. Aber letztendlich gibt es halt nur zwei Möglichkeiten, die Leistung bei Segelflugzeugen gravierend zu verbessern: Spannweite oder Gewicht. Ablassen ist nur noch sinnvoll, wenn das Steigen deutlich und dauerhaft unter 1,5 m/s geht. Wie man auch bei anderen Wettbewerben gesehen hat, ist dadurch auch der letzte Vorteil der Wölbklappen, sprich der 15-m-Rennklasse, verlorengegangen. Einen Grund, die beiden Klassen weiterhin zu trennen, gibt es aus meiner Sicht daher nicht mehr. ♦

Die LS8 geht als LS8-sc neo wieder in Produktion

DG Flugzeugbau hat sich aufgrund gestiegener Nachfrage dazu entschlossen, ein Los der LS8 in ihrer neuesten Variante zu produzieren. Die LS8 erhält in der „neo“-Version alle Updates, die das Muster bei DG Flugzeugbau in den vergangenen Jahren erhalten hat. Dazu zählen neben den neuen, in Kooperation mit Johannes Dillinger entwickelten Winglets auch das kleine Spornrad mit 150mm Durchmesser und die Mandl-Absaugung. Neben den leistungssteigernden Ausstattungsmerkmalen wurde auch viel Arbeit in die Komfortausstattung gesteckt. So besitzt die LS8-sc neo unter anderem das bereits bekannte 5-Zoll-Fahrwerk, das Sicherheitscockpit der LS-10 und einen vergrößerten Instrumentenpilz, um bequem Systeme bis hin zum LX9000 und LX9070 darin unterzubringen. Abgerundet wird die Ausstattung durch eine Turbo-Vorbereitung, die es dem Kunden ermöglicht, jederzeit eine Heimkehrhilfe nachzurüsten. Die nächsten freien Lieferpositionen sind im September 2017 verfügbar. (Stefan Göldner) Übrigens: Nicht nur für den motorlosen Flug entwickelt DG Winglets. Mit anderen Randbedingungen, jedoch derselben Prozesskette wurden „neo“-Winglets für die beiden Red-Bull-Air-Race-Piloten Matthias Dolderer und Matt Hall entwickelt und gebaut. Noch vor dem letzten Rennen dieser Saison stehen die beiden Piloten als Weltmeister und Vize-Weltmeister fest, auch, so DG, dank der neuen Winglets.

TOST

Flugzeuggerätebau






Flugzeugräder • Flugzeugreifen • Hydraulische Bremssysteme






Schleppseileinziehwinden • Sicherheitskupplungen • Seile






Start- / Schleppausrüstung • Wartung

www.tost.de