



Gleitschirm-Design 2.0

Simulation der Interaktion von Aerodynamik und Strukturverformung

TEXT UND FOTOS DR.-ING. HORST ALTMANN

Der Autor ist begeisterter Gleitschirm-Pilot und beschäftigt sich nebenher als promovierter Luftfahrt-Ingenieur mit einer innovativen Methode zur Berechnung von Gleitschirmen. In Teil 1 dieser kleinen Artikel-Serie geht's um die Grundlagen und was man damit anstellen kann.

TEIL 1: GRUNDLAGEN UND MÖGLICHKEITEN

Er warnt: was jetzt kommt, ist thematisch bedingt recht theoretisch und zum Lesen mitunter anstrengend. Der an der Gleitschirm-Konstruktion Interessierte wird hoffentlich etwas Spannendes finden, der „Normal-Pilot“ kann Nützliches zur Aerodynamik und zum Aufbau seines Schirms mitnehmen.

„Es ist alles noch zu erfinden!“ So endet ein aktuelles Interview mit David Dagault, dem Kopf von Ozone und Konstrukteur hinter dem revolutionären BBHPP. Dieser Ausspruch ist eine passende Einleitung in diese Artikel-Serie, geht es doch um den Versuch, die aerodynamischen Kräfte und die daran gekoppelten Verformungen des Gleitschirms zu berechnen, die Zusammenhänge aufzuzeigen und, soweit möglich, Ergebnisse für ein modernes Gleitschirm-Design vorzustellen.

State of the art des Schirm-Designs

Die Gleitschirm-Konstruktion wird heutzutage von leistungsfähigen CAD-Programmen unterstützt. Vereinfacht läuft das etwa so ab: Der Konstrukteur definiert Profile und Eckdaten des Schirms - der Computer berechnet sogleich das Segel. Der Konstrukteur packt dann noch die innere Struktur dazu und bestimmt das Leinen-Konzept - der Computer berechnet sofort die Gabelpunkte und Leinenstücke. Der Konstrukteur kann sogar Zugaben für die Segelbahnen eingeben, um das aus der aerodynamischen Belastung folgende Aufblähen (ballooning) der Zellen zu kompensieren. Und schließlich geht

dann noch ein guter Schuss „Magic“ und Erfahrung in Form von Segel-Vorspannung ins Design mit ein. Das CAD-Programm liefert schließlich die Schnittvorlagen und Produktionsvorgaben, die als Datei zum Produktionsbetrieb geschickt werden. Einige Tage später kommt dann das Päckchen aus Fernost mit dem Prototypen und los kann's gehen mit ausprobieren. Ab jetzt gestaltet sich der Entwicklungsprozess iterativ mit Testen, Ändern und Optimieren. Da steht z.B. das Segel doch nicht so schön wie gewollt und die Vergabelungen müssen angepasst werden, oder das ballooning ist zu viel oder zu wenig. So braucht es typischerweise bis zu 10 Prototypen, um einen zufriedenstellenden Schirm in die Zulassung zu schicken.

Eine Lücke bei den heutigen Konstruktions-Hilfen besteht darin, dass die tatsächlichen aerodynamischen Lasten nur näherungsweise im Design erfasst werden bzw. Spielraum für den Konstrukteur verbleibt. Und genau hier setzt diese Arbeit an: Es wird versucht, die gegenseitige Abhängigkeit von Aerodynamik und Schirm-Struktur in einer gekoppelten Rechnung zu berücksichtigen. Prinzipiell ist die Vorgehensweise dazu iterativ. Dies bedeutet, dass in einer ständigen Wiederholung erst die Aerodynamik mit der aktuellen Schirm-Geometrie bestimmt und anschließend die Schirm-Verformung aufgrund der soeben gefundenen aerodynamischen Kräfte neu berechnet wird. Mit etwas Glück findet sich nach genügend Iterationen eine stabile Konfiguration. Bei dem hier vorgestellten Beispiel-Schirm dauert diese komplexe Rechnung auch an einem leistungsfähigen Laptop viele Stunden.

Der Beispiel-Schirm

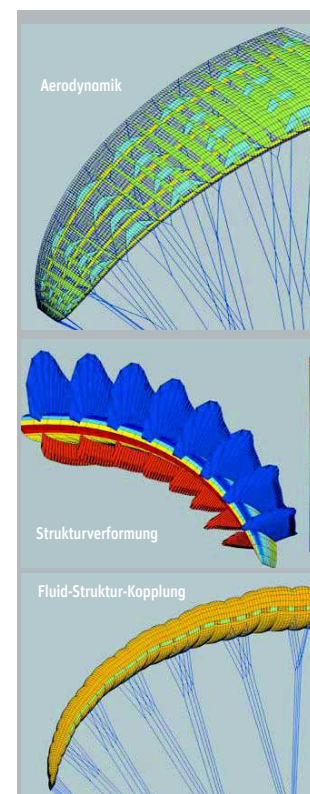
Gegenstand dieser rein theoretischen Betrachtung ist ein EN-C typischer, leicht zurückgepflegter 53-Zeller mit Streckung 6,0 im high-arc Design. Die Abbildung zeigt ein zweifach gabelndes, 4-Ebenen Leinen-Design mit steter Wiederholung von 2 benachbarten tragenden Rippen und 2 folgenden getragenen Rippen (Rippen in grün dargestellt). Die Top-Leinen setzen sich im Inneren des Schirms über V-Tapes (hellblau) fort, welche über horizontale Tapes (ebenfalls hellblau) untereinander verbunden sind. Die Anleimpunkte jeder Ebene sind über ein durchgehendes Zugband (gelb) verknüpft. Schließlich sind die Rippen im Nasenbereich wie im Gleitschirm-Bau üblich verstärkt (rote Einfärbung). Dieses einfache, konventionelle Konzept mit ca. 350 Leinenmetern bei 25 m² ausgelegter Fläche ist gewählt, um die Ergebnisse besser deuten zu können.

Aerodynamik

Wie kommt man nun zur Belastung? Für den langsam fliegenden, recht einfach geformten Gleitschirm-Flügel liefert die vergleichsweise simple Panel-Methode ausreichend gute Ergebnisse. Basis für dieses Verfahren ist eine Darstellung des Flügels in Form einer großen Anzahl von viereckigen Oberflächen-Elementen, sog. Panels. Die Eckpunkte dieser Panels sind dabei direkt auf die im Struktur-Bild dargestellten Gitterpunkte bezogen. Mit Hilfe dieser Methode lässt sich bei gegebenem Anstellwinkel die Geschwindigkeits- und damit auch Druckverteilung auf dem Flügel bestimmen. Die Eintrittskante wird als eine Kette von „offenen“ Panels erfasst, so dass auch der Innendruck des Schirms rechnerisch bekannt ist (und das ist später wichtig für das ballooning des Tuchs). Aus der lokalen Oberflächen-Geschwindigkeit und bekannten Grenzschicht-Formeln wird die Reibung am Tuch abgeschätzt. Der Leinenwiderstand folgt recht einfach aus den einzelnen Leinenabschnitten, den zugeordneten Durchmessern und Widerstandskoeffizienten. Der Beispiel-Schirm hat bei 7° Anstellwinkel einen Auftriebsbeiwert CA von 0,65. Der induzierte Widerstand beträgt 0,041, die Oberflächenreibung 0,011. Für die Leinen hat man einen Widerstandsbeitrag von 0,015. Nimmt man schließlich noch 0,0075 für den Piloten an, folgt am Ende eine durchaus realistische Gleitzahl von CA/CW = 0,65/(0,041+0,011+0,015+0,0075) = 8,7+.

Das nächste Bild zeigt zusammenfassend zwei Dinge: Als Farbcodierung der Flügel-Oberfläche ist der lokale Cp-Wert dargestellt. Cp=1,0 (dunkelrot/braun) markiert dabei die Stellen mit Staupunkten, negative Cps (grünlich bis blau) zeigen den Bereich des Unterdrucks an. Und da die negativen Cps im Absolutwert größer sind als 1 folgt auch, dass der Auftriebs-Sog am Flügel stärker ausgeprägt ist als der Druck auf der Unterseite. Interessant ist auch der weitgehend konstante Verlauf der Druckdifferenz auf der Unterseite, während es auf der Oberseite ein deutlicheres Sog-Maximum gibt. Dies wird später im Zusammenhang mit dem „optimalen“ ballooning noch bedeutend.

Die senkrecht auf dem Flügel stehenden Flächen mit Pfeilen geben die resultierende Druckkraft auf das Segel an, gleich Innendruck minus Aussendruck. Die Panel-Rechnung ergibt bei der gewählten Lage der Eintrittsöffnung für den Innendruck einen Wert von Cp=0,85. Da dies geringer ist als der Staudruck mit Cp=1,0 hat man an den Staupunktgebieten oberhalb der Eintrittsöffnung (rote Panel-Reihe) lokale



Kräfte, die von außen auf das Segel einwirken und einenden. Die entsprechenden Kraftpfeile sind im Bild daher ins Schirm-Innere gerichtet und nicht sichtbar. Dieses Phänomen ist durchaus realistisch und an fliegenden Schirmen bzw. Fotos (vgl. Titelfoto) ersichtlich. Aus dem Bild geht auch die Panelisierung mit insgesamt 2.700 Oberflächen-Elementen hervor.

Struktur-Verformung

Die so gewonnenen normal wirkenden Druckkräfte auf das Segel werden nun noch um die tangential wirkenden Reibungskräfte und um die eher kleinen Gewichtskräfte (sind abgeschätzt aus dem Struktur-Modell) ergänzt und zu Einzelkräften an den Strukturknoten des Flügels zusammengefasst. Im Struktur-Bild stellt jeder Schnittpunkt des Drahtgitters einen Segel-Knoten dar. Mit den Knoten in den Rippen, den Leinen usw. hat das Modell in Summe ca. 8.700 Knoten. Auf die Leinen-Knoten wirken parallel zur Anströmrichtung Widerstandskräfte, die dann im Modell die Leinen auch realistisch ausweichen lassen.

Das Struktur-Modell folgt der Maxime „So einfach wie möglich, so komplex wie nötig“. So kommt das Modell mit einem einzigen Typ aus: der Leine. Tragegurt und Aufhängung sind sowieso Leinen. Der

Stoff, der im Segel und den Rippen verwendet wird, ist zunächst in Form vieler rechteckigen Elemente (ca. 8.600) dargestellt, wobei dann jedes „Stoff“-Rechteck mit Leinen entlang der vier Kanten und den 2 Diagonalen modelliert wird. Die V-Tapes und Zugbänder werden im Modell einfach durch Leinen (der McPara Intox ist sogar teilweise so gebaut) repräsentiert. So wird die Rechnung einfach und große Verformungen lassen sich im Griff behalten. Außerdem können auf Druck belastete Leinen-Elemente leicht identifiziert und besonders behandelt werden, so dass das Ergebnis realistisch wird. Übrigens: Zeigt die Rechnung Modell-Elemente unter Druck, ist dort in Realität mit Faltenwurf zu rechnen. Das wird später beim ballooning noch mal interessant.

Und was kann damit machen?

Jetzt aber genug mit Beschreibung von Methoden und Modellen und mal ran an ein Beispiel, um die Möglichkeiten dieser Rechnerei aufzuzeigen: Aus dem Schirm werden einfach die abstützenden V-Tapes entfernt. Dazu braucht man diese Bauteile einfach nur in der Modellierung weglassen. Was die Rechnung dann liefert, zeigt das nächste Bild (Fluid-Struktur-Kopplung): Die nun nicht mehr gestützten Zellen verschieben sich unter der Wirkung der Auftriebskräfte nach oben und erzeugen einen unschönen, verwellten Schirm, an dem dann nichts mehr stimmt; von der Optik ganz zu schweigen. Der Vergleich mit Schirmen ohne V-Tapes, das sind Sprungschirme oder extrem konstruierte Bergsteiger-Schirme ohne V-Tapes, bestätigt die Theorie.

Mit dieser sog. Fluid-Struktur-Kopplung ist nun einiges möglich, was der Konstrukteur normalerweise durch aufwändige und zeitraubende Prototypen-Tests erarbeitet. Aber Vorsicht: Alle Theorie ist grau! Die Aerodynamik wird nicht 100% erfasst, z.B. bleiben lokale Ablösungs-Phänomene etc. unberücksichtigt, auch ist die Sache mit der Eintrittsöffnung tricky. Und auch die Struktur-Methode hat infolge der Vereinfachungen Ungenauigkeiten, versagt sogar bei speziellen Erscheinungen, wie z.B. Knicken.

Wie geht's weiter?

Für das nächste Heft ist ein Beitrag geplant, der eine Methodik zum beanspruchungsgerechten Design der Leinen inkl. optimaler Einleitung der Topleinen in die Flügelstruktur vorstellt. Ein dritter Artikel dreht sich dann um das große Thema ballooning und Segelspannung. □

Moderne Gleitschirm Entwicklung

Ein Beispiel aus der Praxis

Zeit für eine neue Entwicklung

TEXT UND FOTOS MANFRED KISTLER

Irgendwann kommt auch der beste Schirm in die Jahre und es ist an der Zeit für eine Neuentwicklung. Der CHILI lief bei skywalk 4 Jahre. Es gehört zur Philosophie von skywalk, die Modellzyklen lange zu wählen. Das hat zwei entscheidende Vorteile: Erstens muss man nicht unter großem zeitlichem Druck den Nachfolger bauen, sondern kann sauber zu Ende entwickeln, zweitens genießt der Pilot den Vorteil, dass die Gebrauchspreise relativ stabil bleiben und er nicht schon nach kurzer Zeit ein altes Modell fliegt.

Doch Ende 2008 war es Zeit zur Erstellung eines Pflichtenhefts für den CHILI 2. Bei skywalk setzen sich zu diesem Zweck der Vertrieb und die Entwicklung an einen Tisch, um die Ansprüche an das neue Gerät zu formulieren.

Die Beurteilung des aktuellen CHILI ermöglicht dabei die skywalk Datenbank, in der die feedback Bögen der veranstalteten Festivals gespeichert sind. Jeder Pilot, der den alten CHILI geflogen hat, sollte dort seinen unmittelbaren Eindruck zum Schirm geben. Für skywalk ein sehr wichtiger Hinweis, was den Piloten gefallen hat, vor allem aber, was in ihren Augen verbesserungswürdig war.

Mehrere hundert Piloten haben beim CHILI 2 an der Weiterentwicklung mitgearbeitet, denn ihre Meinungen fließen voll in das Pflichtenheft ein. Dabei ist Rücklaufquote mit mehr als 80% bei den Testivals außerordentlich hoch, fast jeder Pilot, der einen skywalk Schirm getestet hat, gibt auch sein feedback ab.

Zusammen mit den Eindrücken, die Vertrieb und Technik von der aktuellen Entwicklungsrichtung haben (z.B. Trend zur Leichtausrüstung), wird entsprechend ein umfangreiches Pflichtenheft erstellt. Hier stehen dann wichtige Eckpunkte, die das Konzept des Schirmes umreißen. Im Falle des CHILI 2

waren das: bessere Dämpfung, höhere Gleitleistung, vor allem auch in bewegter Luft und beschleunigt, größeres Geschwindigkeitspotential, extrem hoher Wohlfühlfaktor, damit der Pilot das Leistungspotential einfach und komfortabel abrufen kann, Erfüllung der gestiegenen LTF 1-2 (EN-B) Anforderungen.

Natürlich weist das gesamte Pflichtenheft auf einen high end 1-2er hin, die Zielgruppe des CHILI 2 sind demzufolge schon etwas fortgeschrittenere Piloten, die gerne auch auf Strecke gehen oder ambitionierte Thermikpiloten. Gleichwohl sollte ein hohes passives Sicherheitspotential im Schirm vorhanden sein, denn entspannt fliegt es sich einfach besser.

Mit dieser Vorgabe diskutieren im Entwicklungsteam Jürgen Kraus, Arne Wehrin und Manfred Kistler die möglichen Konzepte und Lösungen. Abseits

Allerdings gibt es immer wieder während der Entwicklungszeit Änderungen, weil sich neue Erkenntnisse ergeben. Bestes Beispiel ist der Poison 2, dessen Leistung skywalk nach der Entwicklung des Aluminiumtuches Aerofabrix AL29 schlagartig bedeutend mehr ausreizen konnte, denn geringeres Gewicht erlaubte hier deutlich höhere Streckung.

Die Crew war sich einig, dass man das überlegene 3-Leinerkonzept vom Cayenne 3 auch am CHILI 2 realisieren wollte, zu groß sind die Vorteile, die das Konzept bietet, vor allem bei den proklamierten Ansprüchen im Pflichtenheft.

Eine kleine Auslegungsrechnung verdeutlicht den Vorteil, den die geringere Stirnfläche des 3-Leinerkonzepts am CHILI 2 bringt, hier im direkten Vergleich zum alten CHILI:

	Alter CHILI	CHILI2	prozentuale Einsparung
Gesamtseilenlänge:	348 m	296 m	15 %
Stirnfläche der Gesamtseilen	0,456 m ²	0,336 m ²	26,4 %
Aus Windkanalversuchen ermittelter Widerstandsbeiwert cw	1,05	1,05	
Gesamtwiderstand der Leinen $W = \frac{1}{2} \cdot v^2 \cdot c_w \cdot A$	31 N	22,8 N	26,4 %
Errechneter Gesamtwiderstand Bei angenommener GZ 9 (90 kg Gewicht)			99,3 N
Prozentuale Einsparung am Gesamt-widerstand des Schirmes		8,2 %	

der Parameter Größe, Form und Profil eines Schirmes stellt sich auch gleich zu Beginn die Frage nach den Materialien. Leinen und auch Tuch sollen ja mit dem Anforderungsprofil übereinstimmen und auch entsprechend Sicherheit bei den Belastungstests mitbringen.

Nachdem der Widerstandsvorteil voll in die Gleitleistung eingeht, kann man feststellen, dass das 3-Leinerkonzept beim CHILI 2 in der Theorie einen Leistungsvorteil von ca. 10% bringt.

Verdeutlicht wird der Unterschied in der Stirnfläche auch von der folgenden Zeichnung, die einmal



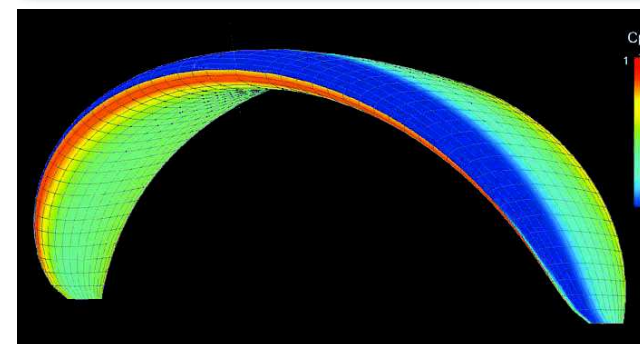
die alte CHILI Leinenstirnfläche darstellt (rot umrandet) und dann im Vergleich dazu die des CHILI 2 (blau markiert).

Erst die Verwendung relativ dicker Profile, in Verbindung mit einem optimal gewählten Ballooning, lässt die Verwendung von 3 Leinenebenen für den Serienbereich zu. Dazu trägt dann noch ein hochgestrecktes Konzept bei, denn bei geringer Flügel-tiefe = hohe Streckung reichen 3 Aufhängepunkte in Profilrichtung aus.

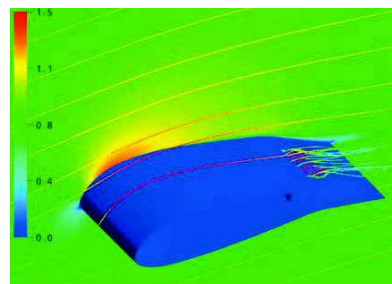
Um das, auf minimalen Widerstand ausgelegte, Konzept zu unterstützen, werden beim CHILI 2 in der Galerie unummantelte Leinen eingesetzt. Allerdings bringen die dünnen, unummantelten Leinen ein echtes Problem mit sich: Sie neigen dazu, sich oder andere Leinen in der Einschlaufung mit der nächsten Leinenebene durchzuschneiden. Um auch hier die optimale Verbindung zu finden, setzt skywalk schon seit einigen Jahren mit großem Erfolg einen Fallturm ein. Hier können Leinen auf Schock belastet und die Kräfte entsprechend aufgezeichnet werden. Die Durchschneidproblematik wird so effizient untersucht und verbessert.

Die weiteren grundlegenden Parameter wie Streckung, Fläche und Geometrie wurden bei den ersten Diskussionen schon im Groben festgelegt, schlussendlich dann beim CAD Design nochmal verfeinert. Die Simulation hilft hier, um z.B. die Überlagerung von Grundriss und Krümmung zu beurteilen und diese Parameter anzupassen. Für Optimierungen und Geometrie-Variationen setzt skywalk auch Panelverfahren ein, da sie mit ihren kurzen Rechenzeiten schnelle Ergebnisse liefern. So kann man in kurzer Zeit viele verschiedene 3D-Schirme untersuchen und die Ergebnisse vergleichen.

Erst wenn die grob optimierte Schirm-Geometrie



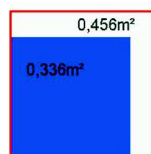
CHILI 2 im Panelverfahren simuliert, Druckverteilung farbig markiert



JET FLAP Simulation in der CFD

Schocktrum, um
Impulslasten zu untersuchen

Flächenvergleich CHILI alt und neu



rot umrahmt:
alter CHILI

blau: CHILI2



Segelvorspannung übertrieben gezeichnet, hier
an der Hinterkante



ermittelt wurde, geht es an das Feintuning und damit an die Benutzung zeitaufwändiger CFD Simulation. Details, wie Strömungsablösungen etc., werden damit genauer unter die Lupe genommen.

Einen zentralen Aspekt bei der Konstruktion von modernen Gleitschirmen nehmen zwei Kenngrößen ein: das Ballooning sowie die Segelvorspannung. Unter Ballooning versteht man das Aufblähen der Zellen durch den innen wirkenden Druck, dieser will die einzelnen Zellen unterschiedlich verformen. Das Ballooning wird größer, je größer z.B. der Zellabstand gewählt wird. Ballooning tritt immer auf beim Gleitschirm, es sei denn, man würde die Zellen seitlich auseinander spreizen, z.B. mit starren Bauteilen. In der skywalk Konstruktionssoftware kann der Konstrukteur das Ballooning ganz frei wählen, das heißt, er hat die Möglichkeit, das Profil massiv und an allen Stellen über das Ballooning zu beeinflussen. Das resultierende Profil inklusive Aufblähung ist ja deutlich anders als das gezeichnete an einer Profilrippe.

Um das Ballooning exakter vorherzubestimmen, braucht es sehr komplexe Rechenvorgänge, denn jede Änderung des Balloonings hat auch direkte Änderungen auf die Flügelgeometrie zur Folge. Horst Altmann, bei der EADS zuständig für Lastenabsetzsysteme, hat auch für diesen Zweck eine sehr umfangreiche Software programmiert. Dieses Programm ermöglicht das Durchspielen beliebig großer Aufblähungen und deren unmittelbare Fol-

gen auf die Flügelverformung. Mehr dazu in seinem Bericht in einer der nächsten Ausgaben.

Damit der Flügel exakt so steht, wie berechnet, muss natürlich der immer komplexer werdende Innenaufbau (statisches Innengerüst, also Bänder und V-tapes) genauso gut durchdacht konfiguriert sein, um dem fertigen Flügel die Möglichkeit zu geben, sich auch genauso aufzublähen. Das ist mit entscheidend für die Leistungs- und Sicherheitscharakteristiken des Schirmes. Der Flügel verformt sich dann tatsächlich so, wie berechnet und nicht willkürlich. Das Ballooning wählt der Konstrukteur nach einigen Vorgaben, z.B. Profilgeometrie, Zellabstand, Profiltiefe, Grundriss und Kappenkrümmung.

Ballooning entscheidet zusammen mit der Segelvorspannung auch über die Stabilität einer Kappe, die Leistung, aber auch das Verhalten bei Extremmanövern, also z.B. die Impulsivität bei Wiederöffnungen.

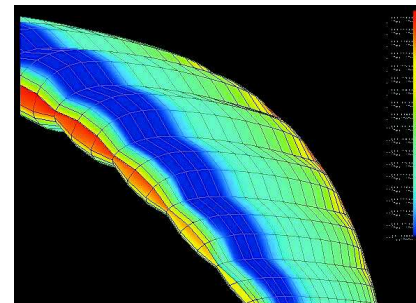
Simulation macht natürlich besonders Sinn, wenn das Rechenmodell tatsächlich auch aufgebläht die Rechenschleifen durchläuft, denn dann stimmt das Modell schon weitgehend mit dem realen Flügel überein.

Nebenbei beeinflusst das perfekte Zusammenspiel aus Ballooning und Segelvorspannung in erheblichem Maß auch die Leistung eines Gleitschirms. Die Segelvorspannung ist nichts anderes als die Verjüngung der Stoffbahnen am vorderen und hinteren Ende, also an der Öffnung bzw. Austrittskante. Verjüngen sich die Bahnen dort stark, so spricht man von viel Segelvorspannung, im anderen Fall von wenig oder sogar von negativer Vorspannung, wenn sich die Bahnen wieder weiten. Viel Spannung an der Hinterkante, wie im Bild unten, sieht so z.B. schön aus, weil das Segel gespannt wird. Auf der anderen Seite handelt man sich dabei unter Umständen eine erhöhte Sackflugneigung und verringerte Performance ein.

Bei der gesamten Auslegung eines Schirmkonzepts steht bei skywalk ein sehr großer Erfahrungsschatz zur Verfügung, so bringt das Entwicklungsteam zusammen stolze 51 Jahre Gleitschirmentwicklungszeit mit, auf der anderen Seite nützt skywalk bei der grundlegenden Forschung auch diverse Simulationsprogramme.

Beim CHILI 2 setzt skywalk folgerichtig ein modifiziertes CAYENNE 3 Profil ein, das im Hinblick auf die Kategorie 1-2 (EN-B) noch etwas optimiert wurde. Verschiedene Anstellwinkel werden in der Simulation virtuell durchlaufen und die Profilvarianten auf ihre Performance, Steigleistung und Gleitleistung sowie Homogenität im Abrissverhalten untersucht.

Was in der virtuellen Welt besteht, wird schluss-



endlich eingebaut und einem Praxistest unterzogen.

Im Jahr ist das skywalk Testteam ca. 230 Tage unterwegs, manchmal auf der Suche nach dem richtigen Wetter, immer aber mit dem Ziel, die Prototypen auf Herz und Nieren zu testen und Fortschritte beim Trimm oder Segelschnitt zu erzielen. Die Nähmaschine und die Leinenmessmaschine sind immer dabei, um möglichst variabel auf die Erkenntnisse reagieren zu können.

Doch der Reihe nach. Wenn ein frisch aus der Produktion gekommener Prototyp in Grassau ankommt, wird zuerst der Ist-Zustand festgestellt, d.h. das komplette Gerät wird umfassend vermessen. Nicht nur die Leinenlängen werden exakt protokolliert, sondern auch die Abmessungen der Kappe.

Dieser erste Schritt hilft später dabei, die Veränderungen des Schirmes während des Testbetriebes zu ermitteln. Das wiederum ist Basis für einen ordentlichen Serienzustand und liefert schon Daten für die späteren 2-Jahres Checkanweisungen.

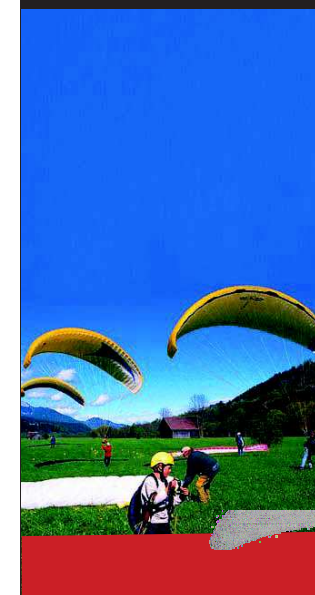
Am Übungshang werden erste Fotos geschossen, um die Übereinstimmungen zwischen CAD Modell

und Realität festzustellen, außerdem schaut man sich natürlich an, ob der Schirm grundsätzlich geeignet ist, um sich damit in die dritte Dimension zu wagen.

Danach folgen endlose Testschleifen, anfangs mit großen Entwicklungsschritten, später mit immer feineren Abstufungen und Optimierungen. Es wird an vorhandenen Protos mit der Nähmaschine getunt, um die Segelspannung zu justieren, oder aber wenn nichts mehr geht und der Schirm schon zu sehr geknotet und vernäht ist, dann werden alle Erkenntnisse ins nächste CAD Modell übernommen und ein neuer Schirm gebaut.

Neben dem Testen der Extremmanöver und der Einstellung des perfekten Thermikhandlings steht bei einem Schirm, der leistungsmäßig vorne mitspielen soll, natürlich auch die Vergleichsfliegerei sehr im Vordergrund.

Dabei vergleichen 2 Piloten mit identischem Gewicht (die Waage und Wassersäcke sorgen dafür) und, ganz wichtig, auch mit dem gleichen Gurtzeug und der gleichen Pilotenposition in unterschiedli-



Epic Overall € 108

Hersteller => Flieger

Schnellpackschlauch	€ 35
Press To Talk System	€ 38
Cockpit	€ 35

chen Bedingungen zwei Geräte. Zum einen ein Konkurrenzgerät, das zur Zeit die benchmark darstellt, zum anderen eben unsere Prototypen. Außerdem vergleichen wir natürlich skywalk intern, d.h. mit dem entsprechend höher kategorisierten Gerät, in diesem Fall den CHILI 2 dann mit dem CAYENNE. Das ist sehr aufwändig, aber ohne echte Alternative, um genaue Aussagen zur Leistungsfähigkeit zu machen. Im Rahmen dieser Vergleichsflüge wird dann natürlich auch der Beschleuniger angepasst und optimiert, zwischendrin immer mit Gegencheck, ob sich das noch mit der geplanten Zulassungs-Kategorie verträgt.

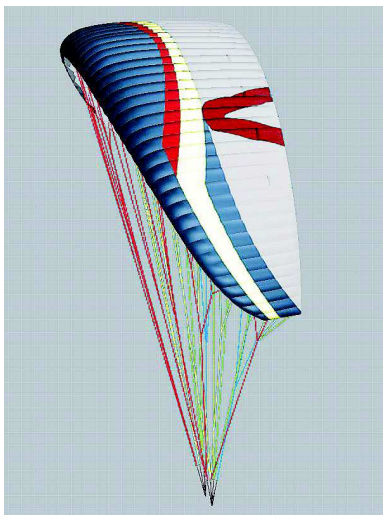
Vergleichsflug

Parallel zu den Testflügen wird natürlich auch am optischen Design gefeilt. Eine Vielzahl an Farb- und auch Designvarianten wird am Rechner entworfen und einige davon dann in der Praxis erprobt. Rolf Rinklin, seines Zeichens Li-gapilot und Grafiker, ist hier der maßgebende Mann. Neben einer 2D Grafik setzt man bei skywalk auch auf die dreidimensionale Visualisierung der grafischen Ideen

Einen Meilenstein stellen dann die Zulassungsflüge bzw. der Belastungstest des Schirmes dar. Für die Entwicklungsmannschaft immer ein Nervenkitzel, trotz aller Berechnungen über Festigkeit und Materialien. Glücklicherweise kann man sich schätzen, wenn wie im Fall des CHILI 2 der Belastungstest mehr als 1.400 kg ausgibt, denn dann sind üppig Festigkeitsreserven im System vorhanden

Bei den Zulassungsflügen setzt das skywalk Team auf die bewährte fundierte Arbeitsweise der DHV Testcrew, neben der Neutralität der Testpiloten spricht auch die jahrelange Erfahrung für die DHV Mannschaft.

Vor der Zulassung werden die Geräte noch einmal komplett durchgemessen, um die Veränderungen zu erfassen und exakte Daten für die Vorserie zu erhalten. Für skywalk ist damit ein Kapitel beendet, aber ein anderes wird aufgeschlagen, nämlich die Erzielung bestmöglicher Qualität des zugelassenen Gerätes in der Serie



3D Designstudie vom CHILI 2

Anzeigen

PARAGLIDING ADVENTURE
Alles rund um's Fliegen!!

Im Soca-Tal
FLY ZONE
www.paragliding-adventure.com

**Zimmervermietung
Parataxi im Hause
org. von Ausflügen
und viel mehr
ideal auch
für Gruppen**

SLOVENIA

Mehr Infos!
S.Triebel / W.Reineit
Tel.: +386-(0)41-810-999
5220 Tolmin-Slowenien
http://www.paragliding-adventure.com
e-mail: paragliding-adventure@amis.net

GRENZENLOS
GLEITSCHIRMREISEN

BLUE SKY
www.bluesky.at Tel.: +43 4842 5176

GLEITSCHIRMREISEN



DHV Performance Center

Die Profi-Gleitschirmflugschulen

- DHV-zertifiziert nach Qualitätsmanagement-Maßstäben
- Fluglehrer mit Zusatzqualifikation
- Professionelle Ausbildungsangebote und Performance Trainings nach DHV-Standards

Hessische Gleitschirmschule Frankfurt Hot Sport Sportschulen GmbH Breslauerstraße 12 35096 Niedenweimar/ Marburg Tel: 06421-12345 Fax: 06421-77455 www.hotport.de info@hotport.de Der Flugtechnikteil des Performance Trainings findet über Wasser statt!	GlideZeit Flugschule Tübingen Albertstraße 3 72074 Tübingen Tel: 07071-959944 Fax: 07071-959938 www.glidezeit.de info@glidezeit.de Der Flugtechnikteil des Performance Trainings findet über Wasser statt	Gleitschirmschule Tegernsee GmbH Tegernseer Straße 88 83700 Reitrain Tel: 08022-2556 Fax: 08022-2584 www.glidezeit.de info@gleitschirmschule-tegernsee.de	Flugschule Wildschönau-Tirol A-6314 Niederau Nr. 217 Tel: +43-664-2622646 Fax: +43-5339-8668 www.paragliding.at info@paragliding.at
Rhöner Drachen- und Gleitschirmflugschulen Wasserkuppe GmbH St. Laurentius Straße 7 36163 Poppenhausen Tel: 06654-7548 Fax: 06654-8296 www.wasserkuppe.com info@wasserkuppe.com	Flugschule Göppingen Zeppelinstraße 3 73105 Dürnau Tel: 07164-12021 Fax: 07164-12029 www.flugschule-goeppingen.de office@flugschule-goeppingen.de	Flugschule Martin Mergenthaler Waltenerstraße 20 87527 Sonthofen Tel: 08321-9970, Fax: 08321-22970 www.flugschule-mergenthaler.de info@flugschule-mergenthaler.de	Sky Club Austria Walter Schrempf Moosheim 113 A-8962 Gröbming Tel: +43-3685-22333 Fax: +43-3685-23610 www.skyclub-austria.com office@skyclub-austria.com Der Flugtechnikteil des Performance Trainings findet über Wasser statt
Harzer Gleitschirmschule Amsbergstraße 10 38667 Bad Harzburg Tel: 05322-1415 Fax: 05322-2001 www.harzer-gss.de info@harzer-gss.de	Sky-Team Paragliding Michael Wagner Schwarzwaldstraße 30 76593 Gernsbach Tel: 07224-993365 Fax: 07224-993326 www.sky-team.de info@sky-team.de	OASE Flugschule Peter Geg GmbH Auwald 1 87538 Obermaiselstein Tel: 08326-38036, Fax: 08326-38037 www.oase-paragliding.de info@oase-paragliding.de	Flugschule Aufwind Franz Rehl Dachstein 52 A-8972 Ramsau Tel: +43-3687-81880 Fax: +43-3687-818804 www.aufwind.at office@aufwind.at Der Flugtechnikteil des Performance Trainings findet über Wasser statt
Flatland Paragliding Karlstraße 6 40764 Langenfeld Tel: 02173-977703 Fax: 02173-977705 www.flatland-paragliding.de petermitsche@gmx.de	Flugschule Chiemsee GmbH Birgit Beyhl Am Hofbühl 3c 83229 Aschau Tel: 08052-9495 Fax: 08052-9495 www.flugschule-chiemsee.de flugschule.chiemsee@t-online.de	1. DAeC Gleitschirm-Schule Heinz Fischer GmbH Am Sandbühl 10 87669 Rieden am Forggensee Tel: 08362-37038, Fax: 08362-38873 www.dac-gleitschirm-aktuell.de info@gleitschirm-aktuell.de	Euro-Flugschule Engelberg Wasserfallstraße 135 CH-6390 Engelberg Tel: +41-41-6370707 Fax: +41-41-6373407 www.euroflugschule.ch info@euroflugschule.ch Der Flugtechnikteil des Performance Trainings findet über Wasser statt
Flugschule Siegen Claus Vischer Eisenhutstraße 48 57080 Siegen Tel: 0271-382332 Fax: 0271-381506 www.flugsport.de claus@flugsport.de	Süddeutsche Gleitschirmschule Paragliding Performance Center Chiemsee Am Balsberg 83246 Untertöwen Tel: 08641-7575 Fax: 08641-61826 www.einfachfliegen.de info@einfachfliegen.de	Flugzentrum Bayerwald Georg Höcherl Schwarzer Helm 71 93086 Wörth a.d. Donau Tel: 09482-959525, Fax: 09482-959527 www.flugzentrum-bayerwald.de schorsch.hoecherl@t-online.de	Papillon Harald Huber rue de l'église F-68470 Fellingeling Tel: +33-38982-7187 Fax: +33-38982-7187 www.papillon-web.de harl@papillon-web.de
Luftikus Eugens Flugschule Luftsportgeräte GmbH Eugen Körninger Hartwaldstraße 65b 70378 Stuttgart Tel: 0711-537928 Fax: 0711-537928 www.luftikus-flugschule.de info@luftikus-flugschule.de	Drachen & Gleitschirmschule Skytec Langackerweg 7 79115 Freiburg Tel: 0761-4766391 Fax: 0761-4562892 www.skytec.de info@skytec.de	Flugschule Achensee Eki Maute GmbH Talstation Karwendelbahn A-6213 Pertau Tel: +43-5243-20134, Fax: +43-5243-20135 www.gleitschirmschule-achensee.at office@gleitschirmschule-achensee.at Der Flugtechnikteil des Performance Trainings findet über Wasser statt	