



Deutschland 14,80 Euro • Österreich: 16,30 Euro
Schweiz: 22,90 CHF • Belgien: 17,00 Euro • Luxemburg: 17,00 Euro

e

Elektroflug *Ludwig Retzbachs* Magazin

Nr. 2/12

www.elektroflug-magazin.de

Eine Legende kommt unter Strom

Fieseler Storch

Grundlagenwissen: Berechnung von Elektroantrieben **Elektrosegler im Vergleich**

1 Modell, 3 Antriebskonzepte – Eigenbauschlepper Plan B

Heli-Eigenentwicklung: Der Banshee e-Volo – ein manntragender Multikopter

Neues aus der Elektrobranche **Kunstflug in Perfektion: Spark von Krill im Test**

Erster Interkontinentalflug eines Solarflugzeugs



Service
**Aktuelle
Akkuweichen**
in der
Übersicht



Top-Angebot!



nur **14,95**

RC-Power X-Balance 6S LiPo/FePo Balancer

Die ultra-präzise microcontroller gesteuerte SMD Elektronik sorgt für minimalste Spannungsdifferenzen und bietet das Maximum an Sicherheit!

T-Rex 450 Pro 3GX Super Combo

Hauptrotordurchmesser: 710mm
Länge: 635mm
Gewicht: 640g



429,-

Art.-Nr.: 34-KX015080T-A

inkl. Vapor Akku

Vapor ZX30 2200mAh/30C/11,1V

Der T-REX 450 PRO wurde nochmals überarbeitet. So erscheint dieses Modell nun erstmals als Flybarless-Version.

10 € Gutschein!
Code:
Elektroflug-02-2012

Einfach **Elektroflug-02-2012** im Gutscheinfenster auf der Warenkorbseite eingeben und schon erhalten Sie den Preisnachlass ab einem Warenwert von 100 Euro!

Der Gutschein ist ausschließlich in unserem Online-Shop gültig.
Gutschein gilt nicht für Angebotsartikel.

Align T-Rex Modelle im RC-Toy Konfigurator

So einfach geht's:

1. Unter dem Reiter »Helikopter« auf RC Helikopter gehen
2. Align als Hersteller anklicken
3. Modell wählen (z.B. T-Rex 450)
4. Heli Konfigurator auswählen
5. Helikopter Kit wählen (einige Beispiele sind hier aufgeführt)
6. Gewünschte Zusatzoptionen markieren (z.B. zusätzlicher Motor, mit oder ohne Fernsteuerung, etc.)

T-Rex 450 Sport V2 Kit

Hauptrotordurchmesser: 715mm
Länge: 640mm
Gewicht: 770g



189,-

Art.-Nr.: KX015081T-Kit

Der bekannte T-Rex 450 Sport von ALIGN wurde noch einmal überarbeitet und besitzt jetzt u.a. einen neuen Rotorkopf, direkt auf der Aludomplatte befestigte Servos und ein neues Haubendesign.

T-Rex 500E Pro Flybar Kit

Hauptrotordurchmesser: 978mm
Länge: 868mm
Gewicht: 1700g



289,-

Art.-Nr.: KX017015T-Kit

Mit seinem neuen voll-einstellbaren Hauptrotorkopf lässt sich dieser Helikopter noch besser auf die persönlichen Vorlieben des Piloten einstellen.

T-REX 500EFL Pro Flybarless Kit



359,-

Art.-Nr.: KX017016T-Kit

Hauptrotordurchmesser: 978mm
Länge: 868mm
Gewicht: 1600g

T-REX 550E V2.2 Flybarless Kit

Hauptrotordurchmesser: 1188mm
Länge: 1024mm
Gewicht: 2800g



389,-

Art.-Nr.: 4-KX021008T-Kit

Der T-Rex 550E V2.2 kommt in einer ganz neuen Größenordnung daher. Kennzeichen dieses außergewöhnlichen Helikopters sind die edlen, schwarz eloxierten Metallteile.

T-REX 600EFL Pro Kit

Hauptrotordurchmesser: 1347mm
Länge: 1160mm
Gewicht: 3980g



419,-

Art.-Nr.: KX016018T

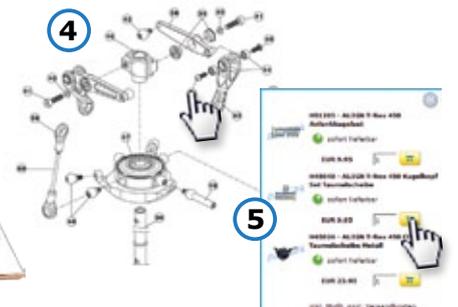
Angelehnt an die Chassisform des T-Rex 700E ist bei dem neuen T-Rex 600 zum Beispiel der Motor kopfverb eingebaут, was sowohl die Kühlung des Motors als auch den Schwerpunkt des Modells entscheidend verbessert.

Ersatzteile einfach finden



So einfach geht's:

1. Hersteller wählen
2. Modell wählen
3. Baugruppe wählen
4. Ersatzteilnummer anklicken
5. In den Warenkorb oder Produktinfos abrufen



Lieferung innerhalb Deutschlands in 1-2 Tagen



Versandkostenfreie Lieferung innerhalb Deutschlands ab einem Bestellwert von 50 Euro



Verschiedene Zahlungsarten verfügbar, z.B. Lastschrift oder Kreditkarte



Bestpreisgarantie: 2% Rabatt auf einen günstigeren Preis (Artikel von Align, Esky und Walkera)

Alle Preise in Euro und inkl. der gesetzlichen Mehrwertsteuer für Deutschland. Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Abbildungen ähnlich.

Editorial

The Times They Are a-Changin' – Der ferngesteuerte Elektroflug ist etwa so alt wie Bob Dylans berühmter Song, in dem er der damaligen Elterngeneration nölend die Leviten las. Seitdem hat sich auch wirklich einiges geändert – beim Elektroflug meistens zum Positiven. Während sich die E-Flug-Pioniere der frühen Sechziger schon freuten, wenn das Modell um ein paar magere Meter an Höhe gewann, so scheint heute unabhängig von der Modellkategorie „senkrecht“ beinahe obligatorisch. Bei den Modellen hat sich daher der Begriff „Elektroflug“ fast schon überlebt, denn es bedarf gar keiner speziellen Modelle mehr, um elektrisch in die Luft zu kommen. Überhaupt scheint das Bauen der Modelle in den Hintergrund gerückt zu sein, denn die technisch immer ausgefeiltere Antriebstechnik wird ja meist in Fertigmodelle implantiert oder nur noch mit etwas Schaum verpackt zum Fliegen gebracht. Hightech in Baracken?

In dieser Ausgabe möchten wir ganz bewusst einige anderen Akzente setzen. Mit der hier vorgestellten Elektroversion eines 2.850 Millimeter großen Fieseler Storchs stellen wir ein legendäres Muster vor, eng an das nostalgische Vorbild angelehnt und detailverliebt, das heute natürlich elektrisch fliegt. Und der Elektroschlepper „Plan B“ zeigt, dass es sich immer noch lohnen kann, über neue Flugzeugformen nachzudenken, so man die spezifischen Vorzüge der elektrischen Antriebstechnik zur Gänze auskosten möchte. Und dann erlauben wir uns diesmal auch noch einen scheuen Seitenblick auf die Elektrofahrradszene, wenn gelernte Elektroflieger ihre Erfahrung dazu nutzen, die stahlrohrverschweißten Schwerkraftfesseln der kommerziellen E-Bike-Szene abzustreifen. Denn im Elektroantrieb steckt noch eine Menge Potenzial. Man muss es halt nur auch nutzen.

Anregenden Lesespaß wünscht



Ludwig Retzbach
Herausgeber



Inhalt 02/12



64 | **Eigenbauschlepper Plan B** Ein kompromissloser Schlepper sollte es sein – und er sollte über einen Elektroantrieb verfügen. Diese Vorgaben umzusetzen gestalteten sich nicht leicht. Das Ergebnis ist ein Modell, das die Kraft dreier unterschiedlicher Antriebsauslegungen perfekt ausnutzen kann



38 | **e-Volo** Ultraleichtflugzeuge haben sich auf dem Markt etabliert. Vor Kurzem hob der erste mannttragende Multikopter mit Elektroantrieb ab



84 | **Solar Impulse** Das Solarflugzeug Solar Impulse HB-SIA hat vor Kurzem seinen ersten Interkontinentalflug absolviert. Von der Schweiz ging es in mehreren Etappen nach Marokko. Wir stellen das Flugzeug und das Team eingehend vor

50 | **Akkuweichen** In einer ausführlichen Marktübersicht stellen wir eine Reihe von Akkuweichen vor, die sich für den Einsatz in elektrifizierten Großmodellen eignen und den Betrieb des Modells deutlich sicherer gestalten



e-Modelle

- 6 **Fieseler Storch** Elektrifizierung einer Langsamflug-Legende
- 22 **Speed-Rausch** Banshee, eine außergewöhnliche Heli-Konstruktion
- 64 **Eigenbauschlepper Plan B** Ein Modell, drei Antriebskonzepte
- 90 **F3A-Gleichung** Spark, ein kompromissloses Kunstflugmodell von Krill

e-World

- 38 **e-Volo** Alles zum ersten mannttragenden Multikopter
- 74 **Aero 2012** Die Elektro-Highlights des Jahres im Überblick
- 76 **Dampfmaschine** Die Brennstoffzelle – Innovation im Modellbau
- 84 **Interkontinental** Solarflugzeug Solar Impulse verschiebt Grenzen
- 96 **e-Bike** Fahrrad-Elektro-Antrieb im Eigenbau

e-Wissen

- 16 **Airstream** Der Windkanal – die Simulation der Realität
- 30 **Setup** Abstimmung von Antrieben

e-Service

- 42 **e-World** Kurzmitteilungen aus der Eletrobranche
- 44 **Gegenüberstellung** Drei 2-Meter-Segler im Vergleich
- 48 **e-rste Hilfe** Praxistipps aus dem Modellflugalltag
- 50 **Marktübersicht** Akkuweichen im Überblick
- 58 **e-Facts** Mehr wissen, besser fliegen

e-Magazin

- 3 **Editorial**
- 4 **Inhalt**
- 49 **Ihr Kontakt zu Ludwig Retzbachs Elektroflug Magazin**
- 60 **Was macht eigentlich Jean-Pierre Schiltknecht**
- 62 **Ludwig Retzbachs Elektroflug Magazin Shop**
- 63 **Impressum**





Modell **AVIATOR**

www.modell-aviator.de
TEST & TECHNIK FÜR DEN MODELLFLUG-SPORT

KENNENLERNEN FÜR 4,80 EURO



3 für 1
Drei Hefte zum
Preis von
einem

Jetzt zum Reinschnuppern:

Deine Schnupper-Abo-Vorteile:

- ✓ Keine Ausgabe verpassen
- ✓ Versand direkt aus der Druckerei
- ✓ 9,60 Euro sparen
- ✓ Jedes Heft im Umschlag pünktlich frei Haus
- ✓ Regelmäßig Vorzugsangebote für Sonderhefte und Bücher



Direkt bestellen unter
www.modell-aviator.de
oder telefonisch unter 040 / 42 91 77-110

Jetzt auch als **eMagazin**
und **Printabo+** erhältlich.

Mehr Informationen unter www.modell-aviator.de/emag





Eine Legende kommt unter Strom

FIESELERStorch



Video zum Bericht auf
www.elektroflug-magazin.de



Text und Fotos: Ludwig Retzbach

Nur wenige Vorbilder werden häufiger mit dem Attribut „legendär“ versehen als der 1936 in Dienst gestellte FIESELER STORCH. Er ist bekannt für seine *exzellenten Langsamflugeigenschaften mit spektakulären Kurzstart- und Landefähigkeiten* und damit geringen Ansprüchen an die Piste. Wie geschaffen also für unsere Modellflugplätze?

Der Pichler-Storch wird bei Black Horse in Vietnam gebaut, einem Land, das für die kommerzielle Modellfabrikation, bei dem Handarbeit immer noch eine bedeutende Rolle spielt, derzeit offensichtlich noch bessere Bedingungen bietet als ehemals die verlängerte Modellbauerwerkbank China.

Der von Pichler vertriebene Storch hat mit 2.850 Millimeter (mm) Spannweite und einer Länge von 1.910 mm – das ist Maßstab 1:5 – stattliche Modellmaße. Der Autor kann sich nicht entsinnen, jemals ein größeres Paket in Empfang genommen zu haben. Beim Auspacken entsteht dann auch der Eindruck, die Lieferung käme aus einer Kartonfabrik – mit angeschlossener Modellbauabteilung. Alles ist einzeln und sehr sauber verpackt. Dennoch sind bei der rechten Fläche die Querruder-Ausgleichsgewichte abgebrochen. Nun, nur sie waren in Schaumgummi eingewickelt. Mit Schutzdecken aus Karton wäre das sicher nicht passiert. Ansonsten gab es erst mal nicht viel auszusetzen. Man gab sich im ehemaligen Saigon wohl größte Mühe, das deutsche Vorbild detailgenau nachzubauen (weder Schrauben noch Nieten wurden nachgezählt). Was sogleich ins Auge fällt sind die beiden hintereinander sitzenden Piloten. Ganze Kerle mit schneidigen Gesichtern und etwas zu dunkel geratenen Sonnenbrillen. Gestalten, wie sie einem amerikanischen Zweite-Weltkrieg-Film entnommen sein könnten. Nur die Uniformen mit den roten Epauletten scheinen mehr fernöstlicher Provenienz.

Auch die aerodynamische Ausstattung entspricht dem Original: Durchgehende starre Vorflügel, Flettner-Ruder über die Halbspannweite, außen



Liebevoll ausgearbeitete Details sind diese Ausgleichsgewichts-Nachbildungen an den Flettner-Querrudern. Dass sie chronisch bruchgefährdet sind, wird bei ihrem Anblick verständlich. Doch ist das leicht mit beidseitigem Anbohren und einem Stück GFK-Bowdenzugseele als elastischem Verbindungselement zu beheben



GFK-Haube und noch unbearbeiteter Motorspant. Sturz und Seitenzug sind hier bereits eingearbeitet

und innen ein Paar Landeklappen, die es faustdick hinter den außen liegenden Scharnieren haben – mit der Lizenz zum Bremsen. Scaleflieger, was willst du mehr? Lediglich das Spornrad mitsamt Anlenkung erscheint etwas modellbaumäßig und mit 25 mm Durchmesser auch reichlich mini.

Gut beschlagen

Viel weiter als beim Pichler-Storch schon geschehen, kann man ein Modell eigentlich nicht vorbereiten, das anschließend noch verschickt werden soll. Es sei denn, man baute die Fernsteuerkomponenten gleich mit ein. Aber das möchten Modellbauer, die sich so eine Riesemaschine leisten, doch besser selbst machen. Allein schon deshalb, weil sie ja für den Fall des hoffentlich nie eintretenden Falles den



Ruderanlenkung gut vorbereitet. Das Höhenruder ist abnehmbar gestaltet



Schneidige Kerle, diese Piloten mit multinationalem Outfit

„Viel weiter als beim Pichler-Storch schon geschehen, kann man ein Modell eigentlich nicht vorbereiten.“



Schon immer galt ein Storch als Freudenbringer ...

Schuldigen genau kennen sollten. Die zur Steuerung benötigten Kleinteile wurden dann auch erst mal einer kritischen Prüfung unterzogen, mit dem Ergebnis, dass alles (na ja, fast alles) wohl dimensioniert wurde. Sämtliche Ruderhörner sind zweischenklig, mit Kugelkopfanschluss in der Mitte, der wie die beiliegenden Gewindestangen zur Ruderanlenkung 3 mm Dicke aufweist. Auch die servoseitig anzubringenden M3-Gabelköpfe weisen eine angemessen große Spannkraft auf, um sie als großmodelltauglich einstufen zu können. Das Seitenruder wird wie üblich über zwei Stahllitzen geführt, die nur noch auf die richtige Länge gebracht werden

müssen. Lediglich die beiden Stahldrähte zur Anlenkung je einer Höhenruderhälfte erwiesen sich als kompletter – und falls der Mangel unentdeckt geblieben wäre – gefährlicher Missgriff. Glücklicherweise waren sie durch schwere Gangart auffällig und deshalb entfernt worden. Eine von beiden brach noch beim Herausziehen ab. Die Bruchstelle sah aus, als hätte man den etwas zu kurzen 2-mm-Stahldraht durch stumpfes Dranlöten verlängert und die (Hart-) Lötstelle anschließend verschliffen. Kurz, der Bröseldraht wurde durch GFK-Bowdenzugseelen ersetzt, die an den jeweils mit etwa 200 mm ziemlich langen freien Enden durch darüber geschobene 3/2-mm-Kohlerohre versteift wurden. Für die Höhenruderanlenkung werden zwei Servos benötigt, da die Steuerzüge sehr weit auseinanderliegen.



Das Cockpit ist zumindest sehr fantasievoll ausgestattet

Ansonsten waren die Beschlagteile zur Montage der Flächenstützen und des staksigen Fahrwerks, das dem Storch bekanntlich seinen Namen gab, vollzählig vorhanden und wirklich passgenau. Es ist fast zu vermuten, dass das Modell im Wesentlichen schon beim Hersteller



Transporterleichterung: Es werden nur die Verschraubungen an der Außenfläche und am Rumpf gelöst. Die Flächenverstrebung lässt sich dann zusammenfallen

Technische Daten

Spannweite:	2.850 mm
Rumpflänge:	1.910 mm
Gewicht:	8.100 g
Motor:	Pichler Boost 140 (230 U/min/V)
Motorcontroller:	Pichler XQ 100 HV (100 A; bis 12s)
Akku:	10s-LiPo, 4.000 mAh



Aerodynamisch haben die Gestänge natürlich einiges mitzureden

probemontiert wurde. Die Montage des Fahrwerks als solches ist dennoch erst mal ein bisschen Probiersache, da die englische Montageanleitung in diesem Bereich doch eher wortkarg daherkommt. Ein sich immer wieder mit Bezug auf die Verschraubungen wiederholendes Wort sollte man indes sehr ernst nehmen: „Secure“. Also, das Fläschchen mit Schraubensicherungslack nie allzu weit weglegen. Ein Vereinskamerad, der den Storch zeitgleich, allerdings mit Benzinmotor flog, musste da schlechte Erfahrungen machen. Die Sicherungspflicht erstreckt sich auf alle Fahrwerks- und Verstrebungsteile, die irgendwie losgehen und herausfallen könnten. Das Fahrwerk ist übrigens tatsächlich gefedert, wenn auch mit (gefühl) ziemlich kurzem Hub.

Was die Servobestückung angeht, so stellen Langsamflieger wie der Storch keine allzu hohen Forderung an Kraft und Präzision. Zum

Einstellen der Landeklappen und Flettner-Querrudder, mit denen wohl die wenigsten Modellpiloten über ausreichende Erfahrung verfügen, liegt eine praktische Schablone bei. Das macht das Einstellen der Ruder wirklich einfacher.

Die Flächen stecken auf zwei gut dimensionierten Alurohren. Als Sicherung gegen Herausrutschen sind je Seite zwei Holzschrauben vorgesehen, die von oben durch die Fläche in die Rohrenden gedrückt werden sollen. Das schien nicht wirklich opportun. Daher werden die Flügelhälften nun von Gummibändern am Rumpf gehalten.

Leicht aus der Mitte

Konzipiert wurde das Modell ursprünglich für einen Benzinmotor mit 35 Kubikzentimeter Hubvolumen. Nachdem Pichler vor Kurzem

„Leistungs-
mäßig erscheint
der Boost 140 für
einen Wiesen-
schleicher wie
den Fieseler
Storch erst mal
leicht überdimen-
sioniert.“



Die Flächen werden beim Testmodell entgegen der Bauanleitung mit Gummis zusammengehalten. Aus Sicherheitsgründen wurde der hier abgebildete einzelne Gummiring durch ein Bündel aus fünf dünneren Ringen ersetzt



Auch ohne Klappeneinsatz lässt sich das Modell schön „hinhängen“

modell hobby Spiel

5. – 7. Oktober 2012

Neuheiten aus der Modellbaubranche –
spannend - informativ - vielseitig!

- Messecup – der Top-Event der europäischen 1.8-Off-Road-Szene
- Truck-Parcours und Race-Areals
- „Fachtreffpunkt Modellbau“ zu Trendthemen des Jahres 2012
- größte Indoorflugfläche Deutschlands mit spektakulären Shows
- Flugmodell-Sonderschauen

Online-Tickets unter
www.modell-hobby-spiel.de/ticket

www.modell-hobby-spiel.de
www.hobby360.de

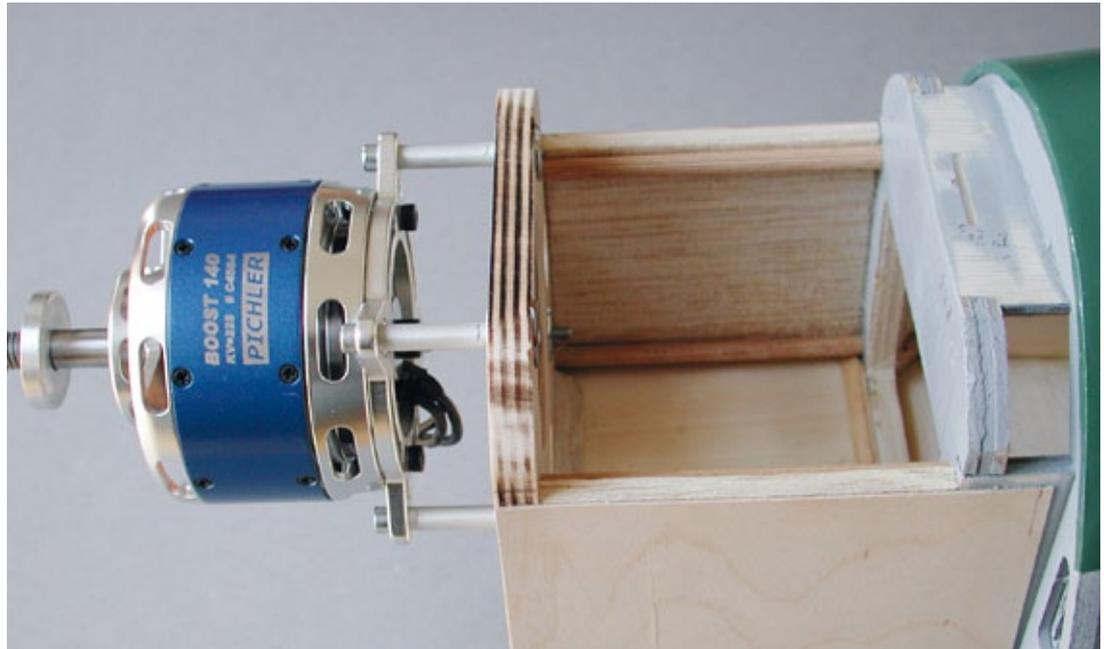
Mit freundlicher Unterstützung von



Fürs Langsamflugverhalten zuständig: Der starre Vorflügel



Anlenkung von Seiten- und Höhenruder. Die Vorbildtreue des mitgelieferten Spornrads bleibt steigerungsfähig



Der verlängerte Motordom nimmt später auch den vorderen Teil des Batteriepacks auf. Dazu wurde der ursprüngliche Motor-Montagespant (rechts) entsprechend ausgeschnitten. Vier 6-Millimeter-Buchenrunddübel helfen, das Ganze zu stabilisieren

seine Boost-Außenläufer-Motorserie um einige größere Exemplare erweitert hat, lag es nahe, diese hierfür zu erproben. Gewählt wurde der Boost 140, der aus einem 10s-LiPo gespeist locker die benötigte Leistung auf eine 20-Zoll-Luftschraube stemmt, aber wegen des geringen Gewichts von 700 Gramm (g) – der Verbrenner wiegt wohl annähernd das Doppelte – aus Schwerpunktgründen einiger Kompensationsmaßnahmen bedarf. In diesem Fall wurde der Brandspant soweit möglich ausgeschnitten und ein zusätzlicher Motordom so konstruiert, dass die Batterie weit nach vorne, bis hinter die Motorhalterung, geschoben werden konnte.

Leistungsmäßig erscheint der Boost 140 für einen Wiesenschleicher wie den Fieseler Storch erst mal leicht überdimensioniert. Im Hinblick auf die Schwerpunkteinstellung – siehe weiter unten – sollte das Triebwerk aber nicht viel kleiner sein. Pichler empfiehlt diesen Motortyp mit einer spezifischen Drehzahl von 230 Umdrehungen pro Minute und Volt (U/min/V) denn auch für Trainer- und Sport-

modelle bis 10 Kilogramm (kg) Abfluggewicht oder als leistungsadäquaten Ersatz für Benzinmotoren von 35 Kubikzentimeter. Leichtes Spiel hat auch der ebenfalls von Pichler gelieferte XQ 100 HV-Motorcontroller, der im gut gelüfteten Untergeschoß des Maschinenraums Platz findet. Bei 10s-LiPos mit 4.000 Milliamperestunden (mAh) Kapazität und einer Graupner Sonic 20 × 10-Zoll-Luftschraube fließen etwa 62 Ampere (A) durch die Kupferdrähte. Der Motor behält dabei noch mehr als 80 Prozent Wirkungsgrad.

Als etwas kritisch zeigte sich der mit 80 mm doch recht stattliche Durchmesser des Boost-Motors. Denn beim Original, das durch einen hängend eingebauten Argus V8-Motor (240 PS) angetrieben wurde, sitzt die Propellerwelle sehr weit oben. Der eher rundliche Außenläufer-Elektriker muss daher ganz knapp unter der Haubendecke montiert werden, so, dass er gerade noch nicht streift. Dabei tritt die Propellerwelle etwas unterhalb der Mitte durch die Haubenöffnung ins Freie. Wenn man es nicht weiß, dann fällt es nicht auf.

Entdeckung der Langsamkeit

Berühmt ist der Fieseler Storch für seine extremen Langsamflugeigenschaften. Das Original konnte beim Landen unter 50 Stundenkilometer langsam fliegen. Bis heute eine Marke, die schwer zu knacken ist.

Das prädestinierte den Storch auch für kürzeste Start- und Landepisten in unwegsamen Gegenden. Dass ihr Konstrukteur Gerhard Fieseler zu dieser Meisterleistung fähig war, lässt sich auch auf sein persönliches,

fliegerisches Können zurückführen. 1934 gewann er die erste Kunstflugweltmeisterschaft in Paris auf seiner selbstkonstruierten F2 Tiger. Diese und andere wertvolle Erfahrungen flossen in den Entwurf des Storch mit ein.



Klappen voll gesetzt. Damit geht es steil bergab

„Bei Voll-
ausschlag geht's
dann wirklich im
sprichwörtlichen
Fahrstuhl nach
unten.“

Schwerpunkt oder schwere Entscheidung?

Die Betriebsanleitung verortet den Schwerpunkt des Fi 156C exakt 120 mm hinter dem „Leading Edge of the Wing“. Ob man da wirklich den Vorflügel mitgerechnet hat? Nun, Erfahrungen mit derartigen Konfigurationen sind rar und so scrollt man eben mal durch die Internetforen. Da wurde ein mit 140 bis 150 mm deutlich weiter hinten liegender Schwerpunkt als passend beschrieben. Das sollte sich später auch hier bestätigen. Der Akku kommt nun so zu liegen, dass die Anschlüsse gerade noch am vorderen Rand des Kabinenausschnitts sichtbar und so für Prüfen und Nachladen gut zugänglich sind. Trimmblei wird nirgends benötigt. Und so begab es sich, dass das Gewicht des flugfertigen Modells auch haargenau der Herstellerangabe entsprach: 8.100 g. Die Ruder-ausschläge, soweit darf man schon mal vorgreifen, werden eher ein wenig knapp empfohlen und dürfen ruhig etwas größer sein.

Der geplante Erstflug fiel auf einen reichlich windigen Maitag. Würde das Ding gleich rückwärts marschieren? Die Befürchtung sollte sich in Wohlgefallen auflösen. Der Storch stieg schon mit etwa Zweidrittel-Vollstrom sofort

in einem flachen Winkel in die Luft. Nachtrimmen war beinahe überflüssig. Die Flugeschwindigkeit ist natürlich eher verhalten, aber keineswegs „schleicherisch“. Die Reaktion auf die Ruder erschien angemessen. Lediglich auf Querwind reagiert die Maschine mehr, als es die Größe vermuten lässt. Wer hier gerne mit ruhig gehaltenem Knüppel cruisen möchte, investiert vielleicht in einen Querrudergyro nicht falsch. Beim Erstflug wurde noch gänzlich auf den Einsatz der Landeklappen verzichtet. Die erste Landung verlief dessen ungeachtet weich und ohne jedes Problem.

Mit noch 70 Prozent Restkapazität geht's gleich wieder in die Höhe. Bei zirka 80 Metern über Grund werden vorsichtig die Landeklappen aktiviert, langsam, mit 3,5 Sekunden Laufzeitverzögerung – bei Graupner mc-24 Sender Code 32 <Gebereinstellung>. Oh Wunder, der Storch wird deutlich langsamer, hebt nur ganz kurz die Nase und zieht gemütlich seine Flugbahn, ohne dass auch nur ein bisschen Tiefenruder beigemischt oder nachgedrückt werden muss. Mit „halbe Klappe“ wird anschließend gelandet, noch ohne Schlepptgas und sehr anständig. Bei Vollausschlag geht's dann wirklich

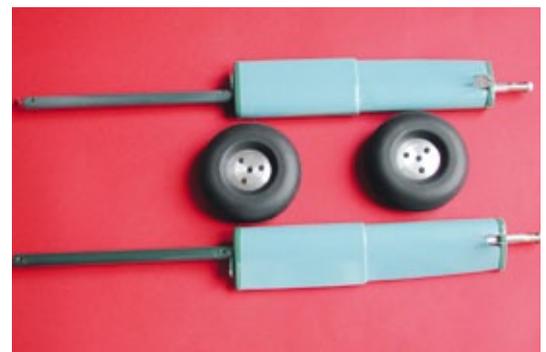


Personal mit inbegriffen



Einfach nur praktisch: Eine Lehre zum Einstellen der Ruder liegt bei

Das Profil-Federteleskop ist nur Attrappe. Doch kann der untere (rechte) Teil des Stahlzylinders etwa 20 Millimeter einfedern



Bezugsadresse

Pichler Modellbau

Lauterbachstraße 19
84307 Eggenfelden
Telefon: 087 21/969 00
Fax: 087 21/96 90 20
E-Mail: info@pichler.de
Internet:
www.pichler-modellbau.de
Bezug: Fachhandel
und direkt
Preis: 539,- Euro



Die Motorachse kommt etwas unterhalb der Mitte aus der Haubenöffnung

im sprichwörtlichen Fahrstuhl nach unten, es bedarf dann allerdings schon etwas Zugabe von Propellerwind, um da unten im Parterre auch sanft anzuhalten. Und auch diese berühmten Schrittgeschwindigkeitslandungen gelingen nicht auf Anhieb. Aber mit Gas raus, um Höhe abzubauen, dann mutigem Ziehen bei gleichzeitigem dosiertem Gasgeben klappt dann doch schließlich. Ja auch Storchentladungen wollen durchaus geübt sein, sehen dann aber wirklich cool aus.

Auch vom Boden weg geht es mit sehr kurzem Anlauf, wenn auch nicht so spektakulär. Es zeigt sich, dass die gut 2,2 Kilowatt Eingangsleistung von der Flugzeugmasse wohlwollend aufgesogen werden. Mehr braucht es nicht, mit weniger sollte man aber auch nicht antreten, denn die zahlreichen, freiliegenden Gestänge wollen alle irgendwie von Luft umspült und die acht Kilogramm vom Boden ferngehalten werden. Es zeigt sich, dass zwischen Zweidrittel- und Vollgas kaum mehr ein Geschwindigkeitszuwachs erfolgt. Störche mit starren



Flehtnerruder mit Ausgleichsgewicht (Holzattrappen)

Vorflügeln sind eben keine Pylonrenner. Versuche mit Propellern von 22-Zoll-Durchmesser und bei 8 bis 10 Zoll Steigung bringen eine Verbesserung beim Alarmstart, wenn auch bei auf 70 A erhöhtem Vollstrom. Gleichwohl, der maßvoll vergrößerte Prop passt nicht nur optisch besser zum Fieseler Storch.

Geht doch!

Der Fieseler Storch Fi 156C von Pichler ist ein Modell ohne Kompromisse. Viel weiter können Vorfertigungsgrad und Vorbildtreue kaum gedeihen, denn letztere bezieht sich ja nicht allein auf Optik und Ruderfunktionen, sondern der Storch ist auch dem Flugverhalten seines legendären Originals sehr nahe. Ein Hingucker ist er allemal. Das Start-Flug- und Landeverhalten ist wirklich problemlos, sodass sich auch weniger erfahrene Piloten trauen dürfen. Dass die storchentypischen Langsamflugmanöver nicht angeboren sind, sondern erlernt werden müssen, macht das Modell auch für geübte Piloten interessant. Auch Verarbeitung und Qualität verdienen ein Lob, auch wenn in einigen wenigen, weiter oben schon erwähnten Sicherheitsdetails deutlicher Nachbesserungsbedarf besteht. Letztendlich lässt sich die Konstruktion gut für den Transport zerlegen und rasch wieder aufrüsten, ein Komfortmerkmal, das bei Großmodellen oftmals zu spät bedacht wird. Ja, wirklich mal wieder ein Grund zur Freude, wenn der Storch ins Haus kommt.



Wunderschönes Flugbild einer Legende

www.BASTLER-ZENTRALE.de
MODELLBAU TOTAL STUTTGART

DER HEISSE DRAHT ZU *Ludwig Retzbach* **Elektroflug** *Magazin*

Redaktion:

Telefon: 040/42 91 77-300
 Telefax: 040/42 91 77-399

Post:

Wellhausen & Marquardt Medien
 Redaktion **Elektroflug Magazin**
 Hans-Henny-Jahnn-Weg 51
 22085 Hamburg

E-Mail:

redaktion@elektroflug-magazin.de
 Internet: www.elektroflug-magazin.de

Aboservice:

Telefon: 040/42 91 77-110
 Telefax: 040/42 91 77-120

Post:

Leserservice
Elektroflug Magazin
 65341 Eltville

E-Mail:

service@elektroflug-magazin.de
 Internet: www.alles-rund-ums-hobby.de



Dieses Buch führt auf verständliche Weise in die Welt der Batterien ein. Erklärt werden die Grundlagen elektrochemischer Energiespeicher sowie die Unterschiede und typischen Einsatzbereiche von Batterien und Akkus.

Artikel-Nr. 11373

Mehr Informationen, mehr Bücher und mehr Vielfalt im Online-Shop www.alles-rund-ums-hobby.de und auf Seite 49

R&G Faserverbundwerkstoffe
 Composite Technology

www.r-g.de

Katalog mit über **300 Seiten** Faserverbundwerkstoffe **sofort downloaden** unter **www.r-g.de** oder bestellen Sie die **gedruckte Ausgabe**.
 (5 € Schutzgebühr, Überweisungsvordruck beiliegend)

NEU!

Samurai Kohlegewebe 61 g/m²

Neuartiges Spread Tow-Gewebe aus gespreizten 1k-Garnen. Sehr dichtes und gleichmäßiges Webbild.

■ Ideal für ultraleichte und hochfeste Sandwich-Strukturen.

■ **Diagonalschnitt ab 0,25 m² erhältlich.**

Toho Tenax

Samurai-Kohle-Gewebe

R&G Faserverbundwerkstoffe GmbH · Im Meissel 7-13 · D-71111 Waldenbuch
 Telefon +49 (0) 180 5 5 78634* · Fax +49 (0) 180 55 02540-20 · info@r-g.de · www.r-g.de
 *14 ct/min aus dem Festnetz der T-Com, Mobilfunkpreise maximal 42 ct/min.



menZ PROP

menZ HOLZ-PROP

www.Menz-Prop.de

***** NEU *** NEU *** NEU *****

optimiert für den **Elektroantrieb** in Größen von **15" bis 30"**
Einzelheiten finden Sie auf unserer Homepage.

Menz Prop GmbH & Co.KG, Dammersbacher Str. 34, 36088 Hünfeld
 Tel.: 06652/747126, Fax 06652/747127, E-Mail: info@menz-prop.de

JETZT BESTELLEN

Im Aerobic-Workbook werden Neulinge und fortgeschrittene Kunstflugpiloten gleichermaßen an die Hand genommen.

- Alles über Modelle & Figuren
- Technisches & aerodynamisches Basiswissen
- Schritt-für-Schritt-Erklärungen
- Vom Erstflug bis zur Torque-Rolle

Leseprobe unter www.aerobic-workbook.de

DIREKT BESTELLEN
 unter www.alles-rund-ums-hobby.de
 oder telefonisch unter **040 / 42 91 77-110**



**68 Seiten im A5-Format,
 8,50 Euro zuzüglich
 2,50 Euro Versandkosten**

Airstream

Der Windkanal – die Simulation der Realität

Text und Fotos:
Dr. Arnim Selinka, Wolfgang Köhler

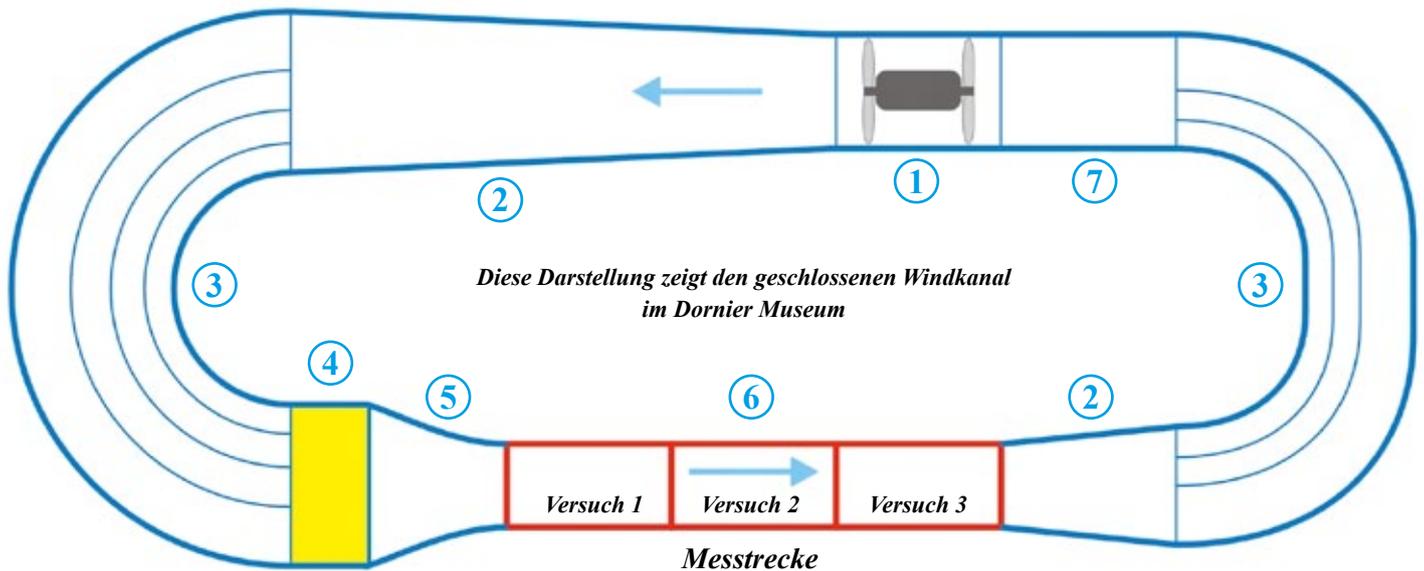
Foto: © mika_48 - Fotolia.com

Warum fliegt ein Flugzeug? Eine Antwort liefern die Gesetze der Aerodynamik. Doch wie prüft man die aerodynamischen Eigenheiten eines Modelltyps? Dies geschieht mittels eines WINDKANALS. Diese ausgefeilten Versuchsanlagen sind meistens für Interessierte nicht zugänglich. Ganz anders ist dies im *Dornier Museum Friedrichshafen*. Hier können die Besucher das FUNKTIONSPRINZIP EINES WINDKANALS HAUTNAH ERLEBEN.

Die Musiklegende Bob Dylan schrieb im April 1962 in einer New Yorker Bar in nur zehn Minuten seinen Superhit „Blowin’ in the Wind“. Damals konnte er nicht ahnen, damit einmal mit Flugzeug- und Luftfahrtgeschichte in Verbindung gebracht zu werden. 46 Jahre später jedoch saß ein Team von fünf Männern deutlich länger als zehn Minuten zusammen und erstellte ein Pflichtenheft für einen Windkanal – mit weitreichenden Folgen.

Gründerzeit

Als Silvius Dornier, der älteste noch lebende Sohn des bekannten Flugzeugbauers Claude Dornier die schon lange schwelende Idee aufgriff, ein Dornier Museum in Friedrichshafen zu errichten, wurde der dafür bestimmte Projektmanager Cornelius Dornier gefragt, ob den zukünftigen Besuchern auch dargestellt werden soll, warum ein Flugzeug fliegt. Seine spontane Antwort lautete „Ja“. Die daraus



resultierende Feststellung, „aber dazu brauchen wir einen Windkanal“, wurde von ihm ebenfalls unterstützt.

Damit war für das Konstruktionsteam, bestehend aus dem Projektleiter, einem Aerodynamiker, einem Elektroniker und zwei Mitgliedern mit Modellbauerfahrung der Weg frei, sich an die Arbeit zu machen. Auslegung und Konstruktion des geschlossenen Windkanals nach Prandtl, das so genannte Göttinger-Modell, erfolgten durch den Aerodynamiker im Team.

Funktionsweise

Zur Veranschaulichung dient die obenstehende Skizze: In einem Windkanal wird die gegen den Uhrzeigersinn gerichtete Luftströmung mittels zweier gegenläufiger, durch Elektromotoren angetriebener Propeller erzeugt (1). Die Motorensteuerung kann von einem Computer aus erfolgen. Der Luftstrom passiert den Diffusor (2). Dessen Aufgabe besteht darin, durch Vergrößerung des Querschnitts die Strömungsgeschwindigkeit zu reduzieren, um in den folgenden Passagen die Strömungsverluste klein zu halten. Eingebaute Leitbleche tragen im 180-Grad-Krümmung (3) zur Verminderung der Umlenkverluste bei.

In der Beruhigungsstrecke (4) sorgen eine Honigwabe und zwei Gitter dafür, dass die Turbulenzen stark reduziert werden, die sowohl in Strömungsrichtung als auch quer dazu noch vorhanden sind. In der speziell geformten Kontraktionsdüse (5) erfolgt durch die starke Verengung des Kanalquerschnitts eine Geschwindigkeitserhöhung des Luftstroms. Gleichzeitig werden hier die letzten Strömungsungleichförmigkeiten eliminiert, sodass ein möglichst homogener Luftstrom in die Messstrecke (6) gelangt.

Im Gegensatz zu der Stahlblechkonstruktion der eben beschriebenen Bauteile besteht die Messstrecke aus drei Acrylboxen zur Aufnahme

der Experimentieranordnungen. Diese Modulbauweise erlaubt einen schnellen Austausch einzelner Boxen im Reparaturfall. Außerdem können alternativ auch Boxen mit Versuchen für Messungen eingesetzt werden. Nach Verlassen der Experimentierstrecke gelangt der Luftstrom wieder in einen Diffusor (2) und von da aus über den 180-Grad-Krümmung (3) in das Lüfteransaugrohr (7). Hier beginnt der Kreislauf von Neuem.



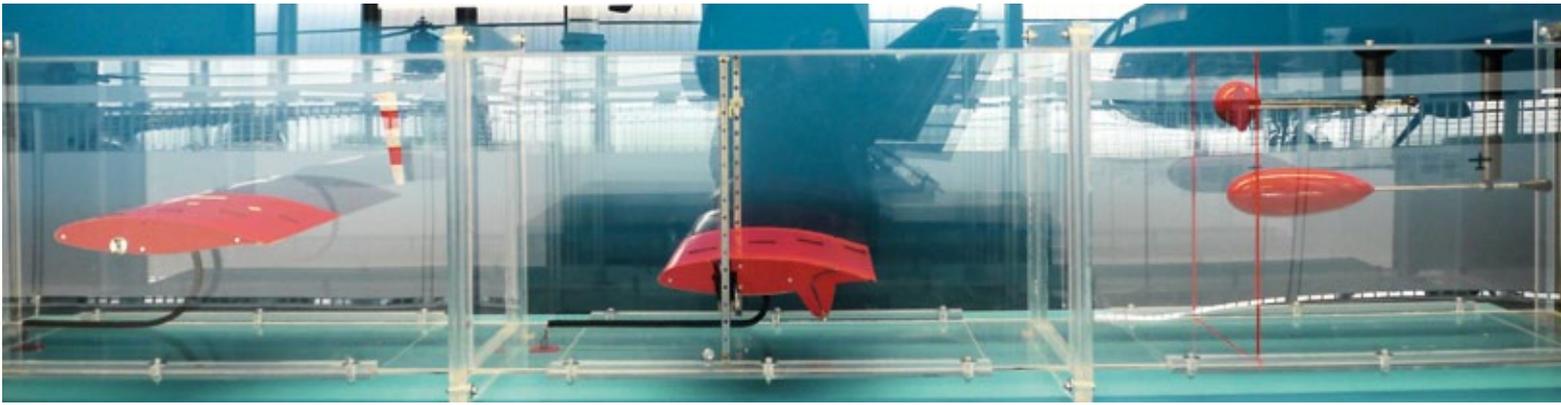
Warum fliegt ein Flugzeug? Um diese Frage anschaulich zu beantworten, entstand im Dornier Museum ein Windkanal

Ideenspiele

Neben der eigentlichen Konstruktion hatte das Team zudem die Aufgabe, die Acrylboxen des Kanals so zu bestücken, dass der interessierte Museumsbesucher anhand der Experimente anschaulich in die Geheimnisse der Aerodynamik eingeführt wird. Das Team wollte zeigen, wie aerodynamischer Auftrieb entsteht: durch Unterdruck beziehungsweise Überdruck an einer profilierten Tragfläche, die Veränderung des Anstellwinkels der Tragfläche, die Variation der Profilwölbung und die Veränderung der Strömungsgeschwindigkeit.

Ursprünglich war ein „erfühlbarer Windkanal“ angedacht, bei dem der Besucher selbst von Hand verschiedene Prüfkörper in die Messstrecke einsetzen und die auftretenden Kräfte sowie

„Interessierte Museumsbesucher werden anhand der Experimentabläufe anschaulich in die Geheimnisse der Aerodynamik eingeführt.“



Die drei Versuche im Windkanal des Dornier Museums verdeutlichen Grundlagen der Aerodynamik

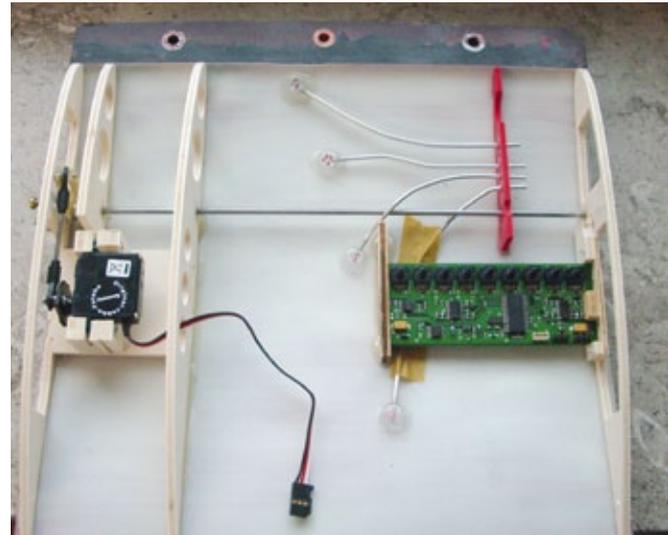
Kontakt

**Dornier Museum
Friedrichshafen**
Claude-Dornier-Platz 1
88046 Friedrichshafen
Telefon: 075 41/487 36 00
Telefax: 075 41/487 36 51
E-Mail:
info@dorniermuseum.de
Internet:
www.dorniermuseum.de

deren Richtung hätte erfüllen können. Nach dem Besuch mehrerer Museen, in denen Zettel mit der Aufschrift „Außer Betrieb“ dominierten, wurde diese Idee wieder verworfen. Man einigte sich darauf, dass der Besucher durch Knopfdruck die Versuche automatisch ablaufen lassen kann.

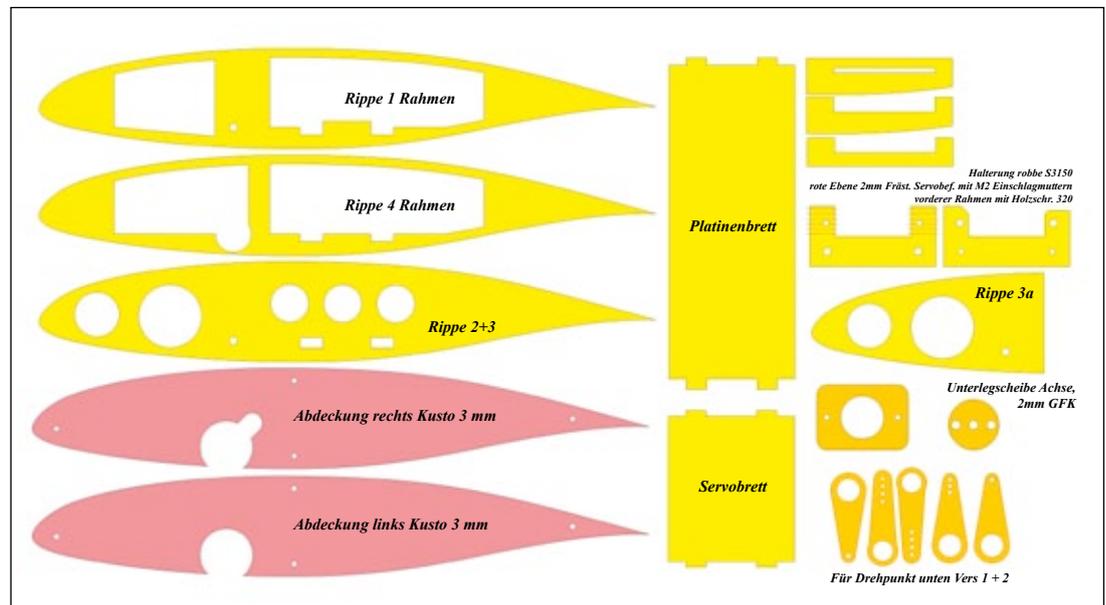
Versuchsaufbauten

Was wird den Besuchern des Dornier Museums nun aber geboten? Im ersten Versuch werden die bei gleichbleibender Luftströmung an einer Tragfläche entstehenden Drücke auf der Profilober- sowie -unterseite gemessen und auf dem Monitor dargestellt. Während des Versuchsablaufs wird der Anstellwinkel der Tragfläche fortlaufend in 1-Grad-Schritten bis zum Strömungsabriss erhöht. Den Übergang von laminarer zu turbulenter Strömung kann der Besucher am Verhalten von aufgeklebten Wollfäden erkennen. Er erkennt auch, dass der durch die Luftströmung erzeugte Unterdruck auf der Flächenoberseite gut doppelt so viel zum Auftrieb eines Flugzeugs beiträgt wie der Überdruck auf der Unterseite. Das Flugzeug wird also vorwiegend nach oben gesaugt.



Lagerung, Anlenkung, Druckentnahmen und Platine mit Drucksensoren für Versuch 1 des Windkanals im Dornier Museum

Der zweite Versuchsaufbau demonstriert das Fliegen selbst. Ein Tragflächensegment – diesmal mit funktionsfähiger Landeklappe – wird im ersten Durchgang des Versuchsablaufs durch den Auftrieb abhängig vom Anstellwinkel angehoben. Im zweiten Durchgang wird



Fräsdatei für Einbauten
in die Fläche von
Versuchsaufbau 1

DUPLEX
2.4 GHz

duplex 24EX
extended range

TELEMETRIE
serienmäßig

dc-16

www.hacker-motor.com

duplex 24EX
extended range
computer radio control

Hacker
Brushless Motors

Anzeige



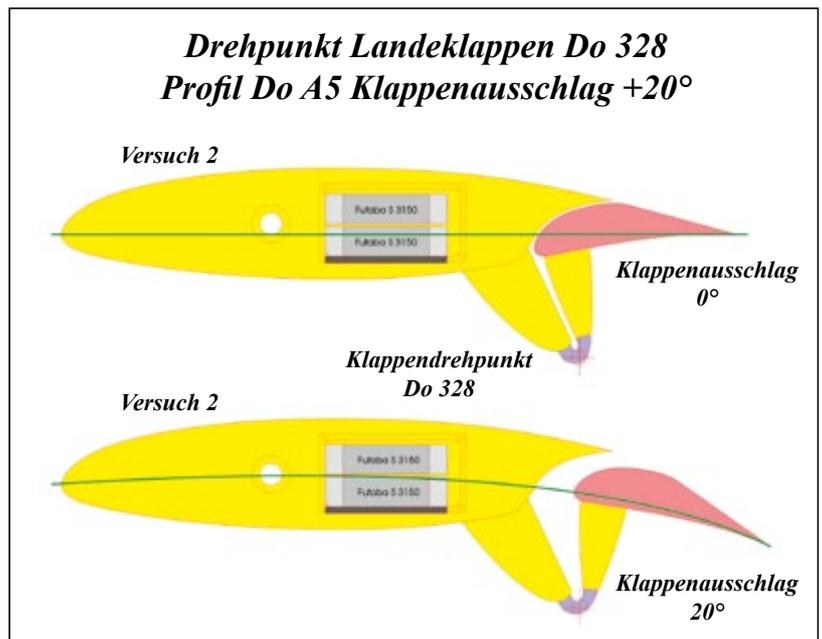
Im zweiten Versuchsaufbau wird die Funktionsweise einer Landeklappe dargestellt

die Änderung des Auftriebs durch die Variation der Profilwölbung (mittels Landeklappe) sichtbar gemacht.

Versuch Nummer drei schließlich befasst sich mit dem Luftwiderstand. Drei verschiedene Widerstandskörper (Kugel, Scheibe, Tropfenform) mit identischer Frontfläche sind so aufgehängt, dass sie bei Einsetzen der Luftströmung an Gleitschienen horizontal gegen Federn gleicher Härte gedrückt werden. Je nach Widerstandsbeiwert lenken die Prüfkörper mehr oder weniger weit aus. Die drei seriell aufgebauten Experimente beeinflussen sich im Luftstrom zwar gegenseitig, für den Demonstrationscharakter der Anlage ist dies jedoch vernachlässigbar.

Vom Vario zum Windkanal

Der Bau von Tragflächen und Strömungskörpern in GFK-Bauweise oblag den Modellbauern im Team. Natürlich bekam das hauseigene Do A5-Flächenprofil, das sich auch sehr gut im Modellbau einsetzen lässt, den Zuschlag. Es wurden CNC-geschnittene Styroporrohlinge mit Glasgewebe überzogen, eine optisch einwandfreie Oberfläche geschaffen und abgeformt. In diesen Negativformen konnten die Ober- und Unterschale direkt auf dem zuvor aufgespritzten Zweikomponenten-Lack laminiert werden. In die Unterschale wurden die gefrästen Sperrholzrippen mit allen Befestigungs- und Lagerelementen eingeklebt.



Der Antrieb für die Änderung des Anstellwinkels beider Flächen in den beiden ersten Versuchsaufbauten sowie für die Landeklappe erfolgt durch das bekannte und zuverlässige Futaba S 3150-Servo. Ein besonderes Augenmerk galt einer spiel- und torsionsfreien Anlenkung. Da der ganze Antrieb von außen unsichtbar gestaltet werden sollte, ergaben sich nicht gerade günstige Hebelverhältnisse. Erst durch eine feste Verbindung der Servos in verstärkten Servohalterungen konnten versuchsweise Strömungsgeschwindigkeiten von über 70 Kilometern in der Stunde gefahren werden, ohne dass eine Flattertendenz der Flügel erkennbar war, auch mit voll ausgefahrener Landeklappe.

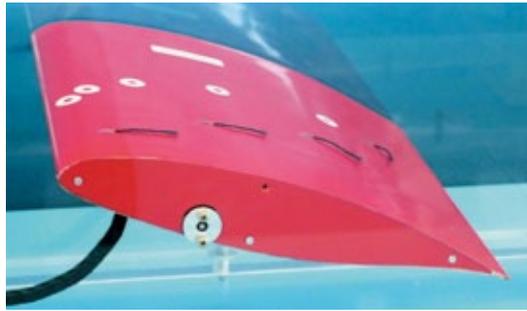
Bei Versuch 1 ist die Tragfläche zur Anstellwinkelveränderung beidseitig gelagert. Bei Versuch 2 läuft die Tragfläche in zwei vertikalen Mini-Kugelumlaufschienen. Um Klemmungen zu vermeiden ist die Fläche nur auf einer Seite gelagert. Bei maximalem Anstellwinkel und voll ausgefahrener Landeklappe wird das Giermoment jedoch so hoch, dass die Minischiene mit der Lagerung überfordert wäre. Aus diesem Grund wurde auf der gegenüberliegenden Seite

Erster Versuch für die Anlenkungsauslegung zur Veränderung des Anstellwinkels



In Versuch 1 (links) ist die Tragfläche zur Anstellwinkelveränderung beidseitig gelagert

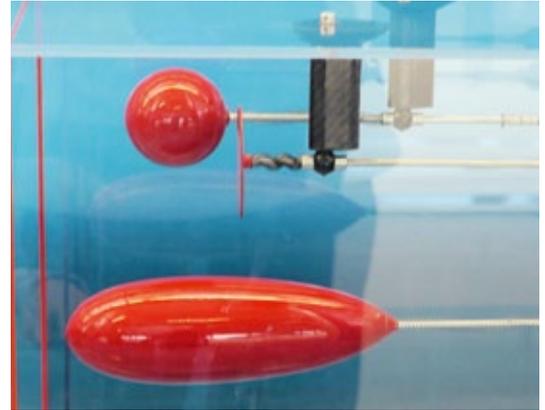
Der zweite Versuchsaufbau (rechts) demonstriert das Fliegen selbst



eine zweite Schiene montiert. Über ein Loslager, das das Giermoment auffängt, wird der Schlitten auf dieser Schiene passiv mitbewegt.

Zunächst sollten die Drücke auf der Profilober- und Unterseite über Schläuche nach außen geführt und für den Besucher über U-Röhrchen sichtbar gemacht werden, was allerdings eine wartungsintensive und störanfällige Variante geworden wäre. Ein ehemaliger „Dornianer“, der sich ebenfalls dem Flugmodellbau verschrieben hat und heute die bekannten, hochwertigen wstech-Varios herstellt, half das Problem elektronisch zu lösen. Seine Varios arbeiten mit Drucksensoren, die man auch für die Druckmessungen im Versuch 1 des Windkanals einsetzen konnte. Für diese Anwendung entwickelte er extra eine Elektronik und die spezielle Software, die es erlaubt, insgesamt neun Drucksensoren – fünf auf der Profilober- und vier auf der -unterseite – zu verwalten.

Ein zusätzlicher Sensor misst den Referenzdruck in der Messstrecke. Nun können die Drücke über Balkendiagramme zusammen mit der aktuellen Strömungsgeschwindigkeit und dem jeweiligen Anstellwinkel zeitgleich auf dem Bildschirm dargestellt werden. Da die ganzen Innereien und Schlauchzuführungen von den Druckentnahmestellen zur Platine noch vor dem Zusammenfügen der Flügelober- und -unterschalen eingebaut werden mussten, war man gezwungen, die feinen 1-Millimeter-Bohrungen für die Druckentnahmestellen an der fertigen Tragfläche durchzuführen. Man hätte also quasi blind durch das Laminat hindurch mit dem Bohrer jeweils die dünnen, innenliegenden Schläuche treffen müssen. So wurden zusammen mit den Einbauten tiefgezogene Käppchen mit zirka 6 Millimeter Durchmesser luftdicht an den vorgesehenen Druckentnahmestellen von innen in die Flügelschalen geklebt, was dann die Frage der Treffsicherheit deutlich entschärfte. Über 2 mm Aluröhrchen werden die Drücke vom jeweiligen Käppchen an eine zentrale Kupplungsstelle und von dort über flexible Schläuche an die Drucksensoren auf der Platine geleitet. Auf diese Weise kann die Platine jederzeit aus dem Inneren der Tragfläche – zum Beispiel zur Fehlersuche – entnommen werden.

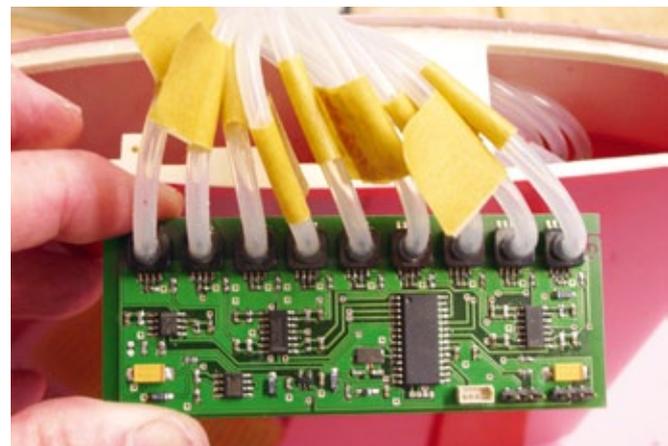


Der dritte Versuch zeigt den Luftwiderstand von unterschiedlichen Objekten

Die Messdaten werden in einem Standard-PC von einem speziellen Programm aufbereitet und zur Darstellung gebracht. Gleichzeitig regelt die Software alle drei automatischen Versuchsabläufe nach dem Drücken der jeweiligen Einschalttaste durch den Besucher, übernimmt die Motorsteuerung für die Lüfter des Kanals und sorgt dafür, dass immer ein Versuch bis zum Ende durchläuft, bevor ein anderer gestartet werden kann.

Erstflug

Parallel zu den oben beschriebenen Arbeiten zur Fertigung der Versuchsaufbauten wurde das Windkanalgehäuse mit dem Lüfterantrieb von dem Unternehmen gebaut, das auch die Lüftungstechnik für das Museumsgebäude installiert hat. Nach aufwändigen Strömungs-



Angeschlossene Platine mit insgesamt neun Drucksensoren

und Geräuschmessungen für die Abnahme des Kanals wurde dieser erst kurz vor dem 24. Juli 2009, dem Tag der Museumseröffnung, eingebaut. Nun konnten die fertig bestückten Experimentierboxen am Kanal angeschlossen werden und das Team erwartete die Inbetriebnahme mit großer Spannung. Doch der „Erstflug“ verlief reibungslos. Alles funktionierte auf Anhieb. Es mussten nur noch ein paar Softwareänderungen vorgenommen und die jeweiligen Strömungsgeschwindigkeiten für die einzelnen Versuche optimiert werden. Bereits hier erwies es sich als richtig, alles auf elektronischem Weg ablaufen zu lassen, weil nun jede neue Einstellung leicht über die Software und nicht über mechanische Veränderungen vorgenommen werden konnte.

Heute, zirka zweieinhalb Jahre nach Eröffnung des Museums, verbucht jeder der drei Versuche ungefähr 30.000 Abrufe. Das heißt, der Windkanal wurde inzwischen 90.000 Mal in Betrieb gesetzt. Mechanisch gab es bis auf ein durchgebranntes Servo nach rund 25.000 Zyklen keinen Ausfall. Auch die Elektronik arbeitet fast problemlos. Und wenn das Betriebssystem mal aussetzt, so hilft ein Neustart.

Bilanziert

Alles in allem haben sich die Auslegung des Kanals und insbesondere der automatische Versuchsablauf im Museumsbetrieb sehr gut bewährt. Dieser Windkanal dürfte in der Funktionsweise einzigartig sein – eben ein echtes Dornier-Produkt. Von den Museumsbesuchern wird er sehr gut angenommen. Bleibt nur noch zu erwähnen, dass das Dornier Museum natürlich noch einiges mehr als den Windkanal zu bieten hat. Interessant für alle Flugbegeisterten sind nicht nur die Modelle historischer Flugzeugentwicklungen von Dornier in den Epochenräumen und die Originalflugzeuge im Hangar, sondern auch die „Abfallprodukte“, die letztlich aus dem Flugzeugbau heraus entstanden sind und heute als Meilensteine der Weltraum- sowie Umwelttechnik gelten und die ebenso der Elektronik, Digitalisierung, Datenübertragung und Medizintechnik zu Fortschritten verhelfen. Ein lohnender Besuch also, auch wenn die Grundfrage, warum ein Flugzeug nun fliegt, eigentlich längst von Bob Dylan beantwortet wurde: „... the answer is blowin' in the wind“.

„Der Windkanal wurde inzwischen 90.000 Mal in Betrieb gesetzt. Mechanisch gab es bis auf ein durchgebranntes Servo nach rund 25.000 Zyklen keinen Ausfall.“

Technische Daten

Windkanal	
Länge	6 m
Höhe	3,2 m
Messstrecke	2,1 m
Acrylmodelle	0,70 × 0,27 × 0,36 m
Querschnittsverhältnis Kontraktionsdüse:	4:1
Lüftermodul	
Elektroantrieb, zwei gegenläufige Siebenblatt-Propeller	
Leistungsaufnahme	1,24 kW
maximaler Luftdurchsatz	6.900 m ³ /h bei 1.370 U/min
maximale Strömungsgeschwindigkeit	20 m/sec
Versuch 1	
Tragflächenprofil	Do A5
Abmessungen L × T	0,26 × 0,25 m
Anstellwinkelveränderung	Futaba S 3150
Druckentnahmestellen (Ober-/Unterseite/Referenz)	5/4/1
Lagerung	beidseits an Kanalwand
Versuch 2	
Tragfläche wie in Versuch 1, aber mit Landeklappe	
Anstellwinkelveränderung	Futaba S 3150
Landeklappe	Futaba S 3150
Lagerung	zwei Miniatur-Kugelumlaufschienen, eine Seite fest, eine Seite Loslager
maximale Auftriebskraft bei 14 m/sec	9 N
maximales Giermoment bei 14 m/sec	45,5 Ncm
Versuch 3	
Drei Widerstandskörper, Stirndurchmesser	je 6 cm

Text: Hansjörg Schilp, Raimund Zimmermann
Fotos: Christian Köperl, Hansjörg Schilp

SPEED-Rausch

Banshee, eine außergewöhnliche Heli-Konstruktion

Aufmerksamen Elektro-Modellflug-Fans wird es Ende des vergangenen Jahres nicht entgangen sein, dass mit einem ELEKTROHUBSCHRAUBER ein neuer, offiziell *von der FAI anerkannter Geschwindigkeits-Weltrekord* aufgestellt wurde. Die bisherige Rekordmarke von 190 Stundenkilometer wurde geknackt: mit 239,68 Stundenkilometer. Hinter dieser Leistung steht das engagierte BANSHEE-TEAM.



Das Team konstruierte speziell für diese Höchstleistung einen äußerst potenten Antrieb und eine komplett neue Verkleidung für den Rekordheli. Darüber hinaus wurde das verwendete Basis-System des Banshee 700 mittlerweile auch in einer limitierten Kleinserie von 50 Stück aufgelegt und verkauft. Das ist Grund genug, sich nicht nur die Mechanik, sondern auch die eingesetzte Technik und Ausrüstung dieses exquisiten Probanden einmal genauer anzuschauen. Dazu führte Raimund Zimmermann – Chefredakteur der Schwesterzeitschrift **RC-Heli-Action** – für **Ludwig Retzbachs Elektroflug Magazin** ein ausführliches Gespräch mit Team-Mitglied Hansjörg Schilp.

Elektroflug Magazin: Wer gehört zum Banshee-Team und wann begann die Arbeit am Banshee 700?

Hansjörg Schilp: Unser Team besteht aus Sigmund Dichtl, Christian Köperl und mir. Im Frühjahr 2010 keimte erstmals der Gedanke auf, einen 700er-Elektrohubschrauber nach unseren eigenen Vorstellungen zu bauen. Hierzu führte die Tatsache, dass keine der seinerzeit am Markt befindlichen Heli-Mechaniken dieser Größenklasse unseren Vorstellungen hinsichtlich der besondere Anforderungen in Bezug auf Konstruktion, der mechanischen Belastbarkeit und des Betriebsgeräuschs entsprach. So reifte im Team mehr und mehr der Wunsch, einen eigenen Flybarless-Hubschrauber zu bauen – und das setzten wir letztendlich auch in die Tat um.



Elektroflug Magazin: Welche Fixpunkte standen im Pflichtenheft bezüglich des Mechanik-Aufbaus?

Hansjörg Schilp: Grundsätzlich ging es uns immer darum, bisherige Konstruktionslösungen kritisch zu hinterfragen, wir wollten Neues ausprobieren. Die wichtigsten Entwicklungsziele waren stets ein extrem ruhiges Laufgeräusch, ebenso die mechanische und thermische Robustheit. Die Konstruktion sollte auch für höchsten Leistungsdurchsatz geeignet sein, zudem sollte der gesamte Aufbau kompromisslos leicht und einfach zu warten sein. So erhielt der Banshee nicht nur einen geräuscharmen und wartungsfreundlichen Heckriemenantrieb, sondern auch einen Riemenantrieb in der ersten Getriebestufe, um so eine wirkungsvolle thermische Entkopplung zwischen Antriebsmotor und Getriebe zu ermöglichen. Und nicht nur das: Auch in der zweiten Antriebsstufe wurde erstmalig ein Riemen verbaut, was in dieser Größenklasse sehr außergewöhnlich ist.

Elektroflug Magazin: Was ist denn mit dem Wirkungsgrad? Es heißt doch immer wieder, dass Zahnriemengetriebe einen schlechteren Wirkungsgrad als Zahnradgetriebe haben?

Hansjörg Schilp: Das stimmt. Gemäß unseren Erfahrungen und Versuchen kann man aber den etwas schlechteren Wirkungsgrad des reinen Riemenantriebs bei den heutigen Antrieben vernachlässigen. Ausgiebige Tests anhand von Log-Files haben gezeigt, dass die Leistung im Flug nicht merklich schlechter ausfällt als bei einem verzahnten Getriebe. Das liegt auch daran, dass wir bei der Konstruktion besonderen Wert darauf gelegt haben, den Riemenantrieb möglichst verlustarm zu gestalten. Verlustarm heißt konkret: Die Riemen laufen um keine kleinen Radien. Somit sind die Umschlingungsradien relativ groß und wir halten damit den energiezehrenden Walkprozess der Riemen möglichst niedrig.

Elektroflug Magazin: Warum verzichten Sie in der ersten Getriebestufe auf die Verwendung eines zusätzlichen Motorenlagers, das doch in dieser Größendimension üblich ist?

Hansjörg Schilp: Das Riemengetriebe reagiert sehr tolerant gegenüber einer möglichen Verbiegung der Motorwelle. Ein Gegenlager würde hier nur unnötig weitere Reibung und damit Wärme generieren und den damit einhergehenden Wirkungsgrad verschlechtern. Wir setzen jedoch bis zu einer gewissen Riemenradgröße zusätzliche Andruckrollen ein, damit der Umschlingungswinkel ausreichend groß ist.

Elektroflug Magazin: Und was kann man zum Thema Leistungsdurchsatz des Banshee insgesamt sagen?

Hansjörg Schilp: Wir haben den Banshee für eine Dauerleistung von 5 Kilowatt (kW) und Leistungsspitzen von weit mehr als 10 kW ausgelegt. In der Praxis hat unsere Konstruktion bereits bewiesen, dass sie den aktuell stärksten Antrieben mit bis zu 16s-LiPos gewachsen ist. Gegenüber den Erstversionen haben wir zudem die hohle Rotorwelle verstärkt ausgeführt – 12 statt 10 Millimeter (mm) – und das Hauptrotorsystem komplett überarbeitet. Zudem wurde der Akkuschacht geringfügig vergrößert. So sollte der Banshee sehr gut für die zukünftigen mechanischen Belastungen und die kommenden Entwicklungen im Elektro-Antriebsbereich der nächsten Jahre gerüstet sein.

Speed-Video

Den Banshee in Aktion kann man auf dem YouTube-Kanal von Banshee Helicopters (www.youtube.com/user/BansheeHelicopters) bewundern. Hier steht unter anderem auch ein Video des Weltrekord-Speedflugs in Rothenburg online. Weitere Infos stehen unter www.banshee-helicopters.de zur Verfügung.



Edle Optik und eine aerodynamisch ausgefeilte Form in superleichter Bauweise – die schnittige Kabinenhaube des serienmäßigen Banshee 700



Elektroflug Magazin: Während viele Konstrukteure bei Helis der 700er-Größe von einem riemengetriebenen Heckrotor Abstand nehmen – hier beklagt man immer wieder das Problem eines überspringenden Riemens –, haben Sie sich dennoch bewusst dafür entschieden. Warum?
 Hansjörg Schilp: Im Vordergrund standen ein niedriges Gewicht, ein leises Betriebsgeräusch und eine einfache Wartungsmöglichkeit. Deswegen war für uns klar, dass ein leistungsfähiges Riemenheck zum Einsatz kommen würde. Der von uns verwendete, 2.100 mm lange und 7 mm breite Riemen hat hervorragende Belastbarkeits-Eigenschaften und kann Leistungen von einem kW und mehr übertragen. Ein Überspringen des Riemens wird durch geschickte Riemenführung auch bei extremen Belastungen sicher verhindert.



Hansjörg Schilp: Das verhindern wir durch ein von uns entwickeltes Federdämpfersystem. Es spannt den Riemen auf der entlasteten Seite automatisch nach und verhindert das Klingeln sowie Schwingungen. Somit bleibt der Riemen selbst bei geringer Vorspannung und extremen Belastungen absolut ruhig. Ein weiterer Vorteil ist, dass man ihn bei starken Temperatur-Unterschieden nicht mehr manuell Nachspannen muss.

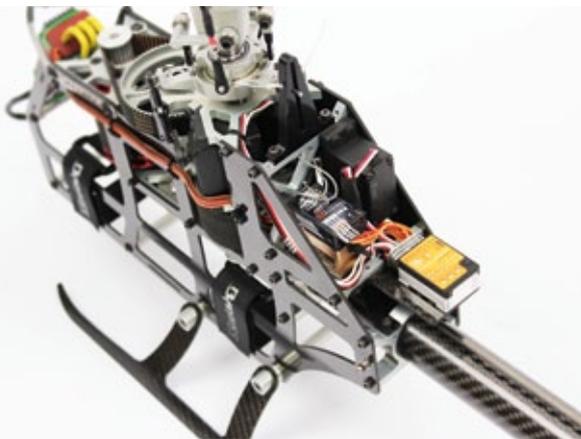
Elektroflug Magazin: Und was ist mit der Neigung zum Flattern des langen Riemens im Heckrohr?

Elektroflug Magazin: Der Hauptrotorkopf des Banshee, eine Flybarless-Version ohne Stabilisierungsstange, wurde von Ihnen grundlegend

Das erfolgreiche Banshee-Team (von links): Hansjörg Schilp, Sigmund Dichtl und Christian Köperl



In der Seitenansicht wird der konstruktive Aufbau mit dem zweistufigen Zahnriemengetriebe deutlich. Markant ist der breite Riemen der zweiten Stufe, der dem hohen Drehmoment gerecht wird



Der Empfänger und das Flybarless-System – in diesem Fall ein microbeast von BeastX – sitzen unmittelbar über der Heckrohrlagerung

gegenüber den Erstversionen überarbeitet. Welche besonderen Merkmale zeichnen das neue Exemplar aus?

Hansjörg Schilp: Wichtigster Unterschied zu vorhergehenden Konstruktionen: Die Kombination aus Rotorkopf-Zentralstück und Blatthalter ist komplett starr ausgeführt. Die Blatthalter werden jeweils über eine M8-Titanschraube mit den beiden Blattlagerwellen verschraubt, die fest und ungedämpft im Zentralstück sitzen. Diese Wellen sind hohl ausgeführt, gehärtet und haben einen Durchmesser von 10 mm. Die Rotorblätter werden mit hochfesten M5-Schrauben in den Blatthaltern befestigt. In Letztgenannten befinden sich jeweils zwei robuste Nadel- und ein Drucklager, um die auftretenden Radial- und Axialkräfte wirksam aufnehmen zu können.

Elektroflug Magazin: Das heißt, der komplette Hauptrotorkopf ist ohne Dämpfung ausgestattet?

Hansjörg Schilp: Nein, nicht ganz. Die eigentliche Dämpfung sitzt innerhalb des Zentralstücks auf der 12 mm starken, hohl ausgeführten Hauptro-

Hansjörg Schilp verriet der Redaktion von Ludwig Retzbachs Elektroflug Magazin in einem ausführlichen Gespräch alles Wissenswerte über den Banshee

Komponenten Weltrekordmodell

Außenläufermotor	Powercroco Scorpion 5035 EVO
Controller	YGE 160 UHV (Prototyp)
Hauptrotorblätter	Radix FBL/BBT Maniac ³
Heckrotorblätter	Rotortech 85 mm
Taumscheiben-Servos	3 × robbe/Futaba BLS 156 HV
Heckrotorservo	robbe/Futaba BLS 256 HV
Flybarless-System	BeastX microbeast
BEC-System	Western Robotics Super-BEC
Datenaufzeichnung	SM-Modellbau Unilog 2
Empfänger	robbe/Futaba R6208SB-HV
Sender	robbe/Futaba T8FG
LiPo-Akkus	Rockamp 2 × 8s/3.700 mAh 65C

torwelle, und zwar im Bereich der Scherarme des Taumscheiben-Mitnehmers. Die Dämpfung funktioniert wie ein definiertes Schlaggelenk, das eine minimale Auslenkung der gesamten Rotorbene zulässt. Nach einem geringen, gedämpften Weg läuft die Dämpfung schon auf Anschlag. Nicht zuletzt dadurch werden zyklische Steuereingaben – hier sind bis 13 Grad Verstellung möglich – extrem knackig umgesetzt. Die Hebelarme und die Anlenkgeometrie sind so ausgelegt, dass ein kollektiver Pitch-Verstellbereich von ± 16 Grad zur Verfügung steht.

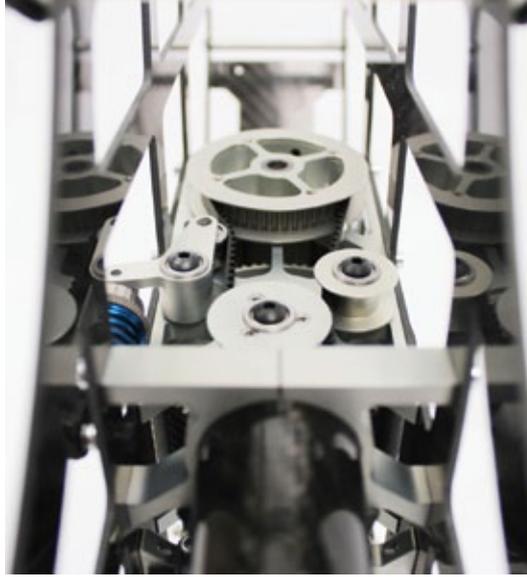
Elektroflug Magazin: Soweit zur allgemeinen Konstruktion. Extrem spannend für uns ist natürlich unter anderem auch die spezielle

„Wir haben den Banshee für eine Dauerleistung von 5 Kilowatt und Leistungsspitzen von weit mehr als 10 Kilowatt ausgelegt.“

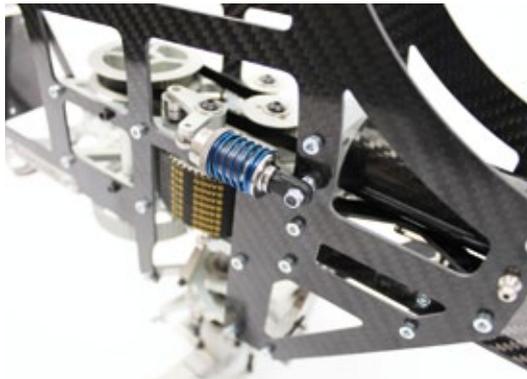
Hansjörg Schilp



Blick von unten auf das Zahnriemengelege des Heckantriebs



An der rechten Chassis-Seite befindet sich das Federdämpfersystem. Es spannt den Heckriemen automatisch nach und verhindert Schwingungen im Heckrohr



Speed-Variante, mit der das Banshee-Team den Weltrekord aufstellen konnte. Woraus setzt sich der Antrieb des Helis zusammen?

Hansjörg Schilp: Beim Antrieb hatten wir den extrem drehmomentstarken Okon-Scorpion-Motor Powercroco 5035 EVO verbaut. Hier steckt maßgeblich Dr. Ralph Okon dahinter, der das Triebwerk mit einer speziellen Wicklung mit zwei Millimeter starkem Kupferlackdraht versehen hat– Infos unter: www.powercroco.de. Beim Controller setzten wir den 160-Ampere-Prototypen YGE 160 UHV ein. Zur Stromver-



Das neue Zweiblatt-Rigid-Hauptrotorsystem des Banshee 700. Er zeichnet sich durch einen niedrigen Aufbau aus, um das Mastmoment möglichst klein zu halten

sorgung dienten uns zwei in Serie geschaltete 8s-LiPo-Akkus von Rockamp (65C) mit einer Kapazität von 3.700 Milliamperestunden.

Elektroflug Magazin: Warum zwei 8s-Packs? Etwa wegen der günstigeren Schwerpunkt-Verteilung im Modell?

Hansjörg Schilp: Nein, hier ging es uns in erster Linie um die seinerzeit vorhandene Problematik der Ladetechnik für einen 16s-Pack – da gab es leider nichts Vernünftiges. Zum damaligen Zeitpunkt gab es außerdem kein erprobtes BEC zur Versorgung der Empfangseinheit, das mit 67 Volt Eingangsspannung funktionierte. Es blieb uns also nichts anderes übrig, als zwei 8s-LiPo-Packs zu konfektionieren und separat zu laden. Von einem der beiden Packs haben wir die Spannung für das Western Robotics Super-BEC abgegriffen. FAI-Vorgabe für den Weltrekord war

*Druckkugellager
10 x 18 x 5,5 mm*

*Nadellager
10 x 14 x 12 mm*

*hohle Blattlagerwelle,
Durchmesser 10 mm*

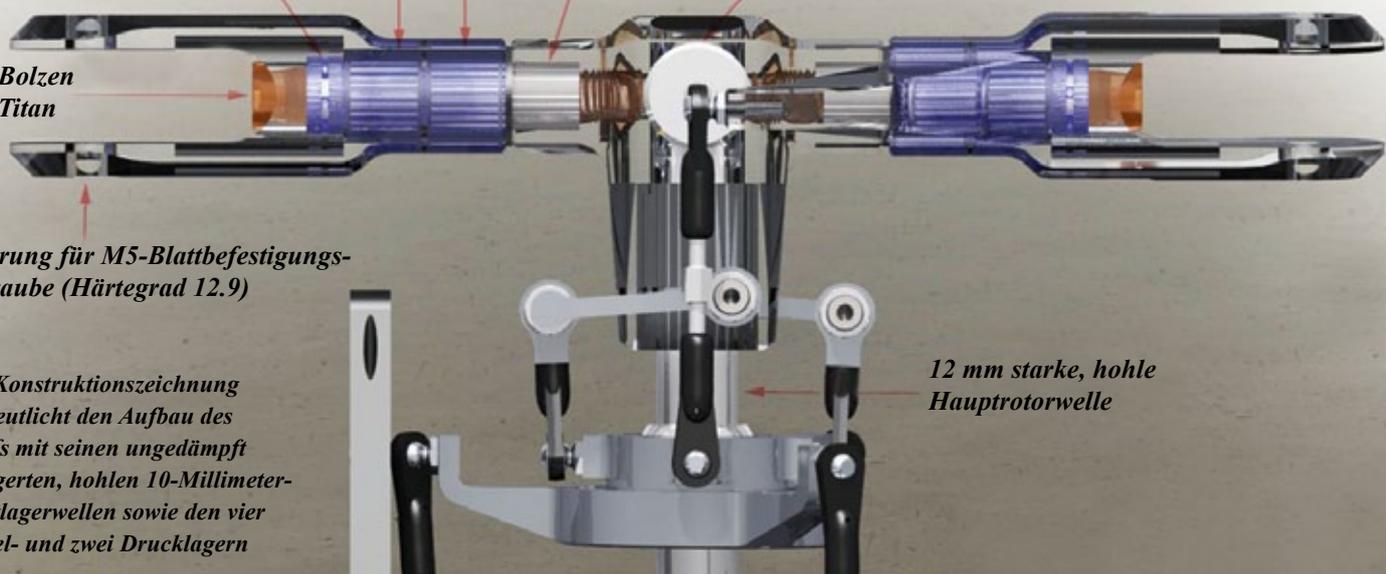
*Rotorkopf-Zentralstück
mit M5-Befestigungsschraube
(Härtegrad 12.9)*

*M8-Bolzen
aus Titan*

Bohrung für M5-Blattbefestigungsschraube (Härtegrad 12.9)

Die Konstruktionszeichnung verdeutlicht den Aufbau des Kopfs mit seinen ungedämpft gelagerten, hohlen 10-Millimeter-Blattlagerwellen sowie den vier Nadel- und zwei Drucklagern

12 mm starke, hohle Hauptrotorwelle





Oberes Rotorwellenlager, darüber die Alu-Taumelscheibe mit ihrer 120-Grad-Anlenkung und die am Rotorkopf-Zentralstück befestigten Mitnehmerarme

weiter, ein „berührungssicheres“ Steckersystem zu verwenden. In der Summe ergab sich daraus eine nicht zu unterschätzende Verkabelungs-Problematik, die wir aber letztendlich meisterten.

Elektroflug Magazin: Und wie meistert der Controller seine nicht einfache Aufgabe? Und was lässt sich über die erreichten Drehzahlen aussagen?

Hansjörg Schilp: Der YGE 160 UHV verfügt unter anderem über einen Governor-Store-Modus, den wir verwendeten. Die erste Flugphase lag für den Lande- und Startvorgang bei etwa 1.200 Umdrehungen pro Minute (U/min). Bei der zweiten Flugphase gaben wir bereits 2.200 U/min am Rotorkopf vor, um zügig in die Einflugposition zu gelangen. Die finale Drehzahl in der dritten Flugphase lag bei 2.400 U/min, die das System auch problemlos hielt. Bei 16 Grad Maximum-Pitch werden im Schnitt nur etwa 7,5 kW bei etwa 125 Ampere (A) gezogen. Hier ist anzumerken, dass der Controller unter Last komplett offen beziehungsweise durch-

Technische Daten Heli

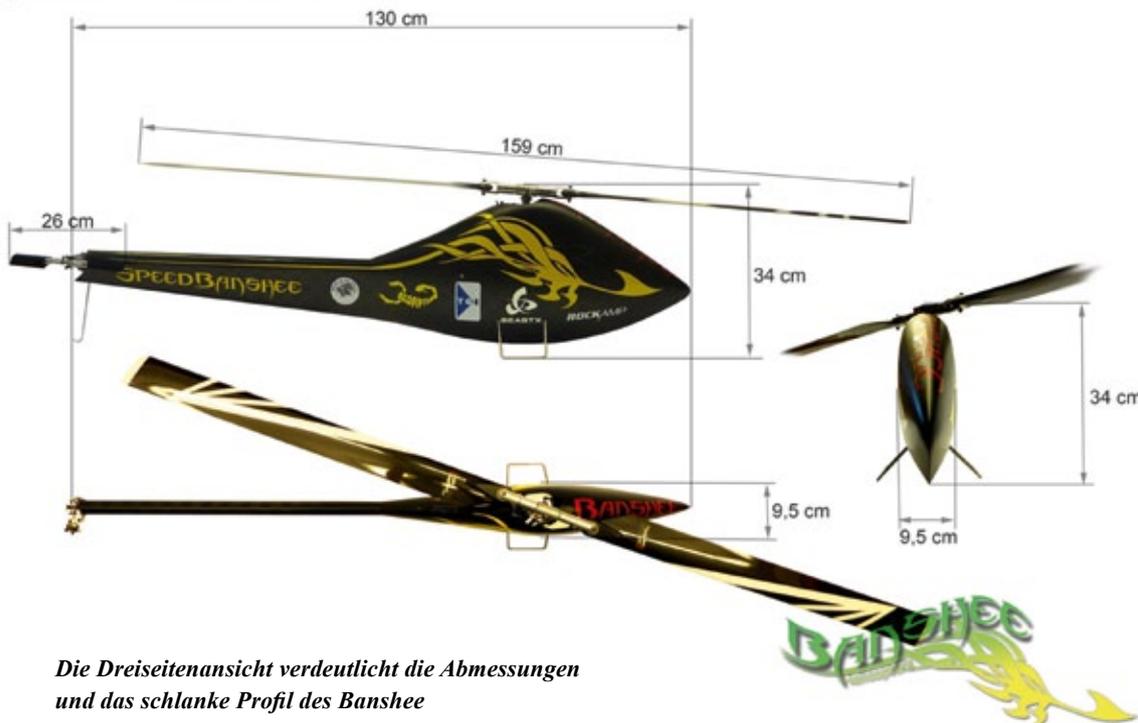
Modell	Banshee 700 Limited
Länge Hauptrotorblätter	690 bis 720 mm
Heckrotorblätter	105 bis 115 mm
Hauptrotordrehzahl	1.000 bis 2.300 U/min
einsetzbarer Motor	bis 65 mm Durchmesser
Untersetzungen Motor/Zwischenwelle	2,88:1 bis 4:1
mögliche Zähnezahlen Riemenscheibe	18 bis 25
Untersetzung Zwischenwelle/Hauptrotorwelle	3:1
Übersetzung Haupt-/Heckrotor	1:5,54
Leergewicht der Mechanik inkl. Haube	1.700 g
Gewicht	2.950 g ohne Akku
Breite Akkuschacht	maximal 60 mm
Höhe Akkuschacht	maximal 60 mm

geschaltet war, um eine unnötige Erwärmung durch mögliche Regeleinriffe zu vermeiden.

Elektroflug Magazin: Bei welchen Flugzeiten und Temperaturen?

Hansjörg Schilp: Mit diesem Setup waren unter Wettbewerbsbedingungen maximal vier Minuten Flugzeit möglich. Nach jedem Flug hatte der Controller dank effektiver Kühlung nie mehr als 40 Grad Celsius (°C). Ähnlich unproblematisch verhielt sich der Motor mit Werten von nie mehr als 70°C. Die Datenaufzeichnung erfolgte über das Unilog2 von SM-Modellbau. Die Drehzahl wurde mit einem Sensor über die Motorphase gemessen. Leistung beziehungsweise Strom und Spannung wurden herkömmlich über einen 400-A-Sensor geloggt. Am Boden erfolgte anschließend eine direkte Datenanalyse auf einem Laptop.

„Bei 16 Grad Maximum-Pitch werden im Schnitt nur etwa 7,5 Kilowatt bei etwa 125 Ampere gezogen.“



Die Dreiseitenansicht verdeutlicht die Abmessungen und das schlanke Profil des Banshee





Unter anderem bekam das Weltrekordmodell gegenüber dem normalen Banshee eine aerodynamisch vollständig überarbeitete Kabinenhaube spendiert. Highlight hier die beiden NACA-Duct-Einlässe zur Zwangsbelüftung des Controllers

Elektroflug Magazin: Das Antriebspaket ist die eine Seite, die andere ist eine ausgezeichnete Aerodynamik der Zelle. Was wurde am serienmäßigen Banshee geändert?

Hansjörg Schilp: Neben dem starken Antriebssystem stand im Mittelpunkt unserer Arbeiten die optimierte Aerodynamik. Wir konstruierten eine Vollverkleidung, die anschließend handlaminiert wurde. Dabei integrierten wir an der Oberfläche der Haube sogenannte NACA-Duct-Einlässe, mit deren Hilfe im Speedflug eine effektive Zwangsbelüftung des Controllers herbeigeführt wird. Zusätzlich entwarfen wir ein strömungsoptimiertes Landegestell und eine Heckfinne aus Titan, um der Maschine den letzten Aerodynamik-Schliff zu verpassen.

Elektroflug Magazin: Die erste, limitierte Serie von 50 Stück ist ausverkauft. Bestehen Über-

Blick auf die erste Getriebestufe des Rekordhelis. Der hier verbaute, sehr drehmomentstarke Okon-Motor Powercroco 5035 EVO sorgt für einen kraftvollen, aber sparsamen Antrieb

legungen, die Produktion des Banshee noch einmal anlaufen zu lassen?

Hansjörg Schilp: Der Banshee 700 Limited wird in dieser Art auf 50 Stück begrenzt bleiben. Natürlich denken wir aber bereits über andere Modelle, Größen und Formen nach. Wir haben noch die ein oder andere Idee, die wir in Zukunft umsetzen wollen.

Elektroflug Magazin: Vielen Dank für das Gespräch.



Weltrekord

Beim Speedfliegen nach FAI-Norm in der F5 Open Klasse (Elektrohelis) wird die maximale Durchschnittsgeschwindigkeit aus dem jeweils schnellsten Hin- und Rückflug innerhalb eines Versuchslaufs ermittelt. Die Messstrecke hat eine Länge von 200 Meter (m) und liegt in einem 20 m breiten Korridor; der in einer Flughöhe zwischen 5 und 35 m durchfliegen werden muss. Der Messstrecke vorgeschaltet sind zudem nochmal 100 m, die in gleicher Breite und Höhe wie der Messkorridor zu durchfliegen sind. Der Pilot muss also zusammen mit seinem Helfer sein Modell mit maximaler Geschwindigkeit und mit möglichst geringen Steuereingaben durch einen 300 m langen Tunnel fliegen, um eine FAI-konforme Messung zu erhalten. Abzüglich der Messtoleranzen ergibt sich dann im Idealfall ein neuer Weltrekord nach FAI-Regeln.

Die bisherige Rekordmarke von Oliver Jellen, aufgestellt im Jahr 2010 mit einem Henseleit Three Dee Rigid und 190 Stundenkilometer; konnte 2011 in Rothenburg vom Banshee-Team mit einem Wert von 239,68 Stundenkilometer deutlich geknackt werden. Windbegünstigt wurden einzelne Messflüge vom Speed-Banshee mit bis zu 265 Stundenkilometer Durchschnitts-Geschwindigkeit gemessen.



Text: Dr. Klaus Proetel
Berechnungen und Diagramme: PROeMax von Proemo

Setup

Abstimmung von Antrieben

Jede Gattung von Flugmodellen hat ihr eigenes Temperament: Vom kleinen Trainer bis zum großen Motorsegler, vom Scale bis zum Wettbewerbsmodell und Hotliner. Daher gibt es nicht DIE ANTRIEBSABSTIMMUNG. Allgemein formuliert:

Antriebsabstimmung stellt die optimale Anpassung der einzelnen Antriebskomponenten untereinander und an das Flugmodell dar. Und zwar mit dem Ziel der Sicherstellung der avisierten Flugeigenschaften unter Mitberücksichtigung wirtschaftlicher Gesichtspunkte.

Vor jeder Abstimmung stehen die Fragen: 1.) Was für ein Modell soll motorisiert werden und 2.) wie soll es unter Vollgas im Steigflug fliegen beziehungsweise wie unter Teilgas im Rundenflug? Beides gewiss sehr selbstverständliche Fragen, nur: hier sind konkrete Angaben gefordert. Entsprechend erhalten wir am Ende eindeutige Ergebnisse. Ein abgestimmter Antrieb zeichnet sich dadurch aus, dass unter Einhaltung der Fluganforderungen letztlich der Energiebedarf minimiert ist, dadurch auch das Fluggewicht und die Landegeschwindigkeit und nicht zuletzt auch der Kostenaufwand. Auf einzelne Prozent kommt es uns Modellfliegern dabei gewiss nicht an, auf größere Energieverschwendung aber schon. Neben der Sicherstellung einer guten Effizienz müssen auch alle Randbedingungen der Komponenten wie zum Beispiel die Grenzdrehzahl des Propellers, die Strombelastbarkeit des Akkupakets und der Spannungsbereich des Motors berücksichtigt werden.

Vieles davon erscheint dem Modellflieger selbstverständlich. Natürlich müssen wir den Spannungsbereich des Motors und den Drehzahlbereich des Propellers berücksichtigen. Und doch hält dieser Komplex handfeste Überraschungen bereit: Der Betriebsbereich eines Motors hat nicht nur eine obere Spannungsgrenze, sondern natürlich auch eine untere. Und diese untere Grenze wird im Teilgasflug leider nur allzu leicht verletzt. Dann erhält der Eisenkern nicht die notwendige Magnetisierung und auch der hochwertigste (Eisen-)Motor knickt in seiner Performance derart ein, dass einem das Herz schmerzen könnte – wenn man es wüsste. Doch damit nicht genug. Der Propeller ist dem Motor auch kein gutes Vorbild. Seine obere Drehzahlgrenze ist wohlbekannt, diese wird vom Hersteller in aller Regel sorgfältig angegeben. Er überrascht aber selbst erfahrene Modellflieger mit einer unteren Drehzahlgrenze, die er zur Ausbildung einer ordentlichen Strömung benötigt. Darunter arbeitet er leider nicht, wie wir es

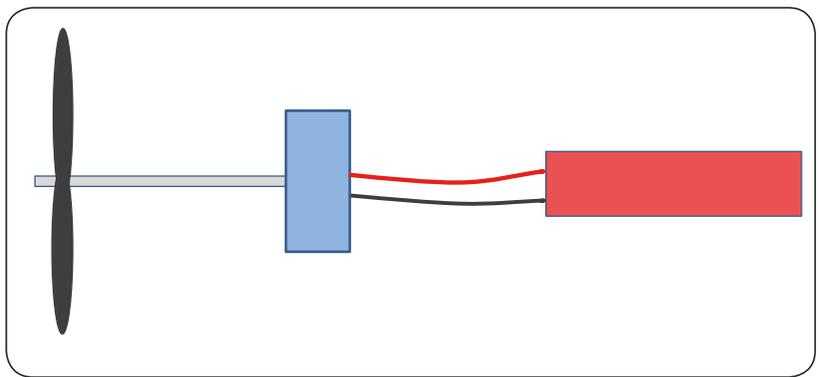


Abbildung 1:
Einflussgrößen auf die Effizienz eines Modellantriebs. Eine Abstimmung ermöglicht gute Flugleistung bei geringem Eigengewicht

gerne hätten und seine Performance verabschiedet sich in den Keller. Der Mediziner spricht bei einem Symptomkomplex von Syndrom. Unser Teilgassyndrom besteht in einer gleichzeitigen Untersteuerung von Motor und Propeller, was leider nur allzu leicht zu einer wirklich mageren Gesamteffizienz führt. Und diese unerwünschte Fehlfunktion lässt sich durch Testflüge nicht ermitteln. So ist die Lage; siehe Abbildung 2.

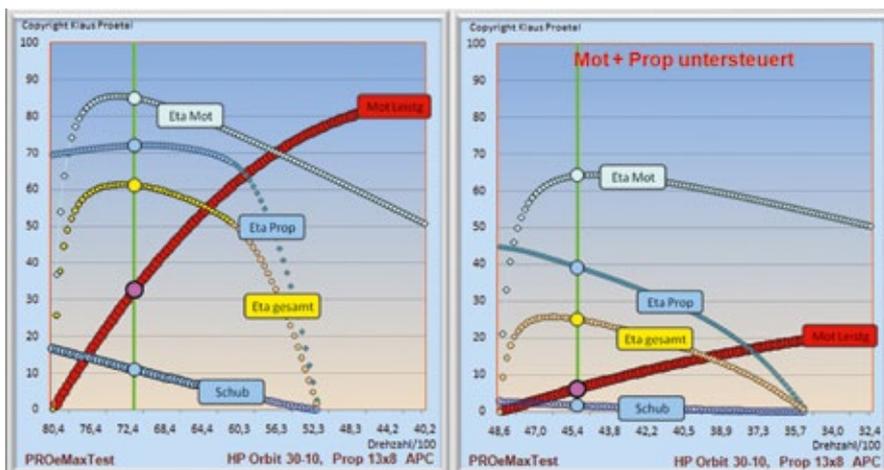
Eine täglich gestellte Frage lautet: Ich habe das Modell xx und den Motor yy, was für eine Luftschraube brauche ich. So plausibel diese Frage auch erscheint, eine gute Antriebsabstimmung geht genau den gegensätzlichen Weg, wie wir sogleich sehen werden.

Am Anfang aller Dinge steht natürlich das Objekt unserer Begierde, allerdings nur in nüchternen Daten: Art des Modells, Spannweite, Gewicht, Motorenzahl und so weiter. Im nächsten Schritt können wir schon mit unserem Traum etwas spielen: Festlegung der Flugleistung wie Steigverhalten, das Profil des Rundenflugs und schließlich die Flugzeit, die wir gerne hätten.

Bestimmung des Propellers

Aus den bisher gemachten Angaben leiten sich bereits die Anforderungen an den Propeller ab: Die notwendigen Schubwerte bei den vorgesehenen Geschwindigkeiten. Solche Erwartung erfüllen natürlich Propeller der unterschiedlichsten Größen und Steigungen. Ob groß oder klein, ob geringe oder hohe Steigung, ein bestimmter Schub bei vorgegebener Geschwindigkeit ist im Prinzip immer über die Drehzahl einzustellen. Die Frage ist nur, mit welcher Leistung wir ihn dabei füttern müssen. Wir zeigen uns sehr knauserig und bestehen auf dem geringstmöglichen Wert. Ermittelt werden kann dies mit Hilfe

Abbildung 2: Beispiel für das Teilgassyndrom, eine schlechte Teilgasabstimmung. Links ist ein Plettenberg 30-10 gut ausgesteuert, rechts bei 60 Prozent Teilgas stark untersteuert. Der Motor bringt nur noch 65 und der Propeller nur noch 39 Prozent Wirkungsgrad. Der Gesamtwirkungsgrad bricht von 61 auf 25 Prozent ein



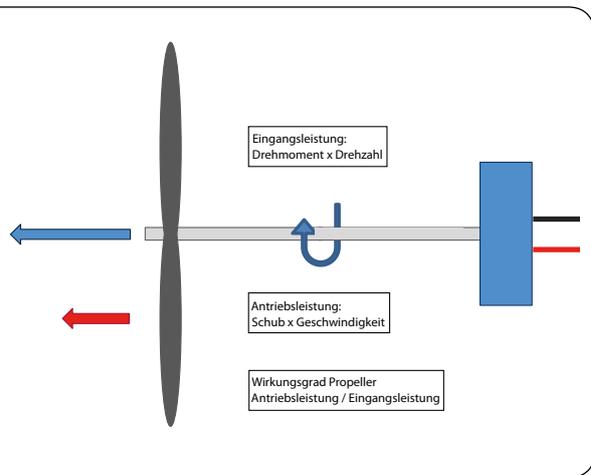
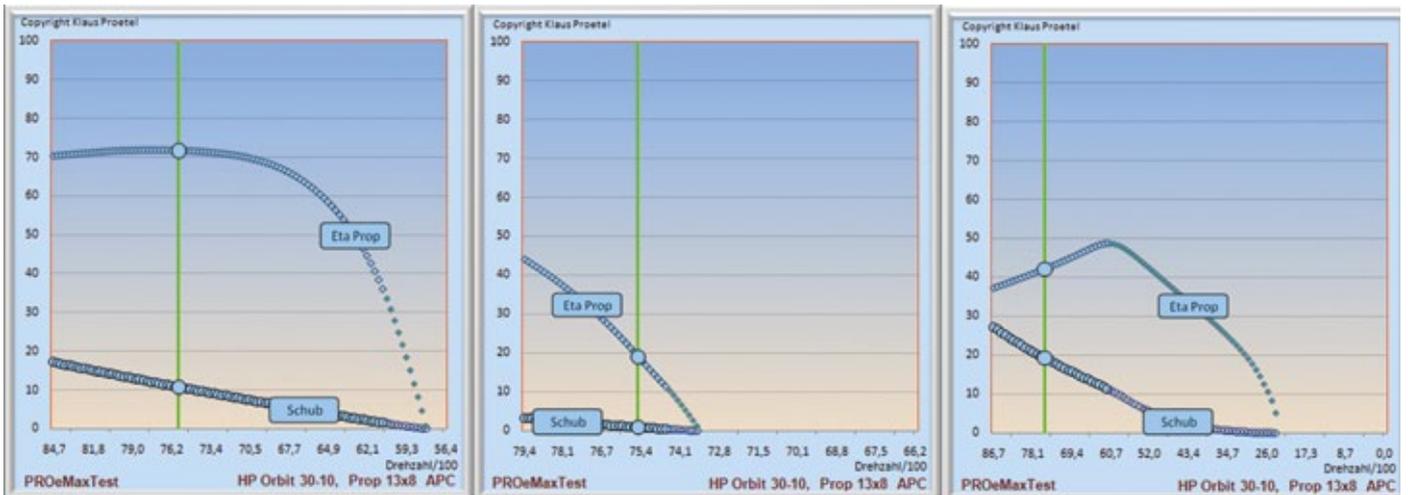


Abbildung 3a: Propellerwirkungsgrad.
Theoretisch betrachtet stellt der Wirkungsgrad eines Propellers das Verhältnis von Antriebsleistung zur Eingangsleistung dar. Während Letztere als Drehmoment \times Drehzahl dem Modellflieger eher geläufig ist, ist die Antriebsleistung Schub \times Fluggeschwindigkeit weniger bekannt

des Propellerwirkungsgrads entsprechend dem bekannten Motorwirkungsgrad; siehe Abbildungen 3a und 3b.

Es zeigen sich zwei Tendenzen: 1.) Propeller mit geringer Steigung sind ausgesprochen ineffizient, das heißt sie zeigen nur einen geringen Wirkungsgrad und 2.) Propeller mit großem Durchmesser arbeiten effizienter als kleine. Aber nach oben sind dem Durchmesser Grenzen gesetzt, spätestens dort, wo die Bodenfreiheit nicht mehr gegeben ist, das Kreiselmoment sich bei bestimmten Flugmanövern gefährdend bemerkbar oder die Propeller-Abströmung sich destruktiv an der Tragflächenströmung zu schaffen macht. Jedenfalls wird sich ein bestimmter Propeller dadurch auszeichnen, dass seine Störeffekte noch tolerierbar sind und er für unser gesamtes Flugprofil den geringsten Energiebedarf zeigt. Dazu muss er gleichzeitig im Steig- und Rundenflug, also in einem recht

Abbildung 3b: Die drei Beispiele zeigen den APC 13 \times 8-Zoll-APC-Propeller bei zirka 7.560 Umdrehungen in der Minute und unterschiedlichen Geschwindigkeiten. Links: Bei 24 Meter pro Sekunde (m/s) sind die Betriebsverhältnisse optimal, Wirkungsgrad 72 Prozent. Mitte: Bei 30 m/s ist die Anströmung des Propellerblatts sehr flach, Wirkungsgrad 19 Prozent. Rechts: Im Steigflug bei 10 m/s ist die Anströmung sehr steil, außerdem arbeitet der Propeller in seiner eigenen Ansaugströmung, Wirkungsgrad 42 Prozent

breiten Anwendungsbereich bestmöglichen Wirkungsgrad zeigen. Am Ende bedeutet dies, dass er dann mit dem kleinsten Akkupaket auskommt. Und genau das ist es, was wir mit unserer Abstimmung erreichen wollen.

Für aerodynamisch Interessierte: Der günstige Wirkungsgrad zeichnet sich dadurch aus, dass erstens die Reynoldszahl am Propellerblatt einen vergleichsweise guten Wert aufweist und zweitens der Anströmungswinkel des Propellerprofils im Betriebsbereich nahe dem besten ca/cw -Verhältnis verbleibt. Dies bietet nur eine bestimmte Kombination von Durchmesser, Steigung, Drehzahl und Fluggeschwindigkeit, also eine recht unüberschaubare Gemengelage. Für uns Modellflieger bleibt als Weg zur Wahrheit nur ein Messprogramm von Propellern unter Fluggeschwindigkeiten.

Bestimmung des Motors

Sind Flugprofil und der geeignete Propeller bekannt, leiten sich daraus die Drehzahl- und Drehmomentanforderung ab. Darauf setzt nun der nächste Schritt auf: die Bestimmung des passenden Motors. Diese Suche konkretisiert sich daher auf Typen, die die Wünsche des Propellers bedienen können, und zwar ebenfalls bei möglichst guten Wirkungsgradwerten. Da die erforderlichen Drehzahlen meist im eher niedrigen Bereich liegen, sind generell Typen mit ausreichendem Drehmoment bei niedrigen Drehzahlen gefragt, also solche aus der Kate-

1.) Propeller mit geringer Steigung sind ausgesprochen ineffizient, das heißt sie zeigen nur geringen Wirkungsgrad und 2.) Propeller mit großem Durchmesser arbeiten effizienter als kleine.

gorie der Außenläufer, wenn der Einsatz von Getrieben vermieden werden soll. Der Teilgasbetrieb schränkt die Typenvielfalt noch weiter ein auf solche mit eher großen Durchmessern, einer hohen Polzahl und vorzüglichen Magnetmaterialien. Da sich aber der Motor höchstselbst in den Himmel schleppen muss, liegt irgendwo zwischen klein und groß der Typ, der unsere Erwartungen an das Flugprofil bei günstigstem Energieaufwand bedient. Genau dort befindet sich die richtige Abstimmung unseres Antriebs. Der Energiebedarf definiert sich also aus der für den Flug des Modells erforderlichen Antriebsenergie zuzüglich der am Propeller und Motor auftretenden Verluste; siehe Abbildung 4.

ermittelt werden. Die Zellenzahl ist aber nicht beliebig, sondern ergibt sich aus der Kenndrehzahl des Motors und der von ihm geforderten Maximalleistung. Und die ergibt sich aus unseren Anforderungen an die Steigleistung des Modells. Also: Die beste Kombination aus Zellenzahl und Kenndrehzahl ist diejenige, bei welcher der Antrieb im Vollgasbetrieb genau die gewünschte Steigleistung erbringt. Ist es mehr, etwa bei einem höheren n_{spez} , so finden wir das nicht nur als höhere Steigleistung, sondern kompromisslos auch im Energiebedarf (für die avisierte Flugzeit) und damit im Akkugewicht wieder – und so auch in den Kosten und in der Landegeschwindigkeit des

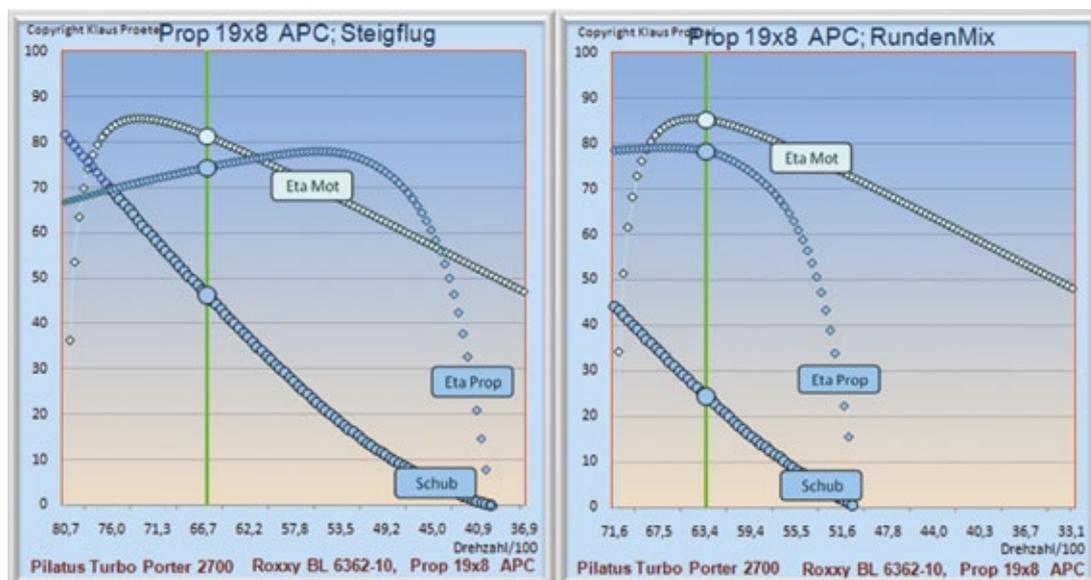


Abbildung 4: Beispiel für eine sehr gute Motor-Propeller-Abstimmung für Steigflug (links) und Rundenflug (rechts). Während bei Letzterem Motor und Propeller genau im Maximum ihrer Wirkungsgrade arbeiten, tun sie das im Steigflug (links) nur wenig abseits ihrer Optima. Solche Verhältnisse mit möglichst leichten Komponenten zu treffen ist eine Aufgabe, bei der ein Rechner zeigen kann, was er drauf hat

Ganz haben wir den Motor allerdings noch nicht festgelegt. Für die Kenndrehzahl n_{spez} wurde noch kein Kriterium herausgearbeitet. Dies erfolgt zusammen mit der Bestimmung der Zellenzahl im Akkupaket.

Bestimmung des Akkupakets

Der Energieinhalt des Akkupakets leitet sich unmittelbar aus dem beschriebenen Energiebedarf ab. Dies sagt noch nichts über die Kombination von Zellenzahl, das heißt Spannung des Pakets und Kapazität der einzelnen Zellen aus. Haben wir die richtige Zellenzahl gefunden, kann die Kapazität des Pakets natürlich unschwer aus dem erforderlichen Energieinhalt

Modells. Physik ist Physik. Nebenbei sei hier angemerkt, dass für die Abstimmung des Akkus die Verfügbarkeit von Motortypen mit einer feinen Stufung von Kenndrehzahlen sehr vorteilhaft ist.

Getriebe

Getriebe werden bekanntlich verwendet, um den Drehzahlbereich eines Motors mit den Erfordernissen des Propellers abzustimmen. Im Prinzip handelt es sich um einen Anpassungsschritt, wie er entsprechend dem obigen Abschnitt mit den Kenndrehzahlen vorgenommen werden kann, nur in einem viel weiteren Bereich. Getriebe werden ganz überwiegend bei Innenläufermotoren notwendig, werden aber auch schon bei Außenläufern angewandt. Eine grundsätzliche Behandlung reduziert sich auf ein Zahlenspiel zwischen Motor- und Propellerdrehzahl (mit ihren zugehörigen Drehmomenten), Kenndrehzahl und Akkuspannung. Betrachtet man das enorm breite Angebot an Innenläufer-/Getriebekombinationen von Hacker, Lehner oder Kontronik, so wird deutlich, dass dies eine typische Aufgabe für einen elektronischen Rechenknecht darstellt.

„Getriebe werden bekanntlich verwendet, um den Drehzahlbereich eines Motors mit den Erfordernissen des Propellers abzustimmen.“

Randbedingungen

Wie eingangs erwähnt, versteht es sich von selbst, dass nur solche Antriebsauslegungen sinnvoll sind, bei denen alle Grenzwerte zuverlässig eingehalten werden. Dies beginnt bei den Abmessungen – schließlich muss selbst der perfekte Motor in den Rumpf passen – und reicht über Maximalströme bis zu Drehzahlgrenzen. Bedeutend wird dies insbesondere, wenn hohe Anforderungen gestellt werden, wie beispielsweise ein hohes Steigvermögen und gleichzeitig eine lange Flugzeit. Schließlich bedeutet dies einen Energiespeicher mit ausgeprägtem Schwerkrafteffekt und damit eine hohe Antriebsleistung und hohe Anforderung an das Material.

Einige Beispiele

Damit sind die einzelnen Schritte einer konsequenten Antriebsabstimmung umrissen. Es zeigt sich klar, dass diese Prozedur nur mit Rechnerunterstützung vorzunehmen ist. Aber in welchem Zeitalter fliegen wir denn? Für die Berechnungen geben wir unsere Vorstellungen von Steig- und Rundenflug sowie der erwarteten Flugzeit als Richtwerte vor.

Beispiel 1: Catalina

Catalina von aero-naut, zwei Motoren, 1.810 Millimeter (mm) Spannweite, 2.000 Gramm (g) Leergewicht

Die schöne zweimotorige Catalina von aero-naut erfordert nur geringe Schübe pro Antrieb. Daher bestehen keine hohen technischen Anforderungen. Durch den zweifachen Bedarf stehen vielmehr die wirtschaftlichen Aspekte einer Auslegung im Vordergrund. Als Flugeigenschaften legen wir fest:

Steigflug: Steigwinkel 25 Grad bei 15 Meter pro Sekunden (m/s), was 54 Stundenkilometer entspricht, Zeitanteil 30 Prozent

Rundenflug: Mittlerer Steigwinkel 8 Grad bei



20 m/s (72 km/h), Zeitanteil 70 Prozent
Flugzeit: Nominell 12 Minuten

Aus ästhetischen Gründen wählen wir keine zu großen Propeller. Die Prüfung ergibt, dass zwei 12 × 8-Zoll-Propeller von aero-naut unsere Fluganforderungen sehr gut abdecken. Die Wirkungsgrade liegen zwischen 65 und 70 Prozent, für die niedrigen Schubwerte und Geschwindigkeiten durchaus befriedigend. Die Drehzahlen liegen bei etwas über 6.000 Umdrehungen in der Minute (U/min), die Leistungsaufnahme dabei zwischen 100 und 220 Watt (W). Wir können uns daher mit kleinen Motoren zufrieden geben. Es zeigt sich, dass bereits der HP Orbit 15-18, ein Winzling von Plettenberg mit gerade einmal 170 g ausreichend ist. Im Doppelpack verleihen diese dem Modell sogar mit einem Steigwinkel von 37 Grad unerwartet viel Dampf. Wenn wir ihnen die notwendigen drei LiPo-Zellen mit je 3.100 Milliamperestunden (mAh) Kapazität spendieren, danken sie es uns mit den erwarteten 12 Minuten Flugspaß. Mit den Kosten von knapp 500,- Euro liegen wir besonders günstig. Nur eine Auslegung auf Basis des Hacker-Motors A30-XL wäre noch preisgünstiger. Jedoch bietet Plettenberg hervorragende Messwerte für ihre Komponenten an, sodass sich mit diesen eine hohe Zuverlässigkeit in der Auslegungsrechnung ergibt; siehe Abbildung 6.

Abbildung 5: Die Catalina der Firma aero-naut als zweimotorige Maschine stellt eine interessante Aufgabe zur Antriebsabstimmung dar, bei der auch wirtschaftliche Gesichtspunkte von Bedeutung sind

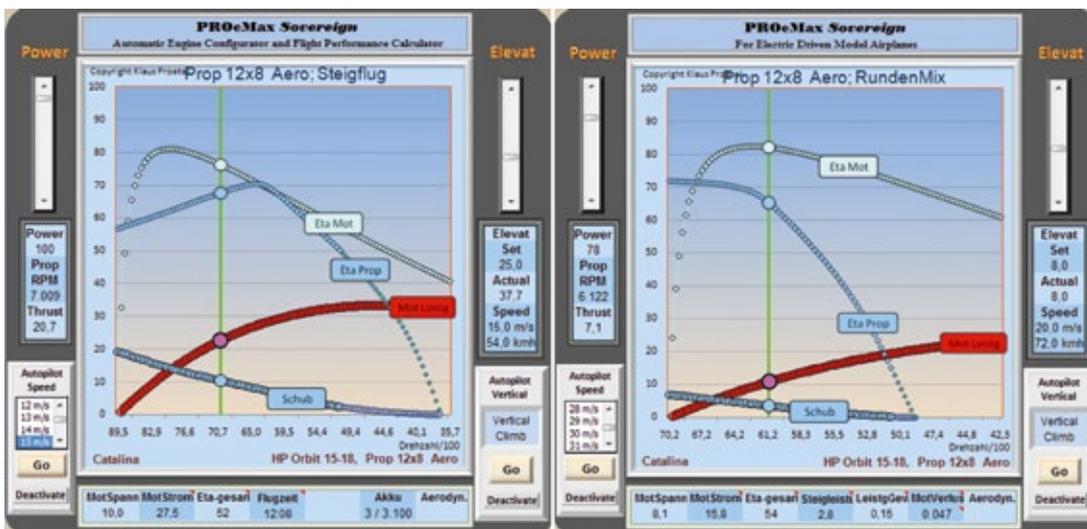


Abbildung 6: Die Antriebsauslegung für die Catalina arbeitet trotz der leichten und preisgünstigen Komponenten sehr effizient. Mit den Schieberegler für Power und Elevation und mit den Autopiloten können die Abstimmungsverhältnisse für beliebige Flugsituationen dargestellt werden



Abbildung 7: Die Pitts von Simprop hier im Messerflug. Sind solche Flugleistungen für die 10 Kilogramm wiegende Maschine mit erträglichem Aufwand auch elektrisch zu realisieren? Das ist hier die Frage

Beispiel 2: Pitts

Pitts M12-2 von Simprop, Doppeldecker, 1.740 mm Spannweite, 6.300 g Leergewicht

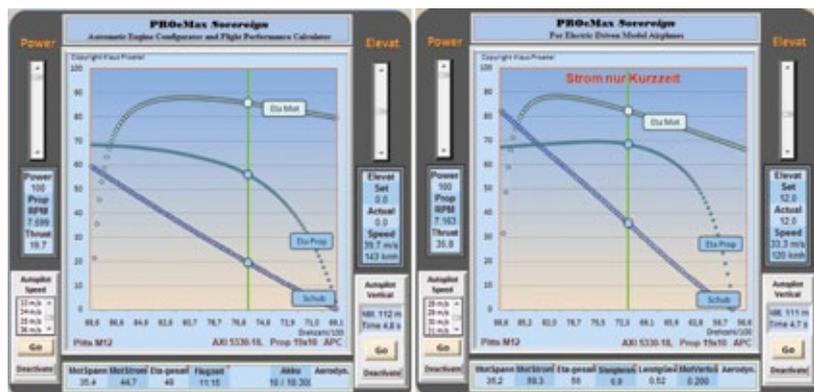
Die Pitts von Simprop fordert regelrecht zum Kunstflug heraus. Wir definieren daher als Zielstellung für unsere Auslegung den Messerflug, wie er uns oft so eindrucksvoll vorgeführt wird. Dies erfordert eine hohe Spitzengeschwindigkeit. Die aerodynamische Landegeschwindigkeit ohne Flaps liegt bei 16 m/s (57 km/h). Wir erinnern uns, dass der aerodynamische Staudruck mit dem Quadrat der Geschwindigkeit zunimmt. Mit 120 km/h erhalten wir also in etwa den vierfachen Staudruck. Wir nehmen einmal an, dass damit Messerflug erreicht werden kann. Diese Geschwindigkeit soll unser Modell also mindestens erreichen. Wir erwarten daher von der Auslegung folgende Flugeigenschaften:

Steigflug: Steigwinkel 30 Grad bei 20 m/s (72 kmh), Zeitanteil 30 Prozent
 Rundenflug: Mittlere Steigwinkel 10 Grad bei 30 m/s (108 km/h), Zeitanteil 70 Prozent (deckt Horizontalgeschwindigkeit von 120 km/h mit ab)
 Flugzeit: Nominell 12 Minuten

Die Berechnung zeigt, dass APC-Propeller mit 19 Zoll Durchmesser besonders geeignet sind, die Größen mit Steigung 8 und 10 Zoll benötigen für das festgelegte Flugprofil nahezu die gleiche Gesamtenergie. Wir entscheiden uns für die höhere Steigung, weil wir hohe Geschwindigkeiten benötigen. Im Steigflug werden von der Latte immerhin 60 Newton (N) abgefordert. Dies bringt sie bei einer Drehzahl von 6.770 U/min, wofür sie 2.000 W Eingangsleistung benötigt. Im Rundenflug muss sie bei 30 m/s noch mit 30 N ziehen, was sie bei etwa 6.500 U/min mit einem Wirkungsgrad von 70 Prozent macht – einem gu-

„Im Speedflug erreicht die Pitts eine Geschwindigkeit von 142 km/h und bei 120 km/h einen stationären Steigwinkel von 12 Grad.“

Abbildung 8: Diagramm Pitts Messerflug. Für die auf hohe Geschwindigkeit getrimmte Motorisierung wurde hier mit den Schiebereglern „Power“ in beiden Abbildungen Vollgas eingestellt. Links ergibt die Einstellung „Elevat“ Null Grad (Horizontalflug) eine Geschwindigkeit von 143 Stundenkilometer, rechts mit Steigflug 12 Grad immer noch 120 Stundenkilometer. Mit diesen Geschwindigkeiten dürfte der Messerflug gewährleistet sein



ten Wert. Damit liegen die Anforderungen an den Motor fest. Eine wirklich gute Wahl stellt der AXI 5330-18 ($n_{spez} = 246$) dar. Er wiegt zwar mit 652 g viel, liefert dafür aber das notwendige Drehzugsmoment in dem erforderlichen Drehzahlbereich. Im avisierten Messerflug bringt er brav einen Wirkungsgrad von 82 Prozent. Die spezifische Drehzahl korrespondiert hervorragend mit einem Akkupaket von zehn Zellen. Um unsere Erwartungen an die Flugzeit beim vorgegebenen Flugstil zu erfüllen, müssen zwei Pakete je 5.000 mAh parallel eingesetzt werden; siehe Abbildung 8.

Im Speedflug erreicht die Pitts eine Geschwindigkeit von 142 km/h und bei 120 km/h einen stationären Steigwinkel von 12 Grad. Damit dürfte Messerflug mit dem elektrischen Antrieb tatsächlich möglich sein. Und was bringt der Antrieb im Vertikalflug? Ziehen wir die mit vollem Akkupaket ausgestattete Maschine aus full speed hoch, so erreichen wir rechnerisch 112 m Steighöhe, bis sie durch Rollmoment unstabil wird.

Allerdings werden wir deutlich schwerer als in der Verbrenner-Motorisierung. Statt 9.100 g bringt die Elektro-Pitts 10.400 g auf die Waage. Damit steigt die Flächenbelastung von 91 auf 104 g/dm², was zu einer Landegeschwindigkeit (ohne Wind) von 13,4 m/s (48 km/h) führt. Sind wir allerdings bereit, am Flugstil Anforderungen nachzulassen, so ist das mit Glück bereits mit einem einzigen Akkupaket zu erreichen und wir treffen das vorgesehene Gesamtgewicht genau. Unser Messerflug wäre dadurch nicht beeinträchtigt.

In dieser Ausführung fallen Kosten von etwa 695,- Euro an, wirtschaftlich gesehen gegenüber Verbrennerantrieben durchaus konkurrenzfähig.

Beispiel 3: Piaggio

Piaggio von Graupner, 1.800 mm Spannweite, 3.200 g Leergewicht

Das Modell soll mit einem kräftigen, eigentlich für Kunstflug geeigneten Motor ausgestattet werden und damit innerhalb weniger Sekunden an die Sichtgrenze schießen können. Graupner sieht als Antrieb einen Compact 610 vor, allerdings ohne Angabe von Propeller oder Akku. Die Anforderungen an die Flugeigenschaften:
 Steigflug: Steigwinkel 90 Grad bei 8 m/s (29 km/h), Zeitanteil 30 Prozent
 Rundenflug: Mittlerer Steigwinkel 10 Grad bei 25 m/s (90 km/h), Zeitanteil 70 Prozent
 Flugzeit: Nominell 12 Minuten

Anzumerken ist, dass wir mit dem quasi-unendlichen Vertikalflug einerseits eine sehr hohe Antriebsleistung verlangen, andererseits aber auch auf eine gute Flugzeit nicht verzichten. Allein 30 Prozent Vertikalflug sollen uns den Flugspaß pur für 3,6 Minuten sichern.



Abbildung 9: Die Piaggio von Graupner, im Original kunstflugtauglich, soll hier im Modell eine Motorisierung erhalten, die die irdische Schwerkraft vergessen macht

Propeller Typ	Energiebedarf	Steigflug Eta	(8m/s, 90°) Drehz.	RundenMi Eta	(25m/s, 10°) Drehz.	HorizFlug Eta
15x8 APC	161,1	28,2	9.161	69,4	6.945	58,1
16x8 APC	163,4	28,8	8.331	65,3	6.409	50,0
15x6 APC	165,5	29,1	10.555	62,1	8.690	40,6
15x10 APC	167,3	26,7	8.934	69,1	6.389	53,4
15x7 APC	169,4	28,7	9.589	63,4	7.576	45,9

Abbildung 10a: Zu jedem Propeller in der oberen Abbildung, farblich unterlegt, sind in der unteren Abbildung jeweils die beiden günstigsten Motoren für die Piaggio dargestellt. Ausgewählt wurde wegen des geringen Gesamtgewichts letztlich der Propeller 15 × 6 Zoll mit dem Motor Graupner Compact 610Z, gespeist von 9s-LiPos mit 5.900 Milliamperestunden Kapazität (Richtwert)

Motortyp	Steigwinkel	Eta Steig Gesamt	Gewicht Mot+Akku	Preis Mot+Akku	Akku Zell / Kapaz	Bemerkungen
Gr Compact 610Z (29,6V); Q: TPR	90 / 8,1	23,5	1746	650	8 / 6500	Motor Überstr
Hyperion ZS 4025-10; Q: Hyp (?)	90 / 16,1	37,4	2054	654	7 / 9100	unsich MotDate
Gr Compact 640Z (29,6V); Q: TPR	85 / 18,8	45,0	2330	899	10 / 6600	gute MotDaten
Hyperion ZS 4025-16; Q: Hyp (?)	90 / 9,1	25,9	1847	599	9 / 6200	unsich MotDate
Gr Compact 610Z (29,6V); Q: TPR	90 / 8,3	25,2	1769	655	9 / 5900	gute MotDaten
Gr Compact 640Z (29,6V); Q: TPR	90 / 12,6	33,0	2180	859	10 / 6000	Unterspannung
E-flite 110 KV 295; Q: TPR (!)	90 / 2,8	5,1	2096	784	11 / 5700	Unterspannung
Gr Compact 610Z (29,6V); Q: TPR	90 / 17,0	41,5	2003	718	9 / 6900	Motor Überstr
Hyperion ZS 4025-10; Q: Hyp (?)	90 / 2,6	5,1	2033	647	7 / 9000	unsich MotDate

übrigen Komponenten so spezifiziert, dass wir dem Modell ein traumhaftes Temperament einhauchen, ohne Spezifikationsgrenzen zu überschreiten; siehe Abbildung 10.

Optimal abgestimmt

Die vorgestellten Beispiele zeigen, dass das beschriebene Verfahren der Abstimmung von Elektroantrieben zuverlässig zu sehr guten Komponentenvorschlägen führt. Sowohl für einfache als auch für ehrgeizige Anforderungen finden sich unschwer genau passende Antriebslösungen. Natürlich ist dies nicht ohne Rechnerunterstützung möglich. Allein die enorme Vielzahl an Komponenten muss ja in Datenbanken verfügbar gemacht werden, nicht nur als Katalogpositionen, sondern mit ihren Funktionseigenschaften. Hier wurde das Auslegungsprogramm PROeMax – Infos unter www.proemo.de – verwendet.

Untersucht wurden Propeller von 12 bis 16 Zoll Durchmesser. Besonders günstig zeigen sich solche mit 15 Zoll. Allerdings sind deren Wirkungsgrade im Steigflug wirklich niedrig, bestenfalls noch 30 Prozent. Ursache sind die hohen Schübe von immerhin 58 N, die bei den geringen Geschwindigkeiten von 8 m/s entwickelt werden müssen. Die APC 15 × 8 Zoll schafft die beste Gesamtbewertung: 28 Prozent im Steig- und 69 Prozent im Rundenflug. Die Suche nach dazu passenden Motoren führt zu einer handfesten Überraschung: Von 62 untersuchten Typen belegen die beiden Graupner Compact 640 (640 g) und Compact 610 (610 g) die vordersten Plätze. Während der große Motor von seiner Strombelastung her fast noch im Dauerbetrieb gefahren werden kann, ist der kleine schon leicht in Überlast. Allerdings ermöglicht er es, ein kleineres Akkupaket zu verwenden und so zu einer Gewichtseinsparung von nahezu 400 g zu kommen. Das macht diese Kombination natürlich interessant. Verwenden wir aber statt des Propellers mit 15 × 8 Zoll den mit 15 × 6 Zoll, so entspannt sich die Motorauslastung um etwa 10 A, sodass die Verhältnisse akzeptabel werden. Und preislich macht sich das Antriebskonzept des kleinen Antriebs auch bemerkbar: Statt 829,- Euro werden nur 655,- Euro benötigt.

Als Ergebnis ist also festzuhalten, dass wir genau zu der gleichen Motorisierung kommen wie Graupner selbst. Allerdings haben wir die

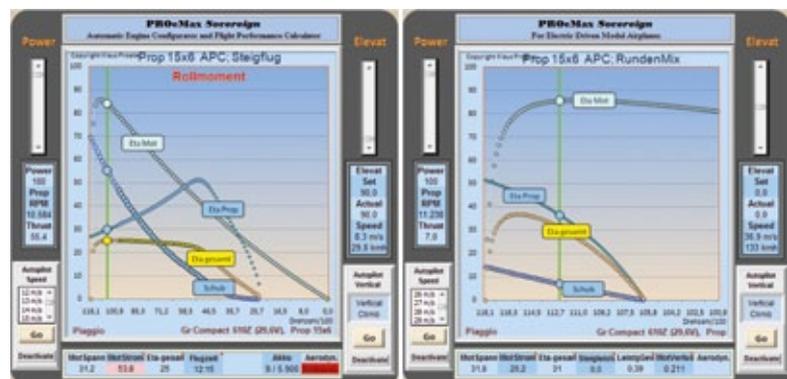


Bild 10b: Im Vertikalflug (links) erreicht das Modell noch 8 Meter pro Sekunde und quasi unendliches Steigvermögen. Der Propellerwirkungsgrad ist – typisch für hohe Schübe bei geringer Geschwindigkeit – sehr gering, hier 30 Prozent. Als Gegengift hilft nur Leistung. Der Motor liefert immerhin fast 1.500 Watt ab, ganz ordentlich für das 5.500-Gramm-Modell. Im schnellen Anflug werden 133 Stundenkilometer erreicht, ausreichend Vorsorge für spektakuläres Steigen innerhalb von Sekunden an die Sichtgrenze

Elektroflug

Ludwig Retzbachs
Magazin

jetzt als eMagazin



www.onlinekiosk.de



www.pubbles.de

Weitere Infos auf www.elektroflug-magazin.de/emag



Text: Hermann Aich
Fotos: e-Volo

e-volo

Zukunftsmusik Multikopter

In einem *Forum für Multikopter* entstand Ende 2010 ein ungewöhnlicher Thread. Ungewöhnlich, weil er sich im Inhalt erheblich vom Üblichen unterschied und noch viel ungewöhnlicher, weil er innerhalb von ganz kurzer Zeit zu einer *bemerkenswerten Innovation im manntragenden Elektroflug* führte: Dem VOLOCOPTER VC1.

Auf die Erstellung des Threads folgte am 21. Oktober 2011 ein Paukenschlag. Auf Youtube war das Video eines kurzen Flugs des Versuchsmusters VC1 zu sehen (www.youtube.com/watch?v=L75ESD9PBOw). Was bis dato als undenkbar galt, war plötzlich Realität. Natürlich wurde zuerst mit Ballast getestet, aber der Transport von Sandsäcken war offensichtlich nicht das Ziel. So sieht man dann im Video auch, wie Diplom-Physiker Thomas Senkel, erstaunlich entspannt wirkend, den Sitz im Achsenkreuz des Geräts besetzt und ein wenig umherschwebt. Eigentlich ganz einfach. Aber nur auf den ersten Blick.

Wie alles begann

Thomas Senkel erklärte für die Syntern GmbH auf der AERO 2012 in Friedrichshafen im Zuge eines Vortrags und im Gespräch mit **Ludwig Retzbachs Elektroflug Magazin** einige Prinzipien des neuartigen Fluggeräts.

Multi-Rotor-Hubschrauber sind keine neue Erfindung. Bereits in den 1920er-Jahren des vergangenen Jahrhunderts beschäftigte man sich damit. Das Problem des senkrechten Starts und der Landung wurde aber schließlich durch das bekannte Muster von Igor Sikorsky gelöst. Ein Hubrotor und ein weiterer Rotor an einem





Glücklich über den gelungenen Erstflug: Stephan Wolf, Thomas Senkel und Alexander Zosel vom e-volo-Team

Ausleger, der die Aufgabe hat, das Drehmoment des Hauptrotors auszugleichen. Kurz: Der erste Hubschrauber war geboren. Diese Konstruktion war allen anderen überlegen, weil sie mechanisch am einfachsten zu realisieren war. Bis auf einige wenige Sonderfälle werden Hubschrauber nach diesem Prinzip bis heute gebaut.

Aber dieses Prinzip hat einige Nachteile: Hoher Energiebedarf, immer noch komplexe Mechanik, wenig Redundanzen, kein gängiges Rettungssystem, hohe Lautstärke, schwierig zu fliegen. Der Volocopter VC1 verspricht nun, genau diese Probleme zu lösen.

Was man zum Schweben benötigt

Damit ein Hubschrauber schweben kann, muss er mit seinen Rotoren dieselbe Masse, die er wiegt, an Luft nach unten drücken. Das kann er erreichen, indem er wenig Luft stark beschleunigt oder viel Luft weniger stark beschleunigt. Ein kleiner Rotor muss schneller drehen als ein großer Rotor, um den gleichen Effekt zu erreichen. Leider ist aber der Energiebedarf für einen kleinen Rotor erheblich größer, als für einen großen. Das liegt am geringeren Wirkungsgrad des Schnellläufers, der zudem auch eine größere Geräuschkulisse produziert.

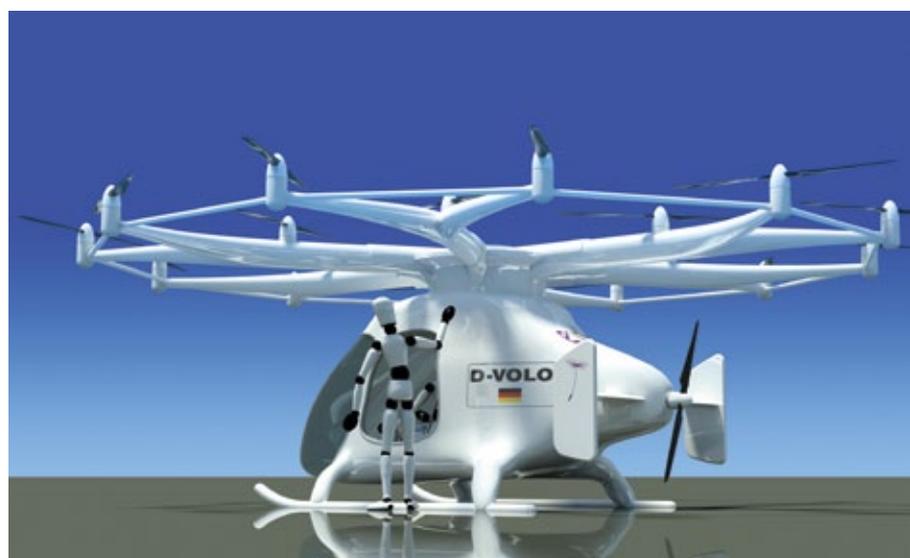
Der Prototyp des Volocopter VC1 ist in Bezug auf die Luftmenge und deren Beschleunigung so ausgelegt, dass ihn eine Leistung von 20 Kilowatt (kW) schweben lässt. Damit das gelingt, waren umfangreiche Überlegungen zu den Rotoren und den Motoren in Verbindung mit dem Gesamtgewicht notwendig. Auch wenn beide Komponenten

auf den ersten Blick so aussehen, als ob man sie bei den bekannten Herstellern einfach kaufen könnte, ist dem nicht so. Die Propeller sind speziell auf hohen Standschub in einem bestimmten Drehzahlband ausgelegt. Die Motoren sind, jeder einzeln für sich, genau auf dieses Band hin abgestimmt und gebaut.

Mechanisch ist das Gerät, wie man auf den ersten Blick erkennen kann, einfach aufgebaut. Pro Motor gibt es zwei Kugellager und eine starre Kopplung der Propeller an den Außenläufer. Kein Getriebe, keine Taumelscheibe, keine Gestänge und auch keine Schlaggelenke sind verbaut. Alle diese feinen und teuren mechanischen Komponenten sind nicht nötig, um die 16 Rotoren richtig zu steuern. Denn gesteuert wird einfach über eine Drehzahländerung der Motoren.

„Hoher Energiebedarf, immer noch komplexe Mechanik, wenig Redundanzen, kein gängiges Rettungssystem, hohe Lautstärke, schwierig zu fliegen. Der Volocopter VC1 verspricht nun, genau diese Probleme zu lösen.“

So sieht die Zukunft aus: Die zweiseitige Konzeptstudie VC Evolution 2P



Prozessorgesteuert

Bei dieser Anzahl von Motoren und der hohen Änderungsrate in der Ansteuerung geht das nur rechnergestützt. Die Software dazu wurde vom e-volo-Team selbst entwickelt und die Hardware dazu findet in einem kleinen Kästchen hinter dem Pilotensitz ihren Platz. Aber mehr war dazu nicht in Erfahrung zu bringen, was man angesichts des darin investierten Knowhows durchaus verstehen kann. Nur so viel war noch zu recherchieren: Das Gerät soll nur Einflüsse wie

kleine Ungleichheiten der Antriebsmotoren oder Böen selbstständig aussteuern. Der Pilot steuert den Volocopter VC1 über die beiden Kreuzknüppel einer klassischen Fernsteuerung dorthin, wo er ihn haben möchte. Das Schöne daran ist, dass die Software und die Kreisel den Volocopter VC1 an Ort und Stelle im Raum halten, wenn keine Steuerbefehle vom Piloten kommen. Bereits das Testgerät kompensierte den Ausfall eines Motors automatisch. Beim VC1 dürfen sogar mehrere Motoren ausfallen, ohne dass das Gesamtsystem versagt.

Der erste Flug war auch bislang der einzige. Er dauerte 90 Sekunden, brachte aber alle erforderlichen Erkenntnisse zur Weiterentwicklung des Projekts



Konzeptstudie VC Evolution

Einer Vision ließ das e-volo-Team bereits Taten folgen. Angepeilt ist als Nächstes ein zulassungsfähiger Multikopter. Die VC Evolution genannte Projektstudie soll als Ein- und/oder Zweisitzer umgesetzt werden. Wie ambitioniert das Team an die Umsetzung geht, ist an der Zielsetzung erkennbar, dass man in einem zweijährigen Flugerprobungsprogramm gemeinsam mit dem Luftfahrtbundesamt (LBA) und dem Deutschen Ultraleichtflugverband (DULV) die Umsetzung verfolgt. Geplant ist unter anderem eine eigene Klasse für Volocopter.

Auch die geplanten technischen Rahmen-daten lassen ein hohes Engagement durchklingen. So soll der Zweisitzer etwa 100 Stundenkilometer schnell fliegen, ein Startgewicht von 450 Kilogramm erreichen und über eine Stunde Flugzeit gestatten. Ein optionaler Pusher-antrieb könnte Schnellflüge ermöglichen.

Facts zum Volocopter VC1

Die vier Ausleger ergeben einen Multikopter, der etwa fünf mal fünf Meter misst. Auf den Auslegern sind 16 Motoren platziert. Insgesamt wiegt das VC1 leer etwa 80 Kilogramm und trägt einen Piloten. Die automatische Lageregelung und Richtungssteuerung übernehmen mehrere voneinander unabhängige und sich selbst überwachende Bordcomputer. An deren Entwicklung die Firma ATB Blank/Blank Sky Control beteiligt ist. Die Elektronik steuert jeden Motor separat an. Die mögliche Flugdauer liegt

aktuell bei geschätzten 20 Minuten und dürfte durch eine Steigerung der Akkuleistungen in naher Zukunft deutlich zunehmen.

Die Erfinder des Volocopters lernten sich über ein Internetforum kennen. Hier fanden Stephan Wolf, Thomas Senkel und Alexander Zosel zusammen, entwickelten aus ihrer Idee einen flugtauglichen Multikopter und gründeten e-volo, das in der Syntern GmbH eigenständig geführt wird. Ziel von e-volo ist es, einen

zulassungsfähigen, zweisitzigen Volocopter aus der Projektstudie VC Evolution 2P zu entwickeln.

Zu den Partnern von e-volo zählen mittlerweile namhafte Firmen wie DG Flugzeugbau, Smoto GmbH, Helix Carbon und ATB Blank. Im Bereich der Forschung kooperiert das Team beispielsweise mit dem IAF (Institut für angewandte Forschung) in Karlsruhe und dem IAG (Institut für Aerodynamik und Gasdynamik) der Universität Stuttgart.



Der VC Evolution 1P ist als Einsitzer geplant. Der Pushertrieb dient zur Erhöhung der Vorwärtsgeschwindigkeit – ist allerdings optional

Die Software wurde zuerst an einem Modell ausprobiert. Das erlaubte auch dem Piloten Thomas Senkel, seine Reflexe zu trainieren. Ob man nun das Modell, das unbemannte Gerät oder vom Pilotensitz aus steuert, machte dann in der Bedienung keinen Unterschied. Zwar hat Thomas Senkel einen Pilotenschein für Ultraleichtflugzeuge, aber auf so einem Gerät ist eben noch niemand vorher geflogen. Sein erster und bisher einziger Flug dauerte zirka 90 Sekunden. Das Fluggefühl muss beeindruckend gewesen sein. Er berichtete, dass er ein paar kleine Lagekorrekturen vornehmen musste, aber ansonsten bereits stabil flog, und dass es einen großen Unterschied zwischen Modell und Original gibt: Der Volocopter VC1 besitzt im Gegensatz zum Testmodell eine höhere Trägheit. Das Steuern führt zu einer Lageänderung und die daraus resultierende Bewegung erfolgt dann verzögert und relativ sanft. Modelle reagieren aufgrund ihrer geringeren Masse empfindlicher.

Zukunftsmusik

Ein zulassungsfähiger Volocopter VC1 wird anders aussehen als das heutige Gerät. Er wird zwei Plätze in einem Cockpit haben, die Rotorebene ist über der Besatzung und es wird ein Gesamterrettungssystem installiert sein. Mit einem Range Extender oder Stromerzeuger kann die Flugdauer erhöht werden. Aber als Elektroflieger wissen wir, dass die Leistungsfähigkeit unserer Speicher noch lange nicht ausgereizt ist und der Range Extender

Bereits konkreter verfolgt das e-volo-Team die Umsetzung der Konzeptstudie VC Evolution 2P. Aktuell ist bei diesem Projekt ein Range Extender angedacht, der mit der fortschreitenden Akkuentwicklung hinfällig werden könnte



vielleicht gar nicht notwendig sein wird. Angepeilt ist die Zulassung als ultraleichtes Fluggerät, wobei die Klasse der UL-Hubschrauber dafür erst noch geschaffen werden muss.

Der Besuch auf der AERO in Friedrichshafen war für Thomas Senkel erfolgreich. Mit dem Gewinn des renommierten Lindbergh-Preises für Innovation findet der Volocopter VC1 die verdiente Beachtung in der Luftfahrtbranche. Es wird spannend sein, weiterhin zu verfolgen, wie sich das Projekt entwickelt. Weitere Informationen gibt es unter: www.e-volo.com

Auf jedem der vier Ausleger sind je vier Antriebe platziert. Jeder Motor wird separat angesteuert, die Bordelektroniken kommunizieren jedoch untereinander. An den Auslegern sind auch die Akkus fixiert



KURZMITTEILUNGEN aus der Elektro-Branche

e-World

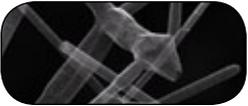
MEGA-EVENT



Der DMFV feierte vom 06. bis 08. Juli sein 40-jähriges Bestehen mit einem großen Flugtag. Über 10.000 Besucher hatten dabei die Gelegenheit, spannende Modelle und spektakuläre Flugshows zu bestaunen. Mit einer Tombola und einer kleinen Aufstockung durch den DMFV kamen zudem 10.000,- Euro Spenden für die „Kartei der Not“ zusammen.
www.dmfv.aero



EIN HAUCH VON NICHTS



Eher durch Zufall entdecken Wissenschaftler der TU Hamburg und der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel eine stabile und ultraleichte Verbindung aus Kohlenstoffröhrchen. Das Material besteht zu 99,9 Prozent aus Luft, ist elektrisch leitfähig und nennt sich Aerographit.
www.intranet.tu-harburg.de/aktuell/pressemitteilung_einzeln.php3?id=8376



STREICHZART



An der Rice University in Houston haben Wissenschaftler einen Akku zum Aufstreichen oder Sprühen – ähnlich einer mehrschichtigen Lackierung – entwickelt. Studienleiter Pulickel Ajayan zufolge soll dieses Konzept neue Designs ermöglichen, da man auf die herkömmlichen Bauformen von Akkus nicht angewiesen ist.
www.news.rice.edu/2012/06/28/rice-researchers-develop-paintable-battery-2/



EDISONS ERBEN



Forscher der Stanford Universität konnten Thomas Edisons Nickel-Eisen-Akku durch den Einsatz von Kohlenstoff-Nanoröhrchen und Graphen erheblich verbessern. Die Lade/Entladerate ist um den Faktor 1.000 gestiegen, was den Akkutyp wieder konkurrenzfähig machen könnte. Das große Plus: Eisen und Nickel sind ungiftig und weit verbreitet.
www.news.stanford.edu/news/2012/june/ultrafast-edison-battery-062612.html



SCHWEFEL-KRAFT



Wissenschaftler des Fraunhofer Instituts in Dresden haben erfolgreich Schwefel in Kohlenstoff-Nanoröhrchen infiltriert. Dies ermöglicht theoretisch eine doppelt so hohe Energiedichte wie bei Lithium-Ionen-Akkus. Vielleicht die Grundlage für künftige Super-Akkus?
www.iws.fraunhofer.de/de/presseundmedien/presseinformationen/2012/presseinformation_2012-10.html





Durch eine Nanoschicht aus Silber und Aluminium gelang es Dr. Jan Meiß vom Dresdner Institut für Angewandte Photophysik transparente Solarzellen herzustellen. Dafür gewann er jüngst den UMSICHT-Wissenschaftspreis 2012.

www.comedd.fraunhofer.de/de/news/press/2012/2012-07-11.html

China erlässt für Elektro-Autos oder Plug-in-Hybride künftig die Umsatzsteuer. Käufer im Reich der Mitte sparen so 8,5 Prozent, wenn sie sich für diese Antriebsformen entscheiden. Ebenfalls steuerlich begünstigt werden künftig Zulieferer und Händler von E-Fahrzeugen.

www.beta.cars21.com/news/view/4750



Statt auf großdimensionierte Akkus setzt Siemens bei Hybrid-Lkw auf ein anderes Konzept: Ähnlich wie bei Straßenbahnen sollen Autobahnen mit Oberleitungen versehen werden. Die Bundesregierung hat bereits Interesse an dem Konzept des so genannten eHighways bekundet. www.welt.de/wissenschaft/article106740143/Elektro-Brummis-mit-Oberleitung-fuer-die-Autobahn.html

Das Beratungsunternehmen McKinsey hat eine Studie zum Thema Elektromobilität in Auftrag gegeben. Das Ergebnis: die Preise für Lithium-Akkus werden im nächsten Jahrzehnt stark fallen, die Kapazität dabei um 40 Prozent steigen.

www.spiegel.de/auto/aktuell/elektroautos-werden-laut-studie-billiger-als-herkoemmlische-fahrzeuge-a-841504.html



Die Europäische Union fördert im Rahmen des Scaleno-Projekts die Weiterentwicklung dünner und leistungsstarker Solarzellen, basierend auf der sogenannten Chalkogenid-Technologie. In Deutschland profitieren davon das Helmholtz-Zentrum und die FU in Berlin. www.laborpraxis.vogel.de/forschung-und-entwicklung/analytik/articles/370929/

Eine vom Land in Auftrag gegebene Studie geht davon aus, dass in Baden-Württemberg bis zum Jahr 2030 gut 20.000 Jobs und 4,5 Milliarden Euro Umsatz durch die Brennstoffzellen- und Wasserstoffindustrie entstehen könnten.

www.e-mobilbw.de



Spätestens mit der Entlassung von Bundesumweltminister Norbert Röttgen rückt die Energiewende wieder als gesellschaftliches Großprojekt in den Fokus. Bundesumweltminister Peter Altmaier räumt Fehler ein und warnt vor wachsenden Energiekosten. www.abendblatt.de/politik/article2339181/Sorge-um-steigende-Energiekosten-Altmaier-raeumt-Fehler-ein.html

Unter dem Namen DönerCopter startet in Freiburg um Breisgau ein durchaus ernstgemeintes Pilotprojekt, bei dem der Lieferbote durch einen Multikopter (!) ersetzt werden soll. Die Lieferung erfolgt sogar, wenn man gerade unterwegs ist.

www.doenercopter.de



Unter französisch-deutscher Federführung soll eine gesamteuropäische Drohne für zivile und militärische Zwecke entwickelt werden. Zumindest behauptet dies Stefan Zoller von EADS. www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/unbemanntes-flugzeug-eads-will-gesamteuropaeische-drohne-bauen/6863790.html

Sogenannte Laser-Attacken auf Linienflugzeuge nehmen zu. Vor allem Maschinen, die sich im Landeanflug befinden und auch von handelsüblichen Lasern erreicht werden können, sind ein beliebtes Ziel. Allein 2011 wurden 636 solcher Attacken bekannt.

www.sz-online.de/nachrichten/artikel.asp?id=3103543



Das Institut für Physik der Atmosphäre am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) feiert am 01. Juli sein 50-jähriges Bestehen. War damals noch der Wetterballon das Forschungsmittel der Wahl, bedient man sich heutzutage moderner Forschungsflugzeuge. www.dlr.de/dlr/presse/desktopdefault.aspx/tabid-10172/213_read-4116/

Apropos moderne Forschungsflugzeuge beim DLR: Die ATTAS geht in Ruhestand. Der seit 1982 in Betrieb befindliche Jet erlangte in jüngster Zeit Aufmerksamkeit, weil er durch eine Art Fernsteuerelektronik direkt von Piloten vom Boden aus geflogen werden können.

www.dlr.de/dlr/presse/desktopdefault.aspx/tabid-10172/213_read-3905/



Kofferraum-Klasse

Elektrosegler um zwei Meter Spannweite haben Kofferraum-Idealmaße. Zudem sind sie handlich und leicht, die Kosten bleiben überschaubar. Sie laden zu Experimenten mit verschiedenen Antrieben ein und es gibt sie in zig Ausführungen sowie Preislagen. Wir testen drei aktuelle PARADEBEISPIELE der beliebten E-Segler-Klasse: vom Einsteiger-Komplettsset bis zur Highend-Version.



LRP electronic Sky Stream

Preis: 199,99 Euro

Internet: www.LRP.cc

Der Regler im Sky Stream ist mit 20 Ampere maximaler Belastbarkeit knapp dimensioniert

LRP electronic

Sky Stream

- ⊕ Komplett ausgestattet mit Sender
- ⊕ Solides Material
- ⊕ Gute Anleitung und Einführung
- ⊖ Nachbearbeitung einer Tragfläche
- ⊖ Hohe Motortemperatur

★★★★☆ GUT

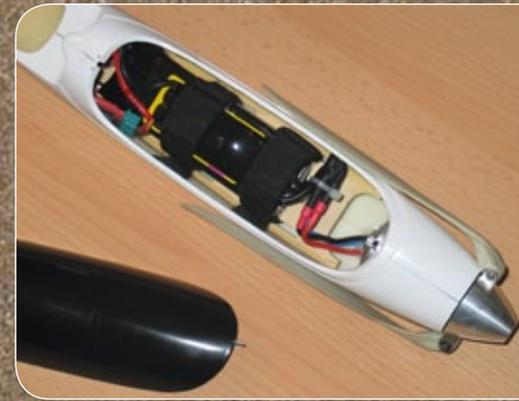
Der Sky Stream von LRP electronic wird als RTF-Version einschließlich Fernsteuerung ausgeliefert und ist vollständig aus dem sehr robusten Hartschaum EPO gefertigt. Das macht das Modell mit 1.800 Millimeter Spannweite weitgehend crashresistent beziehungsweise Reparatur-freundlich. Die in den Formen geschäumten Einzelteile sind passgenau. Leider hält das bereits aufgebrachte Klebedekor nicht sehr gut. Die Montage ist nach wenigen Minuten erledigt, einzig der aufdickende Tragflächenmittelteil und das spielbehaftete Steckrohr verlangten etwas Nacharbeit. Antrieb und alle RC-Komponenten sind fertig installiert, der Schwerpunkt passt und der Sender ist richtiggehend programmiert, sodass man nach dem Einlegen des dreizelligen 1.300er-LiPo-Akkus sogleich fliegen kann. Einschließlich etwas Trimmblei pendelte sich das Abfluggewicht bei 1.050 Gramm ein. Starten lässt sich der Sky Stream im 30-Grad-Steigwinkel. Der 20-Ampere-Regler ist etwas knapp dimensioniert, sodass auf lange Vollgasphasen besser verzichtet wird. Die Wirkung der Querruder ist ausreichend, doch Rollen brauchen ihre Zeit. Da der Sky Stream keine Kunstflugambitionen hegt, geht das in Ordnung. Das Höhenruder wirkt sehr direkt und das Abrissverhalten ist sehr gutmütig. Thermik- und Speedfliegen gelingt nicht wirklich gut – der Sky Stream ist mehr ein Einsteiger-Allrounder. Schlechte Landungen nimmt er gelassen hin. In der Summe ein preiswerter, robuster, komplett ausgestatteter, alltagsfreundlicher Elektrosegler für viele Wetterlagen und raue Landebahnen, wie ihn sich fortgeschrittene Einsteiger wünschen.

Staufenbiel

Caliber

- ⌚ Hohe Vorfertigung
- ⌚ Kräftiger Antrieb
- ⌚ Qualität der Bauanleitung
- ⌚ Allroundflugeigenschaften
- ⬇ Angabe Schwerpunkt und EWD
- ⬇ Schwergängige Seitenrudernanlenkung

★★★★★ GUT



Staufenbiel empfiehlt den Motor Dymond Master HQ-3650, der mit einem 14 × 8-Zoll-Propeller sehr gut zum Modell passt



Staufenbiel Caliber

Preis: 199,- Euro

Internet: www.modellhobby.de

Die Tragflächenhälften des Caliber von Staufenbiel sind in Styro-Balsa-Bauweise erstellt und dreifarbig mit Oracoverfolie bespannt. Der sauber aus GFK laminierte Rumpf ist bereits in der Form weiß eingefärbt. Zum Lieferumfang gehört ein reichhaltiger Kleinteilesatz. Antrieb, Akku und RC-Komponenten sind zusätzlich zu erwerben. Aufgrund der hohen Vorfertigung und Passgenauigkeit der Bauteile sowie der guten Bauanleitung ist das 2.100 Millimeter spannende Modell in wenigen Stunden fertiggestellt. Als Motor kam der Dymond Master HQ-3650 von Staufenbiel ins Modell. Ein 55-Ampere-Regler von Hacker, eine 14 × 8-Zoll-Klappflugschraube und ein 3s-LiPo mit 2.600 Milliamperestunden Kapazität runden das Antriebspaket ab. So ausgestattet wiegt der Caliber 1.300 Gramm und glänzt mit einem senkrechten Steigflug. Als optimal zum Fliegen erweist sich eine Schwerpunktlage von 82 Millimeter und eine EWD von 0,5 Grad – dazu wurde das Höhenleitwerk etwas unterlegt. So modifiziert wird der Caliber im Speedflug richtig schnell. Kunstflugeinlagen sind kein Problem. Ob Looping, Turn oder Rolle, er führt sie alle exakt durch. Allerdings fehlt es ihm etwas an Masse, um mehrere Figuren in Folge durchzuführen. Einen Strömungsabriss zu provozieren, ist fast unmöglich. Thermikfliegen gelingt gut und auch am Hang macht der Caliber viel Freude – nur bei zu starkem Wind hat das relativ leichte Modell keine Chance. Landen gelingt bei geringem Tempo gut. Kurzum: Der Caliber von Staufenbiel ist ein sehr guter, solider, robuster Preis-Leistungs-Allrounder, dem man auch mal die Sporen geben kann.

NAN-Models Omega

Preis: 340,- Euro

Internet: www.cumulus-modellbau.de

Der Omega wird von NAN-Models produziert und ist in Deutschland über Cumulus-Modellbau erhältlich. Der Elektrosegler mit 2.000 Millimeter Spannweite ist in Voll-GFK erstellt und kommt mit geteilter Fläche – Ausführung als Vierklappenflügel – zum Kunden. Die zum Fertigstellen erforderlichen Teile liegen dem Bausatz bei. Gesondert zu organisieren sind die RC-Komponenten und der Antrieb. Dank des hohen Vorfertigungsgrads und der hochwertigen Verarbeitung ist der Omega in wenigen Stunden montiert. Der GFK-Flügel besitzt eine CFK-D-Box und einen CFK-ummantelten Hauptholm. Gewicht und Festigkeit sind optimal eingestellt. Cumulus-Modellbau empfiehlt einen Powerline-Antrieb von Schambeck Luftsporttechnik. Und zwar den Brushlessmotor Lehner 1520/9 mit 6,75:1-Getriebe von Schambeck, einen YGE100-Regler mit BEC und einen 3s-LiPo mit 1.800 Milliamperestunden Kapazität und 45C Entladerate sowie eine Freudenthaler-Luftschaube mit 15 × 15 Zoll. So katapultieren bis zu 850 Watt das 1.328 Gramm wiegende Modell senkrecht mit maximal 72 Ampere nach oben. Der Elektrosegler ist sehr agil, schnell, wendig und setzt sich gegen Wind sehr gut durch. Kleinste Ablösungen lassen sich sehr gut auskreisen. Der Strömungsabriss kommt spät und verläuft unkritisch. Dynamischer Kunstflug wie Looping, Rolle, Turn, gerissene Rollen oder eng geflogene Wenden vollzieht der Omega sehr gut. Landen gelingt mühelos, muss wegen des Materials aber beherrscht werden. In der Summe ein Modell, das in allen Disziplinen überzeugt.



Optimal auf den Omega ist das Antriebsset aus Lehner-Motor, YGE-Regler und Freudenthaler-Luftschaube abgestimmt

NAN-Models

Omega

- ⬆️ Oberflächengüte und Passgenauigkeit der Einzelteile
- ⬆️ Sehr gute Flugleistungen
- ⬆️ Großes Geschwindigkeitsspektrum
- ⬆️ Geringes Packmaß
- ⬇️ Keine Bauanleitung

★★★★★ SEHR GUT



Technische Daten

Modellname	Omega	Caliber	Sky Stream
Spannweite	1.995 mm	2.100 mm	1.800 mm
Rumpflänge	1.250 mm	1.140 mm	1.080 mm
Fluggewicht	1.328 g	1.300 g	1.050 g
Motor	Lehner 1520/9 mit 6,75:1-Getriebe	Dymond Master HQ-3650	Brushless, 55 Gramm-Klasse, 1.200 kv, bereits eingebaut
Regler	YGE100-Regler mit BEC	Hacker X-55 SB Pro	20-A-Regler, bereits eingebaut
Akku	3s-LiPo, 1.800 mAh SLS	3s-LiPo, 2.600 mAh, LemonRC	3s-LiPo, 1.300 mAh, LRP, mitgeliefert
Propeller	15 × 15 Zoll von Freudenthaler	14 × 8 Zoll, Klappluftschaube	k.A.
Quer	2 × DES 428 BBMG von Graupner	2 × Dymond DS1550	2 × 9-Gramm-Klasse, bereits eingebaut
Wölbklappen	2 × S3150 von Futaba	Keine vorhanden	Keine vorhanden
Höhe	S3150 von Futaba	Dymond DS1550	9-Gramm-Klasse, bereits eingebaut
Seite	DES 428 BBMG von Graupner	Dymond DS1550	9-Gramm-Klasse, bereits eingebaut
Empfänger	RX-7 DR light M-LINK von Multiplex	RX-7 M-LINK von Multiplex	Sanwa, 6-Kanal, bereits eingebaut
Testurteil	★★★★★	★★★★★	★★★★☆



Fazit

Ohne Zweifel siegt der Omega von Cumulus-Modellbau in diesem Dreier-Vergleich. Er glänzt in der Thermik, im Speedflug und ist kunstflugtauglich. Einzig in puncto Robustheit bei misslungenen Landungen zieht er gegenüber dem Sky Stream von LRP den Kürzeren. Dieser weiß dank seiner Komplettausstattung vor allem fortgeschrittene Einsteiger, Gelegenheitsflieger und als Urlaubsmodell zu überzeugen. Souverän dazwischen sortiert sich erwartungsgemäß der Caliber von Staufenbiel ein. Wer auf Voll-GFK verzichten kann, kein Hartschaum will, frei bei der Antriebswahl sein möchte und einen alltagstauglichen E-Segler sucht, wird den Caliber nicht mehr hergeben wollen.

e heli action

KENNENLERNEN FÜR 5,90 EURO



3 für 1

Drei Hefte zum
Preis von
einem

Jetzt zum Reinschnuppern:

Ihre Schnupper-Abo-Vorteile:

- ✓ Keine Ausgabe verpassen
- ✓ Versand direkt aus der Druckerei
- ✓ 11,80 Euro sparen
- ✓ Jedes Heft im Umschlag pünktlich frei Haus
- ✓ Regelmäßig Vorzugsangebote für Sonderhefte und Bücher



Direkt bestellen unter
www.rc-heli-action.de
oder telefonisch
unter 040 / 42 91 77-110

Auch als eMagazin
und Printabo+ erhältlich.



Mehr Informationen unter www.rc-heli-action.de/emag

PRAXISTIPPS aus dem Elektroflug

e-rste Hilfe

Fixieren oder Pressen von schwer zugänglichen Klebestellen

Je nach Art des Klebers müssen Klebestellen eine gewisse Zeit fixiert oder sogar gepresst werden. Oft hilft das Bescheren mit einem Gegenstand, wenn die Kraftrichtung stimmt. Ansonsten setzt der Modellbauer gerne Schraub- oder Federzwingen für diesen Zweck ein. Was aber, wenn die Maulweite dieser Zwingen nicht mehr ausreicht oder man beispielsweise innerhalb des Rumpfs keine irgendwie gearteten Hebel ansetzen kann?

In solchen Fällen bewähren sich moderne Neodymmagnete, die sich über die Klebestelle hinweg stark anziehen und so einen erheblichen Druck aufbauen können. Leider



Schwer zugängliche Klebestellen lassen sich mit Magneten fixieren

nimmt die Anziehungskraft mit der Polentfernung ab. Hier helfen lange Magnete. Man kann aber auch mehrere flache Magnete, wie sie beispielsweise in Brushlessmotoren vorkommen, kaskadieren. Bei flächigen Klebestellen darf auch eine Eisenplatte als Gegenhalt dienen.

Propeller in Holzoptik lackieren

Ein Kunststoffpropeller auf einem Oldtimermodell? Das passt nicht. Hier wirkt die graue Plastiklatte wie ein Fremdobjekt. Oft gibt es aber keine passende Holz-Luftschraube oder nur eine mit einem schlechten Wirkungsgrad. Jetzt ist Kreativität gefragt: Lackieren ist die Lösung.

Als erstes wird der Propeller gesäubert und nass mit 400er- bis 600er-Schleifpapier abgezogen. Die aufgedruckte Beschriftung ist wegzuschleifen. Die Steigung aber notieren und nach dem Lackieren wieder auf der Nabe des Propellers

Mit Haftgrundierung ist das Plastik für den Lackauftrag vorzubereiten



Plastikpropeller lassen sich auf Holzoptik trimmen



Zur Optik trägt der Alukantenschutz mit Nieten bei

verewigen. Anschließend wird der Prop mit einem Kunststoffhaftgrund aus der Spraydose vorlackiert. Grundiert wird dann mit einer Kunststoffgrundierung in Grau. Der erste Farbauftrag erfolgt mit Basislack plus Härter in einem hellen Braunton in Matt. Nach dem Trocknen tauchen wir einen alten Borstenpinsel in eine dunkelbraune Farbe, streifen den Pinsel auf einem Stück Papier fast trocken und streichen dann vorsichtig mit der restlichen Farbe über die Luftschraube. Das imitiert eine leichte Holzmaserung. Aber Achtung: Dabei muss man sehr umsichtig zu Werke gehen. Ist zu viel Farbe aufgetragen, ist alles wieder abzuwischen. Durch die Verarbeitung des hellen Braun mit Härter ist das Abwischen des Dunkelbraun mit Nitro kein Problem – die untere Farbe wird nicht angegriffen.

Die dunkelbraune Farbe kann auch glänzend sein, das erhöht den Holzeffekt etwas. Nach dem Trocknen kann man noch einen Kantenschutz aus Aluklebefolie, in die Nietenimitationen gedrückt wurden, aufbringen. Wer alternativ stark verdünnte Revell- oder Humbrol-Lacke einsetzt, kann das helle Braun mit dem Airbrush aufbringen. Das dunklere Braun für die Maserung wird wieder mit dem Pinsel aufgestrichen. Diese Lacke besitzen eine gute Haftung auf Kunststoff und sind auch elastisch genug, aber das Abwischen von Fehlern mit Nitroverdünnung fällt wegen des fehlenden Härters in der Farbe weg.

Die Holzmaserung entsteht mit Hilfe eines ausgestrichenen Borstenpinsels



Elektroflug Kontakt

Ludwig Retzbachs
Magazin

Elektroflug

Ludwig Retzbachs
Magazin

Vorteile für Früh-Besteller

- ✓ Sie sparen 4,80 Euro und das Porto
- ✓ Sie erhalten Ihr Heft vor dem offiziellen Erscheinen
- ✓ Sie verpassen Ludwig Retzbachs Elektroflug Magazin keinesfalls

Ihre Bestellkarte ▶

Einfach ausschneiden oder kopieren, ausfüllen und abschicken an:

Wellhausen & Marquardt Medien
Ludwig Retzbachs Elektroflug Magazin
Hans-Henny-Jahnn-Weg 51
22085 Hamburg
Telefon: 040/42 91 77-100
Telefax: 040/42 91 77-199
E-Mail: service@elektroflug-magazin.de

Elektroflug Bestellkarte

Ludwig Retzbachs
Magazin

Ja, den Vorteil lasse ich mir nicht entgehen.
Schon jetzt bestelle ich die nächste Ausgabe Ludwig Retzbachs Elektroflug Magazin. Das Heft erscheint im Frühjahr 2013. Mit meiner Bestellung bis zum **30. März 2013** genieße ich den Früh-Besteller-Rabatt und bezahle nur 10,00 statt 14,80 Euro und keine zusätzlichen Versandkosten.

Ich will Ludwig Retzbachs Elektroflug Magazin nicht mehr verpassen:
Bitte informieren Sie mich per E-Mail unverbindlich über neue Ausgaben des Heftes. (Bitte unten E-Mail-Adresse angeben)

Vorname, Name

Straße, Haus-Nr.

Postleitzahl **Wohnort**

Land

Geburtsdatum **Telefon**

E-Mail

Zahlungsweise Bankeinzug

Bankleitzahl **Konto-Nr.**

Geldinstitut

Datum, Unterschrift

Bestell-Service: Telefon: 040/42 91 77-100, Telefax: 040/42 91 77-199
E-Mail: service@elektroflug-magazin.de

Mehr attraktive Angebote online: www.alles-rund-ums-hobby.de
Die Daten werden ausschließlich verlagsintern und zu Ihrer Information verwendet. Es erfolgt keine Weitergabe an Dritte. LR1202



Die Suche hat ein Ende. Täglich nach hohen Maßstäben aktualisiert und von kompetenten Redakteuren ausgebaut, finden Sie bei www.alles-rund-ums-hobby.de Literatur und Produkte rund um Ihre Freizeit-Themen.

Bestellen Sie problemlos ▶

Einfach die gewünschten Produkte in den ausgeschnittenen oder kopierten Coupon eintragen und abschicken.

Wellhausen & Marquardt Medien
Ludwig Retzbachs Elektroflug Magazin
Hans-Henny-Jahnn-Weg 51
22085 Hamburg
Telefon: 040/42 91 77-100
Telefax: 040/42 91 77-199
E-Mail: bestellung@alles-rund-ums-hobby.de

Elektroflug Shop-Bestellkarte

Ludwig Retzbachs
Magazin

Artikel-Nr.	Menge	Titel	Magazin	Einzelpreis	Gesamtpreis
				€	
				€	
				€	
				€	
				€	

Vorname, Name

Straße, Haus-Nr.

Postleitzahl **Wohnort**

Land

Geburtsdatum **Telefon**

E-Mail

Zahlungsweise Bankeinzug (Auslandszahlungen per Vorkasse)

Bankleitzahl **Konto-Nr.**

Bestell-Service: Telefon: 040/42 91 77-100, Telefax: 040/42 91 77-199
E-Mail: service@alles-rund-ums-hobby.de

Mehr attraktive Angebote online: www.alles-rund-ums-hobby.de
Die Daten werden ausschließlich verlagsintern und zu Ihrer Information verwendet. Es erfolgt keine Weitergabe an Dritte. LR1202

Ihre Meinung ist uns wichtig.

Was fällt Ihnen zu Ludwig Retzbachs Elektroflug Magazin ein? Gefallen Ihnen Themenauswahl, Inhalt und Aufmachung?

Von Modellsportlern für Modellsportler – so funktioniert www.elektroflug-magazin.de, die Website zum Magazin. Hier erhalten Sie die Möglichkeit, Ihre Fragen zu stellen oder anderen Modellfliegern zu helfen.

Einfach nebenstehenden Coupon ausschneiden oder kopieren, ausfüllen und abschicken an:

Wellhausen & Marquardt Medien
Ludwig Retzbachs Elektroflug Magazin
Hans-Henny-Jahnn-Weg 51
22085 Hamburg
Telefon: 040/42 91 77-300
Telefax: 040/42 91 77-399
E-Mail: redaktion@elektroflug-magazin.de

Elektroflug Leserbrief-Karte

Ludwig Retzbachs
Magazin

Meine Meinung:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Vorname, Name

Straße, Haus-Nr.

Postleitzahl **Wohnort**

Land

Geburtsdatum **Telefon**

E-Mail

Kontakt zur Redaktion: Telefon: 040/42 91 77-300
Das Forum im Internet: www.elektroflug-magazin.de
Die personenbezogenen Daten werden ausschließlich verlagsintern und zu Ihrer Information verwendet. Es erfolgt keine Weitergabe an Dritte. LR1202

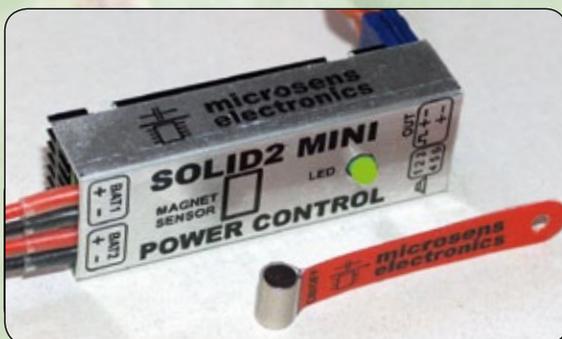
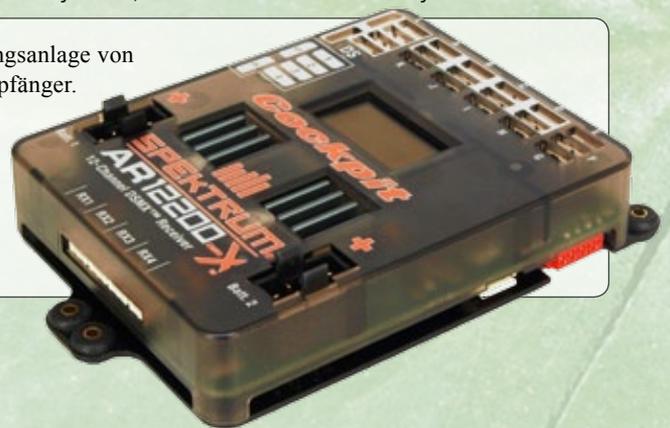
Telefax: 040/42 91 77-399, E-Mail: redaktion@elektroflug-magazin.de
Das Magazin im Internet: www.elektroflug-magazin.de

Teilen und herrschen

Schon aus Sicherheitsgründen sind Redundanzen in Flugmodellen nicht mehr wegzudenken. Ein defekter Akku – beispielsweise zur Empfängerstromversorgung – darf nicht schuld daran sein, dass ein Modell plötzlich unkontrollierbar wird. AKKUWEICHEN SORGEN HIER FÜR DIE NÖTIGE SICHERHEIT. Dieser Einkaufsführer gibt einen Überblick über viele gängige Produkte, die sich derzeit am Markt befinden, erhebt jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Spektrum AR 12200 Receiver PowerBox Systems/Horizon Hobby | 529,99 Euro | www.horizonhobby.de

Der Spektrum AR 12200 Receiver ist eine Empfangs- und Stromversorgungsanlage von PowerBox Systems mit integriertem Spektrum AR 12200-Zwölfkanal-Empfänger. Es können bis zu vier Satelliten angeschlossen werden. Mit dem System lassen sich bis zu 28 Servos betreiben. Dabei stehen vier Matchkanäle für je zwei individuell konfigurierbare Rudermaschinen zur Verfügung. Die integrierte Weiche unterstützt die gängigen LiXX- und NiXX-Akkus. Als Servospannung sind 5,9 oder 7,4 Volt wählbar. Eine Synchronisation sorgt für absoluten Gleichlauf der Servos.



Solid2mini Microsens | 69,- Euro | www.microsens.at

Akkuweiche für 2s-LiXX oder 5s-NiMH. Abmessung 57 × 20 × 14 Millimeter. Spannungsregelung einstellbar auf 5,15, oder 5,5 oder 5,85 Volt. Gewicht: 20 Gramm. Inklusive Akkuüberwachung durch zweifarbige LED.

DPSI RV Emcotec | ab 229,90 Euro | www.rc-electronic.com

Das Basismodell von Emcotec gibt es in der 2010er- und der 2001er-Variante. Letztere organisiert die Stromverteilung von zehn Empfängerkanälen auf 26 Servos und ist einmal als Variante mit einer Ausgangsspannung von 5,9 Volt und einmal mit 7,4 Volt erhältlich. Das DPSI RV 2010 unterstützt bis zu zwölf Empfängerkanäle mit maximal 32 Servos. Die Ausgangsspannung lässt sich hier stufenweise zwischen 5,4 und 7,4 Volt per Jumpersteckung regeln. Alle Geräte der DPSI RV-Familie haben eine integrierte Akkuweiche, eine Servo-Impulsverstärkung und eine Spannungsüberwachung.



PowerBox Cockpit PowerBox Systems | ab 359,- Euro | www.powerbox-systems.com



Die PowerBox Cockpit ist eine PowerBox-Version speziell für Jet- und Scale-Modelle. Sie ist mit vier Matchkanälen und einem frei programmierbaren Door-Sequenzer für sechs Servos ausgestattet. Die Konfiguration ist nicht an vorgegebene Modi gebunden und jedes Servo ist in Weg und Zeit in alle Richtungen einstellbar. Alle Versorgungskomponenten sind doppelt ausgeführt, inklusive einer Akkuweiche für LiXX- und NiXX-Stromspeicher. Es bestehen Anschlussmöglichkeiten für die Telemetriesysteme von Spektrum und Multiplex. Die Servospannung liegt wahlweise bei 5,9 oder 7,4 Volt. Für 429,- Euro ist die PowerBox Cockpit auch als SRS-Variante erhältlich. SRS steht für Seriell Receiver System und bietet die Möglichkeit, Empfänger mit serieller Schnittstelle anzuschließen.



JETmodel MAX BEC 2

Hacker | 69,- Euro | www.hacker-motor-shop.com

Spannungsregelung inklusive Akkuweiche. Die Ausgangsspannung kann stufenweise zwischen 5 und 6 Volt gewählt werden. Für LiXX-Akkus ausgelegt. Abmessung: 100 × 29 × 16 Millimeter bei einem Gewicht von 90 Gramm.



PowerBox Gemini

PowerBox Systems | 109,- Euro | www.powerbox-systems.com

Akkuweiche mit zwei Ausgangsspannungen. Eine für Servos und Empfänger mit 5,9 Volt sowie einen für Kreisel und dazugehörige Servos mit 5,3 Volt. Inklusive LED zur Spannungsanzeige der Akkus. Betriebsspannung: 4 bis 9 Volt. Abmessung: 72 × 28 × 14 Millimeter, Gewicht: 13 Gramm.



PowerBox Competition PowerBox Systems | ab 319,- Euro | www.powerbox-systems.com



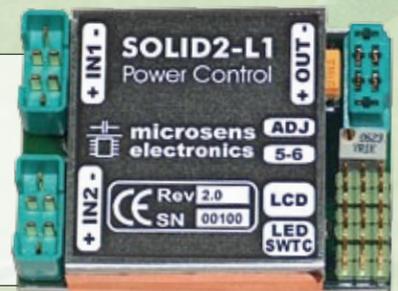
Die PowerBox Competition hat zwölf vom Empfänger separate Kanäle (18 Steckplätze), von denen vier als Matchkanäle für je zwei Servos ausgestattet sind. Redundante Ausführung der Elektronik inklusive einer Weiche für LiXX- und NiXX-Akkus. Es besteht die Möglichkeit, Multiplex- oder Spektrum-Telemetrie anzuschließen. Das System garantiert eine synchronisierte Servoausgabe für absoluten Servogleichlauf. Die Servospannung liegt bei wahlweise bei 5,9 oder 7,4 Volt. Für 349,- Euro auch als SRS-Variante für serielle Empfängersysteme verfügbar.

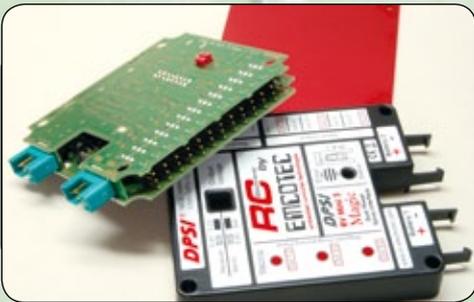


Solid2-Serie Microsens | ab 89,-Euro | www.microsens.at



Mit der Solid2-L1 und L2 hat Microsens die bereits bewährte Solid2 weiterentwickelt. Neben der reinen Funktion als Akkuweiche messen beide Modelle auch bestimmte Strom- und Spannungswerte. Die Erkennung schwergängiger Anlenkungen ist möglich. Für LiXX- und NiXX-Akkus.





DPSI RV Mini Emcotec | ab 189,90 Euro | www.rc-electronic.com

Die DPSI RV Mini ist ein Stromversorgungssystem für Empfänger und Servos inklusive Impulsverstärkung. Erhältlich in einer Version für fünf und sechs Empfängerkanäle und gegen Aufpreis auch mit integriertem Servomatching. Die Empfängerspannung kann zwischen 5,2 und 5,9 Volt, die Servospannung zwischen 5,9 und 7,4 Volt gewählt werden. Bis zu zehn Servos können über die Anlage betrieben werden.

PowerBox Champion RRS PowerBox Systems | 449,- Euro | www.powerbox-systems.com

Die PowerBox Champion RRS bietet drei Kanäle für insgesamt zwölf frei programmierbare Servos an. Der Zusatz RRS steht für Redundant Receiver System, sprich: der Pilot kann zwei Empfänger seiner Wahl einsetzen. Eine Akkuweiche zum Anschluss von LiXX- und NiXX-Stromspeichern ist integriert. Das Gerät bietet eine HF-Entstörung, Impulsverstärkung sowie eine Entstörung der Servorückströme. Die Servospannung liegt wahlweise bei 5,9 oder 7 Volt.



ES4 Helitron | 46,80 Euro | www.moraw-electronic.de/helitron/

Die ES4 ist ein Sicherheitsschalter, der speziell für den Einsatz in Helis entwickelt wurde und über eine eingebaute Akkuweiche verfügt. Eine LED zeigt den Ladezustand der beiden Akkus an.

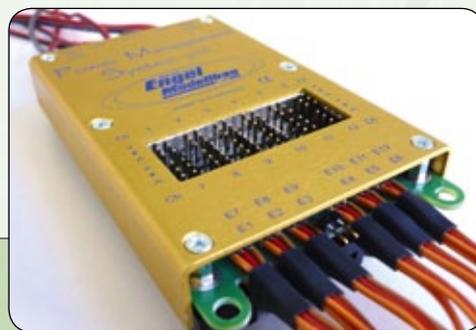
DPSI Micro Emcotec | 74,90 Euro | www.rc-electronic.com

Etwa 28 Gramm leichte Akkuweiche. Abmessung 73,4 × 19,4 × 14,1 Millimeter. Inklusive Spannungsüberwachung und optischer Fehleranzeige. Kompatibel zu verschiedenen NiXX- und LiXX-Akkutypen. Erhältlich mit unterschiedlichen Ausgangsspannungen.



Power Management System gold Engel Modellbau | 269,- Euro | www.engel-modellbau.eu

Bei diesem System können bis zu 24 Servos (12 × 2) mit einer geregelten Ausgangsspannung von 6 Volt versorgt werden. Zusätzlich wird der Empfänger über einen getrennten Stromkreislauf mit 4,8 Volt betrieben und über zwölf Kabel mit dem Graupner-Stecksystem mit dem Power Management System gold verbunden. Über den zusätzlich erwerbbarer Impulsmanager können Servos individuell programmiert werden. Die integrierte Weiche ist für LiXX- und NiXX-Akkus ausgelegt.

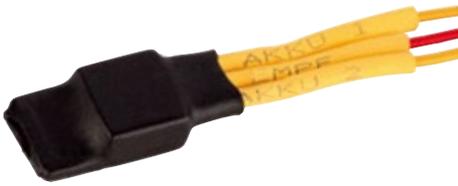


Akkuweiche PSS 2018 robbe | 399,- Euro | www.robbe.de

Versorgungssystem für S-Bus-Anlagen – über einen PWM-Adapter sind aber auch Standard-Servos anschließbar. Es können zwei Empfänger angeschlossen werden. Die Übertragung von bis zu 16 Prop- und zwei Schalt-Kanälen ist möglich. Die Befehle werden über vier S-Bus-Kanäle an (theoretisch) unbegrenzt viele Servos übertragen. Je nach Modell und Servotyp sind in der Praxis maximal 36 Servos nutzbar. Als Servospannung sind 5,9 oder 7,4 Volt wählbar. Inklusive Weiche für NiXX- und LiXX-Akkus.

PowerBox Evolution PowerBox Systems | 199,- Euro | www.powerbox-systems.com

Die Evolution ist die leichteste und kleinste Variante aus der PowerBox-Familie, die eine vollständig redundant ausgeführte Elektronik besitzt. Es stehen 16 Servo-Steckplätze für sechs Kanäle zur Verfügung, ein Impulsverstärker ist integriert. Alle elektronischen Bauteile sind doppelt ausgeführt, die Weiche unterstützt LiXX- und NiXX-Akkus. Die Servospannung liegt bei 5,9 Volt.



Modelcraft Akkuweiche Conrad | 8,15 Euro | www.conrad.de

Kleine Akkuweiche zur Stromversorgung einer Empfangsanlage mit zwei Akkupacks. Durch eine spezielle Diode übernimmt der Akku mit der höheren Spannung die Stromversorgung. Kurzfristig nur bis maximal 5 Ampere belastbar. Abmessung: 2,2 × 1 × 0,5 Millimeter.

PowerBox Royal PowerBox Systems | ab 549,- Euro | www.powerbox-systems.com



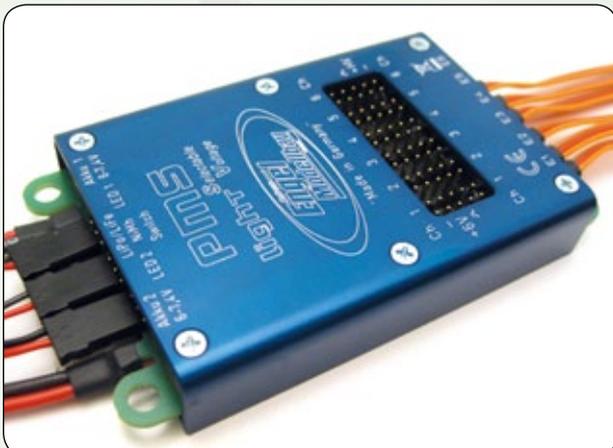
Komplexes Stromversorgungssystem mit komplett redundant ausgeführter Elektronik. Eine Akkuweiche zum Anschluss zweier LiPo-, NiXX- oder LiFePo-Akkus ist integriert. Anschlussmöglichkeit für bis zu 28 Servos, außerdem stellt die PowerBox Royal fünf Matchkanäle bereit, mit denen bis zu 20 Servos bedient werden können.

Zwei beliebige Empfänger können angeschlossen werden. Für 729,- Euro ist zudem die PowerBox Royal Spektrum erhältlich, in der ein Zwölfkanal-Spektrum DSM X-Empfänger bereits integriert ist und bis zu vier Satelliten-Empfänger angeschlossen werden können. Die Servospannung liegt wahlweise bei 5,9 oder 7 Volt.



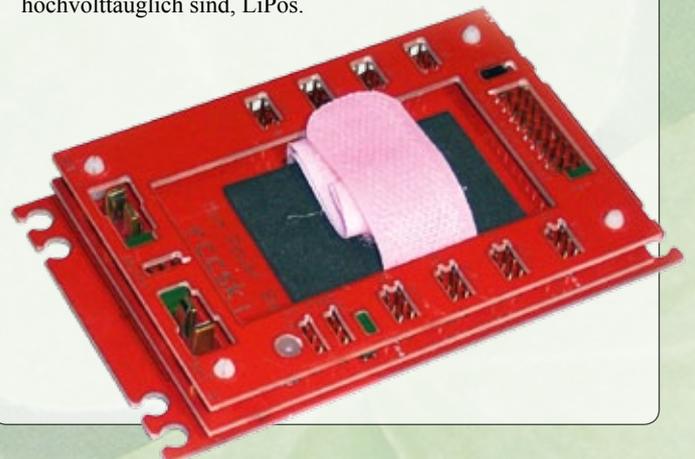
Power Management System light SV Engel Modellbau | 179,- Euro | www.engel-modellbau.eu

Stromversorgungssystem, bei dem wahlweise eine Betriebsspannung von 6 und/oder 8,4 Volt für Servos zur Verfügung gestellt werden kann. Inklusive Weiche für LiXX- und NiXX-Akkus. Das Power Management System light SV verfügt über eine Impulsverstärkung und eine HF-Entstörung. Es stehen sechs Servoausgänge zur Verfügung, über die jeweils bis zu zwei Servos geschaltet werden können.



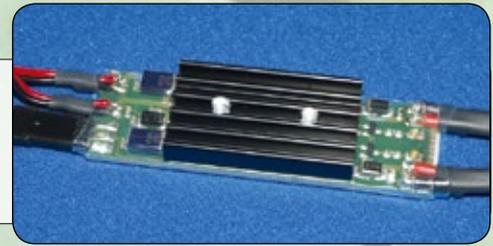
Powerboard für Benzinmodelle CMD-Modelltechnik | ab 79,90 Euro | www.cmd-modelltechnik.de

Entwickelt für Verbrennermodelle, aber genauso gut für Elektromodelle geeignet, in denen mehrfach große und leistungsstarke Servos sowie elektronische Zündsysteme (CDI) zum Einsatz kommen. Eine Akkuweiche ist integriert. Für bis zu 16 Servos an acht Kanälen. Das Powerboard ist gegen einen Aufpreis von 30,- Euro mit integriertem BEC erhältlich. In diesem Fall wird die Anlage über zwei LiPo-Akkus mit Strom versorgt. Ohne BEC empfiehlt CMD-Modelltechnik entweder zwei 4s- bis 5s-NiXX oder, wenn Empfangs- und Servoanlage hochvolttauglich sind, LiPos.



Die kleine Weiche Engel Modellbau | 64,50 Euro | www.engel-modellbau.eu

Akkuweiche, die zusätzlich über eine Regulierung der Ausgangsspannung auf 6 Volt verfügt. Außerdem ist ein elektronischer Schalter integriert, der einen sicheren An-Zustand der Empfangsanlage garantiert. Die Maße: 70 × 22 × 9 Millimeter bei einem Gewicht von 33 Gramm.



Power Management System light base Engel Modellbau | 119,95 Euro | www.engel-modellbau.eu

Engel Modellbau | 119,95 Euro | www.engel-modellbau.eu

Akkuweiche, inklusive vier Ausgängen für ein und einen für zwei Servos. Die Ausgangsspannung wird auf 6 Volt reguliert. Außerdem ist ein elektronischer Schalter integriert, der einen sicheren An-Zustand der Empfangsanlage garantiert. Die Maße: 76 × 52 × 13 Millimeter bei einem Gewicht von 65 Gramm.



PowerSafe-Empfänger Horizon Hobby | k.A. | www.horizonhobby.de

Horizon Hobby | k.A. | www.horizonhobby.de

Die Spektrum-Empfänger AR9110 und AR12110 sind in einer PowerSafe-Variante mit eingebauter Akku-Weiche erhältlich. Es handelt sich um Neunbeziehungweise Zwölfkanal-Receiver.



Akkuweiche 2,5 Ampere robbe | 42,60 Euro | www.robbe.de

Akkuweiche, die den Anschluss zweier Empfängerakkus ermöglicht. Die Betriebsspannung liegt bei zweimal 6 Volt, ausgelegt auf 5s-NiXX-Akkus. Über ein separat erhältliches Ladekabel können beide Akkus von außen und unabhängig voneinander geladen werden.



VS-5/7 Duo 1 Helitron | ab 109,50 Euro | www.moraw-electronic.de/helitron/

Akkuweiche mit FET-Sicherheitsschalter. Inklusive doppeltem Spannungsregler mit zwei unabhängigen Ausgangsspannungen. Eine Servokabel-Weiche ist integriert. Auch als VS-7 erhältlich, mit Ausgangsspannungen von 7 bis 9 Volt und Versorgung über einen 3s-LiPo.

Power Management System „mini“ Engel Modellbau | 84,95 Euro | www.engel-modellbau.eu

Engel Modellbau | 84,95 Euro | www.engel-modellbau.eu

Akkuweiche mit den Maßen von 70 × 22 × 9 mm und einem Gewicht von 37 Gramm. Die Ausgangsspannung wird auf 6 Volt geregelt. LED zeigen den Zustand des Akkus an. Außerdem ist ein elektronischer Schalter integriert, der einen sicheren An-Zustand der Empfangsanlage garantiert.



Power Management System Acro Engel Modellbau | 84,- Euro | www.engel-modellbau.eu

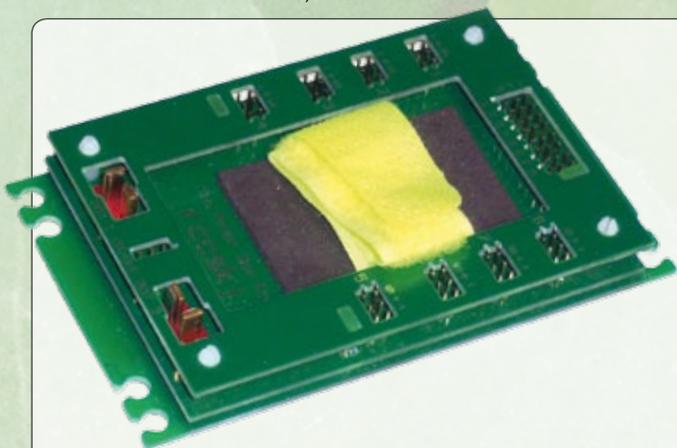
Engel Modellbau | 84,- Euro | www.engel-modellbau.eu

Unregelte Akkuweiche für ein oder zwei Hochvolt-taugliche Empfänger. Arbeitet mit Mosfet-Technologie. Ein direkter Anschluss an Telemetriesysteme ist möglich. Ausgelegt für Graupner HoTT, arbeitet aber auch mit anderen Fernsteuersystemen zusammen. Maße: 50 × 38 × 14 Millimeter. Gewicht: 27 Gramm.



Eco-Powerboard

CMD-Modelltechnik | ab 79,90 Euro | www.cmd-modelltechnik.de



Speziell für Elektromodelle bietet CMD-Modelltechnik eine gesonderte Powerboard-Version an. Eine Akkuweiche ist integriert. Auch ansonsten deckt sich das Powerboard im Funktionsumfang mit dem Modell für Benziner. Die Empfängerstromversorgung erfolgt über einen vier- bis fünfzelligem NiXX-Akku oder wahlweise mit LiPos.

Power Management System Magic

Engel Modellbau | 299,- Euro | www.engel-modellbau.eu



Das Power Management System Magic ist für zwei S-Bus-Empfänger ausgelegt. Es können 24 S-Bus-Servos oder 18 PWM-Servos angeschlossen werden. Für NiXX- und gängige LiXX-Akkus. Maße: 120 × 65 × 19 Millimeter bei einem Gewicht von 135 Gramm.

Anzeige



JETZT NEU!

Warum kann ein Flugzeug überhaupt fliegen und welche Kräfte wirken auf ein Fluggerät am Himmel? Diese und andere Fragen beantwortet Tobias Pfaff in diesen Workbooks mit anschaulichen Illustrationen und informativen Diagrammen.

Handliches A5-Format, 68 Seiten
je nur 8,50 Euro
zuzüglich 2,50 Euro Versand

Im Internet unter www.alles-rund-ums-hobby.de
oder telefonisch unter 040 / 42 91 77-110

Spektrum AR 9210 Receiver

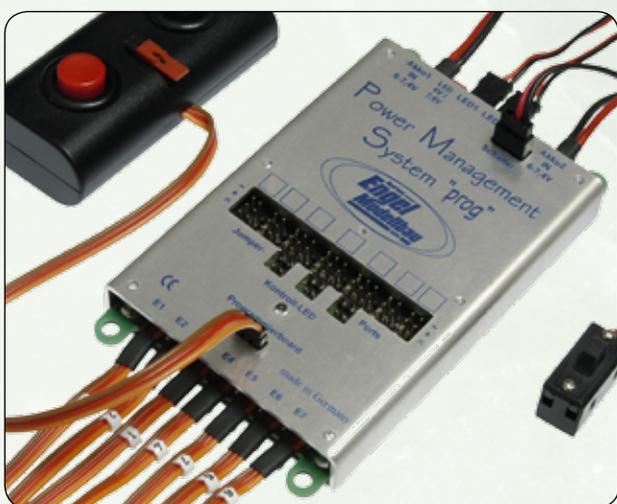
PowerBox Systems/Horizon Hobby | im Fachhandel erfragen | www.horizonhobby.de

Der Spektrum AR 9210 PowerSafe Evolution Receiver ist eine maßgeschneiderte Empfangs- und Stromversorgungsanlage für einen Spektrum AR 9210-Neunkanal-Empfänger. Eine Akkuweiche für gängige LiXX- und NiXX-Stromspeicher ist integriert. Für alle neun Kanäle und zwölf Servos wird eine Impulsverstärkung zur Verfügung gestellt. Für die Akku-Überwachung steht eine Anzeige von drei LED zur Verfügung. Die Anlage hat die Abmessung $99 \times 62 \times 20$ Millimeter und wiegt 85 Gramm.



Power Management System prog

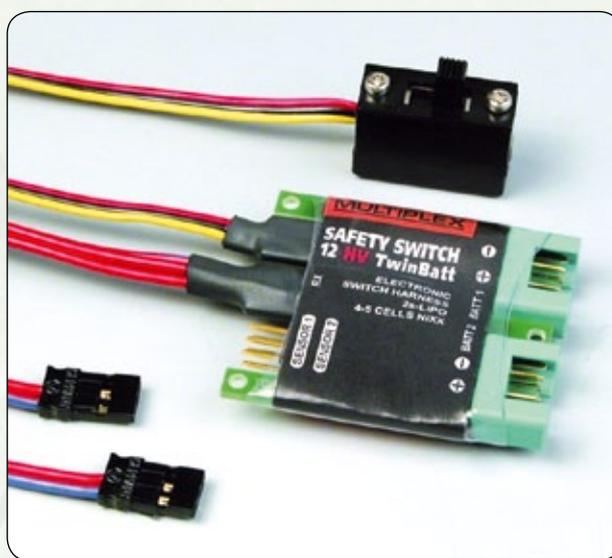
Engel Modellbau | 279,- Euro | www.engel-modellbau.eu



Stromversorgungssystem für bis zu 17 Servos über sieben Kanäle (4×2 und 3×3). Die Ausgangsspannung pro Kanal beträgt wahlweise 6 und 7,4 Volt, die Empfängerspannung liegt bei 4,8 Volt. Die integrierte Weiche ist kompatibel zu den gängigen LiXX- und NiXX-Akkus. Das Power Management System prog verfügt über eine Impulsverstärkung und eine HF-Entstörung.

Multiplex Safety-Switch

Multiplex | 62,90 Euro | www.multiplex-rc.de



Hochvolt-Schalterkabel mit der Länge von 200 Millimeter mit integrierter Akkuweiche für LiXX- oder NiXX-Stromspeicher zur Empfängerstromversorgung. Vibrationsfest konstruiert. Maße: $50 \times 40 \times 10$ Millimeter bei einem Gewicht von 35 Gramm.

PowerBox Professional

PowerBox Systems | 269,- Euro | www.powerbox-systems.com

Die Professional unterstützt acht Kanäle – davon vier Matchkanäle für je zwei Servos – und bietet Anschlussmöglichkeiten für bis zu zwölf Servos. Alle elektronischen Komponenten sind doppelt ausgeführt. Die integrierte Weiche unterstützt LiXX- und NiXX-Akkus. Für Telemetriedaten steht ein Rückkanal zur Verfügung, der mit den M-Link- sowie die Spektrum DSM2- und DSMX-Systemen kompatibel ist. Die Servospannung liegt bei wahlweise bei 5,9 oder 7,4 Volt.



Battery-Switch

robbe | 25,50 Euro | www.robbe.de

Der Battery-Switch ist ein Sicherheitsumschalter. Ist der erste Akku leer, schaltet die Weiche automatisch auf den Reserveakku um. Angeschlossen werden können vier- bis fünfzellige-NiXX-Stromspeicher. Die Abmessung beträgt $52,5 \times 21 \times 13$ Millimeter bei 18 Gramm Gewicht.



WIR TRAGEN VERANTWORTUNG

UMWELT- UND NATURSCHUTZ IM DMFV



**DEUTSCHER
MODELLFLIEGER
VERBAND**

- QUALIFIZIERUNG DES EHRENAMTS**
- ZERTIFIZIERUNG MIT DEM SPORT-AUDIT LUFTSPORT**
- QUALITÄTSSICHERUNG FÜR MODELLFLUGVEREINE**
- RECHTSSICHERHEIT FÜR VORSTÄNDE UND VERANTWORTLICHE**
- DIALOGBEREITSCHAFT MIT BEHÖRDEN UND UMWELTSCHUTZORGANISATIONEN**

Jetzt Mitglied werden!

Einfach Coupon ausschneiden oder kopieren, ausfüllen und abschicken an:

DMFV e.V.
Rochusstraße 104-106
53123 Bonn
Telefon: 0228/978 50-0
Telefax: 0228/978 50-85
E-Mail: info@dmfv.de

Ich möchte Mitglied im DMFV werden, bitte senden Sie mir unverbindlich Informationsmaterial.

www.dmfv.aero
www.sportaudit.dmfv.aero

Vorname, Name		Geburtsdatum		Telefon	
Straße, Haus-Nr.		E-Mail			
Postleitzahl		Wohnort			
Land		Datum, Unterschrift			

Die Daten werden ausschließlich verbandsintern und zu Ihrer Information verwendet. Es erfolgt keine Weitergabe an Dritte.

MEHR WISSEN, besser fliegen

e-Facts

Fliegen mit Elektromotor ist einfach wie nie. Trotz allem gilt: **GEFÄHRLICHES HALB-WISSEN BESEITIGEN** und mit **MISSVERSTÄNDNISSEN AUFRÄUMEN**. Wenn man sich an die **FAKTEN** hält, steht dem **ENTSPANNTEN FLUG** nichts mehr im Wege.

Was bedeuten die Spannungsdifferenzen zwischen den einzelnen LiPo-Zellen?

Moderne Ladegeräte sorgen über den Balancer-Anschluss dafür, dass sich die Spannung einzelner Zellen angleicht und diese so nicht überladen werden. Es sind im Wesentlichen drei Gründe, warum die einzelnen Zellen einer Batterie unterschiedliche Spannung haben können:

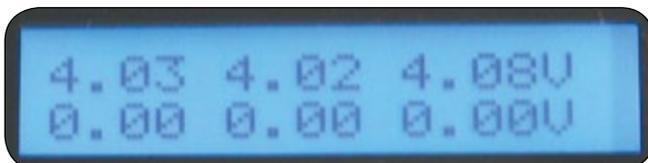
1. Eine gewisse Kapazitätsstreuung ist normal, obwohl herstellerseitig (angeblich) nur Zellen gleicher Kapazität zu einem Batteriepack verlötet werden. Deshalb muss der Balancer verhindern, dass kapazitätsarme Zellen früher voll sind. Daher wird ihr Ladestrom in der Endphase vom Balancer „geschluckt“. Da dies üblicherweise mit maximal 300 Milliampere (mA) geschieht, wird der Ladestrom in dieser Phase entsprechend reduziert. Am Schluss der Ladung sollten alle Zellen bei 4,20 Volt (V) liegen.
2. Unterschiedliche Innenwiderstände (R_i) in den Zellen führen unter dem Einfluss des Ladestroms zu unterschiedlichen Zellenspannungen. Diese Differenzen sind in der Hauptladephase, solange ein hoher Ladestrom fließt, gut erkennbar, nivellieren sich aber am Schluss wegen der Ladestromreduzierung. Zellen mit signifikant höherem R_i erkennt man an einer höheren Ladespannung, die in Ruhe gemessen völlig unauffällig bleibt und bei Belastung einbricht. Solche Zellen sind gefährdet. Sie erwärmen sich stärker und altern schneller.
3. Zellen mit erhöhter Selbstentladung haben nach längerer Liegezeit (mehrere Wochen) immer eine niedrigere Spannung. Sie gleicht sich erst nach längerem Balancieren aus. Solche Batterien erkennt man daran, dass einzelne Zellen immer wieder „zurückhängen“.



LiPo-Akkus wollen gepflegt werden. Dazu gehört auch das richtige Balancieren

Auffälligkeiten nach Punkt 1 lassen sich ausgleichen, indem man bei der ersten Ladung (Neuzustand oder nach langer Pause) mit geringem Ladestrom lädt (0,5). Danach ist die Spannungslage „eben“ und gegen schnelleres Laden nichts mehr einzuwenden. Um kapazitätsarme Zellen nicht durch Tiefentladung zu gefährden, empfiehlt es sich, nicht tiefer als 15 Prozent zu entladen. Ansonsten ist die Sache nicht weiter beunruhigend. Zellen nach Punkt 2 und 3 hingegen sollte man im Auge behalten und sofort entsorgen, wenn sie sich aufblähen oder stärker erwärmen.

Auf gar keinen Fall darf man LiPo-Batterien im Ruhezustand balancieren, weil dies die beim Laden gewonnene Balance sofort wieder durcheinanderbringt. Auch bei Teilladungen (Storage Mode) ist der Balancer überflüssig.



Balancing macht eigentlich nur in der Endphase der Ladung Sinn

Die neuen Stars für Ihren Antrieb



|||| PYRO 850 ||||

Der Motor der Spitzenklasse

- 4 kW Dauerleistung
 - Extra große Kugellager
 - 230 U/Min/V
 - Optimal für 2 m Motormodelle und F3A* Anwendungen
- (*Sonderwelle inkl. Propellermitnehmer)

||| KOSMICK |||

Die neue Regler-Referenz

- 160 A & 200 A Dauerstrom
- 20/30 A BEC (kurzzeitig)
- 8 V BEC
- Bis 14 S anschließbar

Was macht eigentlich...

... Elektroflug-Weltmeister Jean-Pierre Schiltknecht?

Mit halben Sachen gibt sich Jean-Pierre Schiltknecht nicht gerne ab. Er liebt die Herausforderung, den Wettbewerb und versucht dabei stets die Grenzen auszuloten. Sein Talent dazu muss er schon früh verspürt haben, als er sich in den 1950er-Jahren mit Freiflug befasste und es beim allerersten Wettbewerb gleich zum SCHWEIZER MEISTER brachte.

Text und Fotos: Ludwig Retzbach

Dieses Erfolgserlebnis schien sehr von Nachhaltigkeit geprägt, denn nach fast zwanzigjähriger Modellflugpause, die mit Studium und Familiengründung ausgefüllt war, zog es den jungen Diplomingenieur der Elektrotechnik 1973 wieder zum Modellflug, jetzt schon um die Möglichkeiten einer halbwegs funktionstüchtigen RC-Technik erweitert. Neben alten Freiflugmodellen, die den Staub von den Flächen geblasen und eine Fernsteuerung implantiert bekamen, faszinierten ihn vor allem Starkwindsegler, mit denen man – die Schweizer Heimat bietet reichlich Gelegenheit – im Gebirge fliegen konnte. Hier, vor steilen Abhängen und bei schwierigen Landebedingungen konnte man, so Schiltknecht, nicht nur das Modellfliegen als solches, sondern auch die bisweilen dazu nötige Nervenstärke sowie die körperliche Fitness trainieren.

Es sollte wohl sein, dass er auch mit dem damals noch jungen Elektroflug in Berührung kam. In einer Zeit, als die Fachwelt bei dem Wort Lithium eher an psychotherapeutische Behandlungsmethoden denn an Stromspeicher dachte, erkannte Schiltknecht sehr rasch, dass zwischen der damaligen Flugpraxis und dem physikalisch Möglichen ein himmelweiter Unterschied bestand. Das Ziel war wieder einmal klar: Da musste die Luft raus, was zum einen extremen Leichtbau bedeutete, es aber auch notwendig machte, alle Antriebskomponenten zu optimieren und diese mit Schweizer Präzision untereinander und exakt auf das Modell abzustimmen. Experimentiert wurde



Bürstenmotoren waren noch ein weites Experimentierfeld



Es geht noch leichter. Dieses Mountainbike mit Elektrounterstützung liegt schon unter 10 Kilogramm

mit den damals verfügbaren Sanyo Cut-off Nickel-Cadmium-Zellen, gekauften und selbst gebauten Bürstenmotoren und Getrieben mit wechselnden Getriebeuntersetzungen. Die „Schilti“-Modelle fielen bald dadurch auf, dass sie weniger und kleinere Zellen an Bord hatten und dennoch besser stiegen und länger flogen.

Als 1986 im belgischen Lommel die erste Elektroflug-Weltmeisterschaft ausgetragen wurde, waren die Experimente bereits so weit gediehen, dass es in den damaligen Disziplinen „7-Zellen-Segler“ und „30-Minuten-Segler“ auf Anhieb zum 1. Platz reichte. In den folgenden Jahren räumte der bei Zürich lebende Schiltknecht noch in drei weiteren Elektroflug-Weltmeisterschaften (1988 St. Louis in den USA, 1990 Freistadt in Österreich und 1992 Arnheim in den Niederlanden) insgesamt vier erste Preise ab, zuletzt in der Kategorie „Elektro-Großsegler“, die er bis heute persönlich favorisiert.

Als 1991 der Solarflug noch im Fokus modellsportlichen Interesses stand, schaffte es der zu äußerster Perfektion neigende

Tüftler aus der Nordschweiz mit einem Solar-Dauerflugrekord von 10 Stunden, 43 Minuten und 51 Sekunden erstmalig ins Guinness-Buch der Rekorde. Es sollte nicht das letzte Mal sein!

Das Leben besteht aus mehreren verschiedenen Phasen, meint Jean-Pierre Schiltknecht und möchte damit andeuten, dass auch die Objekte der Faszination mal wechseln können. In der folgenden Periode sind sie mit dem Bau extrem leichter Mountainbikes nicht weniger ambitioniert. Gut, wenn man vom Modellbau kommend schon Erfahrung in der Verarbeitung von Verbundwerkstoffen gesammelt hat. 1995 nimmt die Guinness-Redaktion folgenden Eintrag auf: „Leichtestes Mountainbike mit 5.855 Gramm“. Nicht genug: Drei Jahre später folgt eine weitere Buchung: „Leichtestes Elektro-Mountainbike mit 9.740 Gramm“. Zum Vergleich: Elektrisch unterstützte, handelsübliche E-Bikes bringen heute gewöhnlich 20 bis 30 Kilogramm auf die Waage und ihren Pedalisten ganz schön ins Schwitzen, wenn dann doch mal vorzeitig der Strom ausgehen sollte. Doch die hier unterlegte Philosophie Schiltknechts ist eine völlig andere: Bei seinen Bergtouren, die den sportlichen, heute 74-Jährigen immer noch auf Höhen von über 3.000 Meter führen, möchte er sich wohl anstrengen, aber eben nicht überfordern. So dient der Elektroantrieb primär dazu, die Spitzen zu kappen, um einer Übersäuerung der Muskeln vorzubeugen. Dadurch erweitert sich der aus biologischer Sicht enger werdende Aktionsradius beträchtlich. Man sieht, Elektro-Fahrradantriebe dienen nicht nur der Bequemlichkeit, sondern können auch zu Sportlichkeit verhelfen.

„Das Leben besteht aus mehreren verschiedenen Phasen, meint Jean-Pierre Schiltknecht und möchte damit andeuten, dass auch die Objekte der Faszination mal wechseln können.“



Zur Person

Jean-Pierre Schiltknecht erblickt 1938 in der Schweiz das Licht der Welt und entdeckt bereits im Kindesalter seine Leidenschaft für den Modellflug. Er gehört zu den Pionieren des Elektro-Modellflugs und setzt früh erste Ausrufezeichen. Er gewinnt vier Mal eine Elektroflug-Weltmeisterschaft und begleitet die Frühphase des Solar-Modellflugs. Mehrere Einträge ins Guinness-Buch der Rekorde kennzeichnen seine von Erfolg gekrönte Experimentierlaune.



Jean-Pierre Schiltknecht mit einem seiner typischen Wettbewerbsmodelle

Elektroflug Ludwig Retzbach's Magazin

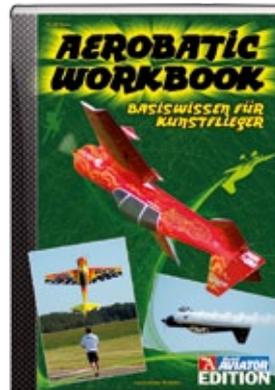
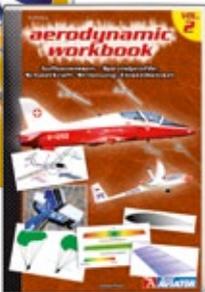
Mehr Informationen, mehr Bücher im Online-Buch-Shop unter www.alles-rund-ums-hobby.de



**Aerodynamic Workbook
Volume I und II**
Tobias Pfaff

Warum kann ein Flugzeug überhaupt fliegen und welche Kräfte wirken auf ein Fluggerät am Himmel? Diese und andere Fragen beantwortet Tobias Pfaff in diesen Workbooks mit anschaulichen Illustrationen und informativen Diagrammen.

68 Seiten, Format A5
Aerodynamic-Workbook Volume I:
Artikel-Nr. 12683
Aerodynamic-Workbook Volume II:
Artikel-Nr. 12684
je € 8,50



Aerobatic Workbook
Lothar Schäfer

Detaillierte Beschreibungen zahlreicher Kunstflugfiguren inklusive der Knüppelstellungen am Sender machen das Aerobatic-Workbook zu einem unverzichtbaren Begleiter für Einsteiger und für alle, die ihre Kunstflugfähigkeiten erweitern wollen.

68 Seiten, Format A5
Artikel-Nr. 11428
€ 8,50

Leseprobe unter:
www.aerobatic-workbook.de



Jagdflugzeuge 1914 - 1918

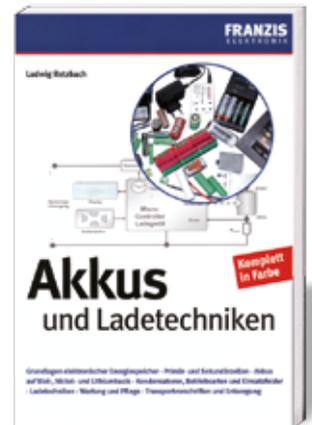
Faszinierende Maschinen einer unruhigen Epoche, in der jedoch die Luftfahrttechnik zehn Jahre nach dem ersten Motorflug der Gebrüder Wright einen großen Entwicklungsschub erlebte, werden aufwändig und prächtig in diesem Bildband präsentiert. Zahlreiche Muster sind großflächig abgebildet und damit eine wahre Freude für jeden Modellbauer.

Artikel-Nr. 12816
€ 19,95

Akkus und Ladetechniken
Ludwig Retzbach

Unser Alltag ist ohne die Energie aus Akkus nicht mehr vorstellbar. Ihre Bedeutung wächst rasant. Schon heute bewegen sich Zweiräder und Autos abgasfrei mit Energie aus Batterien. Doch wer kennt die Möglichkeiten und Grenzen dieser zeitgemäßen Energiespeicher? Das Buch gibt Antworten auf diese und andere Fragen.

Artikel-Nr. 11373
€ 29,95



Michał Ślip
**DMFV Wissen Hangflug –
Grundlagen, Technik und Flugpraxis für
Hangflieger**
68 Seiten, Format A5
Artikel-Nr.: 11570, € 12,00

Dipl.-Ing. Ludwig Retzbach
**DMFV-Wissen Lithium
Lithium-Akkus in Theorie und Praxis**
68 Seiten, Format A5
Artikel-Nr. 11633, € 12,00

Dipl.-Ing. Ludwig Retzbach
**DMFV Wissen –
Brushless-Antriebe**
68 Seiten, Format A5
Artikel-Nr. 12682, € 12,00



Dipl.-Ing. Ludwig Retzbach
**DMFV-Lade-Fibel –
Grundlagen rundum das Thema Ladetechnik**
68 Seiten, Format A5
Artikel-Nr. 11392, € 12,00

Dipl.-Ing. Ludwig Retzbach
**LiPo-Fibel – Aufbau, Funktion und
Anwendungsgebiete von Lithium-Akkus**
68 Seiten, Format A5
Artikel-Nr. 10715, € 12,00

Walter Neyses
**Koaxial-Heli-Fibel – Grundlagen,
Technik und Flugpraxis**
68 Seiten, Format A5
Artikel-Nr. 11349, € 12,00



**RC-Helikopter richtig fliegen –
Schritt für Schritt zum Flugerfolg**
Dieter Schulz

Dieses Buch vermittelt Ihnen alles Wissenswerte rund ums Thema Hubschrauber-Modellflug, liefert wertvolle Tipps und führt Sie Schritt für Schritt zum Flugerfolg.

128 Seiten
Artikel-Nr. 11602
€ 19,95



RC-Helikopter richtig fliegen
DVD

Das Modell zu starten, in der Luft zu halten und sicher zu landen, erfordert viel Übung. Diese DVD zeigt Ihnen in 16 aufeinander aufbauenden Übungen, wie Sie zu einem erfolgreichen und sicheren Modellhelikopter-Piloten werden.

Laufzeit 60 min
Artikel-Nr. 12579
€ 24,95

Shop

**KEINE
VERSANDKOSTEN**
ab einem Bestellwert
von 25,- Euro



RC-Flugmodelle richtig fliegen

Schritt für Schritt werden Sie erfolgreich in die faszinierende Materie des Modellfliegens geleitet und können sich bald erfolgreich an die ersten Flugmanöver machen. Dieses Buch erklärt Ihnen dazu die notwendige Theorie von Aerodynamik und Elektronik. Inklusive DVD: RC-Flugmodelle richtig montieren, steuern und fliegen.

122 Seiten
Artikel-Nr. 11609
€ 19,95

RC-Flugmodelle richtig fliegen DVD

In 15 aufeinander aufbauenden Übungen zeigt Ihnen diese DVD, wie Sie zu einem erfolgreichen und sicheren Flugmodellpiloten werden. Außerdem führt die Flugschule Sie in die Geheimnisse der Fernsteuerung ein und zeigt Ihnen als besonderes Highlight, wie Sie selbst Kameraflüge absolvieren können.

Laufzeit 60 min
Artikel-Nr. 12578
€ 24,95



DVD RC-Helikopter richtig einstellen und tunen

Die in dieser DVD beschriebenen Tuningmaßnahmen zeigen nicht nur, wie man seinen neuen RC-Hubschrauber von Beginn an auf Vordermann bringt, sondern auch wie man ältere Modelle verbessert.

Artikel-Nr. 12622
€ 19,95

RC-Helikopter richtig einstellen und tunen

Schritt für Schritt zeigt dieses Buch, wie man ein Modell mit wenigen Handgriffen verbessert und worauf besonders zu achten ist. Dies sowohl bei Elektro-Hubschraubern als auch bei Modellen mit Verbrennungsmotoren.

Artikel-Nr. 12631
€ 19,95



alles-rund-ums-hobby.de
www.alles-rund-ums-hobby.de

**Ihren Bestell-Coupon
finden Sie auf Seite 49**

Bestell-Fax: 040/42 91 77-120
E-Mail: service@alles-rund-ums-hobby.de

Beachten Sie bitte, dass Versandkosten nach Gewicht berechnet werden. Diese betragen maximal 5,- Euro innerhalb Deutschlands. Auslandspreise gerne auf Anfrage.



IMPRESSUM

Elektroflug

Ludwig Retzbachs
Magazin

Herausgeber
Ludwig Retzbach

Redaktion

Hans-Henny-Jahnn-Weg 51
22085 Hamburg
Telefon: 040 / 42 91 77-300
Telefax: 040 / 42 91 77-399
redaktion@elektroflug-magazin.de
www.elektroflug-magazin.de

Gesamtherstellung
Wellhausen & Marquardt
Mediengesellschaft bR
Tom Wellhausen

**Für diese Ausgabe recherchiert,
testeten, bauten, schrieben
und produzierten:**

Leitung Redaktion/Grafik
Jan Schönberg

Chefredakteur
Mario Bicher
(verantwortlich)

Redaktion
Mario Bicher,
Thomas Delecat,
Markus Glökler,
Gerd Giese,
Tobias Meints,
Ludwig Retzbach,
Jan Schnare,
Dr. Michal Šíp,
Georg Stäbe,
Karl-Robert Zahn,
Raimund Zimmermann

Redaktionsassistentz
Dana Baum

Autoren, Fotografen & Zeichner
Hermann Aich
Christian Iglhaut
Bernd Neumayr
Dr. Klaus Proetel
Dr. Arnim Selinka

Grafik
Bianca Kunze
Jannis Fuhrmann,
Martina Gnaß,
Tim Herzberg,
grafik@wm-medien.de

Verlag
Wellhausen & Marquardt
Mediengesellschaft bR
Hans-Henny-Jahnn-Weg 51
22085 Hamburg
Telefon: 040 / 42 91 77-0
Telefax: 040 / 42 91 77-199
post@wm-medien.de
www.wm-medien.de

Bankverbindung
Hamburger Sparkasse
BLZ: 200 505 50
Konto-Nr.: 1011219068

Geschäftsführer
Sebastian Marquardt
post@wm-medien.de

Verlagsleitung
Christoph Bremer

Anzeigen

Sebastian Marquardt (Leitg.),
André Fobian
anzeigen@wm-medien.de

Ab- und Kundenservice
Leserservice Elektroflug Magazin
65341 Eltville
Telefon: 040 / 42 91 77-110
Telefax: 040 / 42 91 77-120
E-Mail: service@elektroflug-magazin.de

Druck

Grafisches Centrum Cuno
Gewerberg West 27
39240 Calbe
Telefon: 03 92 91 / 428-0
Telefax: 03 92 91 / 428-28

GEDRUCKT AUF CHLORFREI
GEBLEICHTEM PAPIER.
Printed in Germany.

Copyright

Nachdruck, Reproduktion oder
sonstige Verwertung, auch auszugs-
weise, nur mit ausdrücklicher
Genehmigung des Verlages.

Haftung

Sämtliche Angaben wie
Daten, Preise, Namen,
Termine usw. ohne Gewähr.

Bezug

Ludwig Retzbachs
Elektroflug Magazin
erscheint zweimal im Jahr.

Einzelpreis

Deutschland: € 14,80
Österreich: € 16,30
Schweiz: sFr 22,90
Belgien: € 17,00
Luxemburg: € 17,00

Bezug über den Fach-,
Zeitschriften- und
Bahnhofsbuchhandel.
Direktbezug über den Verlag

Grosso-Vertrieb

VU Verlagsunion KG
Postfach 5707
65047 Wiesbaden
Telefon: 061 23 / 620 - 0
E-Mail: info@verlagsunion.de
Internet: www.verlagsunion.de

Für unverlangt eingesandte
Beiträge kann keine Verantwortung
übernommen werden. Mit der
Übergabe von Manuskripten,
Abbildungen, Dateien an den Verlag
versichert der Verfasser, dass es sich
um Erstveröffentlichungen handelt
und keine weiteren Nutzungsrechte
daran geltend gemacht werden
können.

wellhausen
& marquardt
Mediengesellschaft

Text: Ludwig Retzbach

Fotos: Edmund Isele, Frank Siegert, Ludwig Retzbach

Plan B

Kompromissloses Elektro-Schleppmodell

Es gibt schöne Modelle, die sich auch als ELEKTROSCHLEPPER eignen. Spontan denkt man dabei an *Vorbilder wie Husky, Maule, Pilatus Porter, Piper Cub oder Wilga*. Doch wer auf Vorbildtreue verzichtet, kann bei FUNKTIONALITÄT UND GEWICHT Pluspunkte verbuchen. Und das mit der Schönheit war bekanntlich immer schon *Geschmacksache. Ein Extremversuch!*

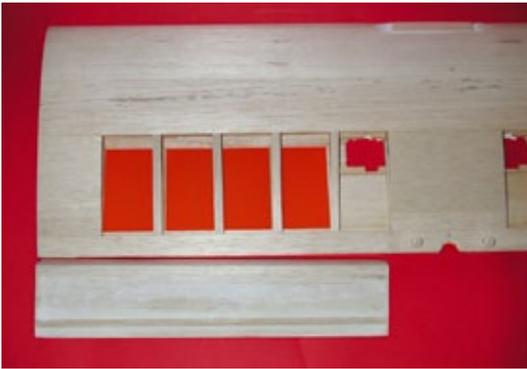




Der Graupner Kadett 2400 galt dem Autor bislang als diesbezüglicher Idealfall. Er ist leicht und zweckmäßig konstruiert, und bei bedachtsamer sowie nicht unbedingt nur kostenorientierter Komponentenwahl auch bei 10s-Antrieb noch unter 5 Kilo zu halten. Über die Festigkeitseigenschaften dieses Fertigmodells wird zuweilen recht kontrovers diskutiert. Mit einigen sinnvollen Modifikationen im Fahrwerks- und Flächenbefestigungsbereich ist dieses Thema aber fast schon gegessen. Basierend auf den Erfahrungen mit dem nostalgisch angehauchten Kadett reizte es den Autor, selbst mal einen Elektro-Schlepper zu konstruieren, der allein dem Zweck dienen sollte, mit möglichst wenig Energie möglichst große/schwere Segler möglichst oft auf möglichst große Ausklinkhöhe zu befördern. Die Form sollte sich dabei der Funktionalität bedingungslos unterordnen dürfen (form follows funktion).

Sehr weit oben auf der Wunschliste standen auch Ansprüche an die leichte Beherrschbarkeit im Schleppbetrieb: Nicht zu klein und in großen Höhen noch gut sichtbar sollte er sein und sich von „unmanierlich“ am Schleppseil herumtorenden Seglern möglichst wenig vom rechten Weg abbringen lassen. Und natürlich musste er trotz der stattlichen Abmessungen von 2.440 Millimeter (mm) Spannweite und 190 mm Rumpflänge gut transportabel, auf dem Flugfeld

„Sehr weit oben auf der Wunschliste standen auch Ansprüche an die leichte Beherrschbarkeit im Schleppbetrieb.“



Weitgehend konventioneller Aufbau des Flächen-Mittelteils. Die Klappen sind mit außenliegenden Scharnieren unten angeschlagen

leicht aufrüstbar sein und – ganz wichtig – mit einer leicht kapazitätsreduzierten Akkubestückung die gesetzlich auf vielen Plätzen vorgegebene 5-Kilo-Grenze einhalten können – auch noch in der 12s-Version.

Flächengeometrie

Zuerst wurde Dr. Helmut Quabeck gebeten, ein Profil zu empfehlen, das auch bei den hohen Anstellwinkeln, wie sie sich bei Schleppmaschinen zeitweise ungewollt ergeben, noch günstige Widerstandsbeiwerte aufweist. Um auch schnelle Segler nicht am durchhängenden Seil verhungern zu lassen, war ein breiter Geschwindigkeitsbereich gewünscht. Empfohlen wurde die Serie HQ/ACRO-2/13, HQACRO-2,25/13 oder HQ/ACRO-2,5/13, von denen schließlich das letzte (mit Wölbung 2,5) gewählt wurde. Vorwiegend aus Transportgründen wurde die Tragfläche dreiteilig ausgeführt. Dann kann das Innenteil, dessen Spannweite von 980 mm durch die Durchladebreite des amtierenden Kombis bestimmt wird, während der Fahrt auf dem Rumpf verbleiben. Dies erleichtert nicht nur die dröge Stöpselerei während der Montage, sondern spart auch letztlich Gewicht, weil am Übergang von Innenfläche zu den beiden je noch 720 mm spannenden Außenflügeln nur noch geringe Kräfte übertragen werden müssen. In diesem Fall haben sich einfache 9-mm-Rundstäbe aus GFK von aero-naut als stabil genug erwiesen.

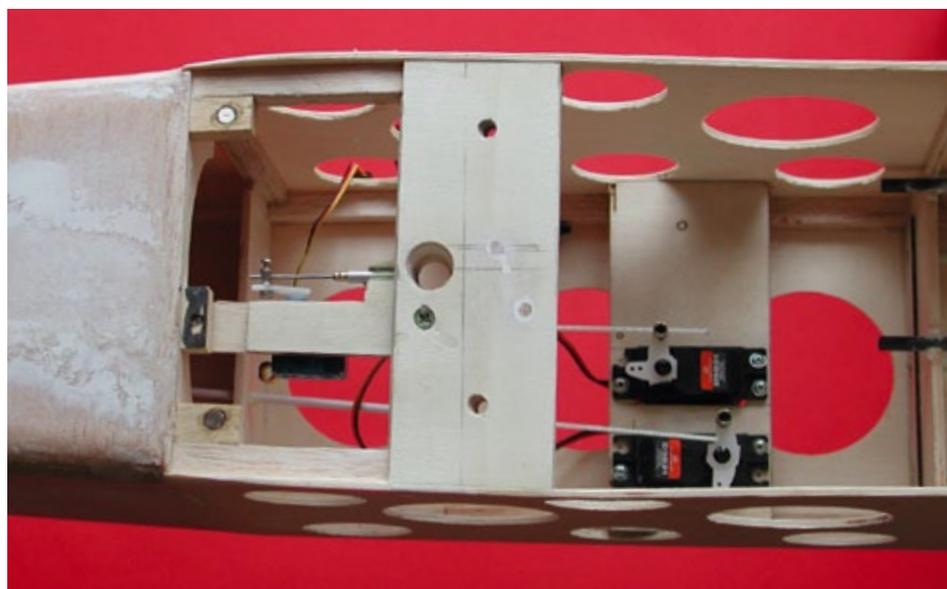


Die solide ausgeführten Vorderrumpfspanten



Durch die Trapezform der Außenflügel ergibt sich gegenüber dem bei derartigen Modellen sonst üblichen Rechteckflügel eine verbesserte Auftriebsverteilung. Mit dieser Geometrie liegen dann auch schon die maximale Länge von Querrudern und Landeklappen fest. Die Querruder nutzen diese Möglichkeiten dann aber nicht voll aus; mit einem Schlepper muss man schließlich keine gerissenen Rollen fliegen können. Demzufolge genügen hier auch kleine Servos (HS 82 MG). Die außen angelenkten Landeklappen hingegen erstrecken sich über die gesamte Distanz zwischen Rumpf und Außenflügel. Die Klappen können bis zu 75 Grad nach unten ausschlagen. Etwas weniger, dies sollte die spätere Erfahrung zeigen, reicht auch. Gleichwohl müssen hier Servos arbeiten, welche die auftretenden Kräfte aushalten (HS 225 BB). Die Flächenteilung hat sich in der Flugpraxis auch deshalb als sehr servicefreundlich erwiesen, da beim Aufbau lediglich die Querruderkabel gesteckt werden müssen. Gesichert werden die Außenflächen lediglich durch Abkleben der Schlitze mit Klebefilm, womit dann auch ein Druckausgleich zwischen Ober- und Unterseite wirksam unterbunden wäre.

Der Flächenaufbau ist konventionell in Rippenbauweise mit 8 x 2-mm-Kiefernholmen ausgeführt. Sie sind grundsätzlich mit Balsaholz (Faserrichtung senkrecht) verkastet. Im Bereich der Flächensteckung sorgt eine Holmverkastung



Außenfläche mit Querruder; teilweise bebügel

Bezugsadressen

Reisenauer Präzisionsantriebe
Hochfellstraße 68
83346 Bergen/Chiemgau
Telefon: 086 62/40 95 16
Fax: 086 62/40 95 17
E-Mail: Nachricht@reisenauer.de
Internet: www.reisenauer.de

Plettenberg Elektromotoren
Rostocker Straße 30
34225 Baunatal
Telefon: 056 01/979 60
Fax: 056 01/97 96 11
E-Mail: info@plettenberg-motoren.com
Internet: www.plettenberg-motoren.com

Kontronik
Etwiesenstraße 35/1
72108
Rottenburg-Hailfingen
Telefon: 074 57/943 50
Fax: 074 57/94 35 90
E-Mail: info@kontronik.com
Internet: www.kontronik.com

Platzierung von Schleppkupplung sowie Höhen- und Seitenruderservos

aus Birkensperrholz für etwas mehr Sicherheit. Die Flächennase ist beidseitig mit 2-mm-Balsaholz beplankt (D-Box), im rückwärtigen Sektor genügen Rippenaufleimer. Im Rumpfbereich sowie an den Übergangsfeldern von Innen- zu Außenflügel wird die Beplankung bis zur Endleiste durchgezogen. Auch die Querruder- und Landeklappen sind jeweils voll beplankt. Da sich der Außenflügel trapezförmig verjüngt, ergibt sich bei gerade durchlaufender Flächenoberseite durch die außen ansteigende Unterseite eine ganz leichte V-Form.

Mal anders

Nach diesem noch weitgehend konventionellen Flächenaufbau waren nun einige furchtlose Entscheidungen gefragt. Sie hängen mit den speziellen Anforderungen beim Schleppbetrieb zusammen, die dann auch mal gerne zur Herausforderung werden können, wenn beispielsweise versucht wird, Segler hoch zu ziehen, die an Größe und Gewicht den Schlepper bei Weitem übertreffen. Um sicher zu stellen, dass hier nicht der viel zitierte Schwanz mit dem Hund



wackelt, muss die Schleppleine an einer möglichst schwerpunktnahen Stelle angreifen. Dabei denkt man zumeist nur an die in Längsrichtung gemessene Schwerpunktlage. Hier, so hat sich herausgestellt, ist ein gewisser Ausrichtungseffekt, den der Schlepper durch den Zug der Leine erfährt, gar nicht mal so unerwünscht. Anders gesagt: Eine um Handbreite hinter dem Schwerpunkt angebrachte Schleppkupplung erreicht, dass der Schlepper schon am Boden etwas besser geradeaus läuft. Auch in der Luft wirkt ein geringes Geraderichtmoment um die Hochachse eher stabilisierend auf das Gespann.

Das aufwändig gebaute Höhenleitwerk



„Häufig übersehen wird aber, dass auch die Lage des Massenschwerpunktes in Richtung der Hochachse eine Rolle spielt.“

Die Landeklappen mit ihren außenliegenden Scharnieren



Der Bereich der Fahrwerksaufhängung:
Erkennbar sind die drei 5-Millimeter-GFK-Stäbe zur Federung und weiträumigen Kraftverteilung. Die gekreuzten Kiefernstäbe stabilisieren den unten offenen Rumpfssektor. Die Carbon-Längsrohre tragen später die Akkubrettchen

Häufig übersehen wird aber, dass auch die Lage des Massenschwerpunkts in Richtung der Hochachse eine Rolle spielt. Weil nämlich der Masseschwerpunkt meist tief unten in Richtung Rumpfboden liegt, ergibt sich durch den Leinenzug ein um die Querachse wirkendes aufrichtendes Moment, das den Schlepper gerne in einen größeren Anstellwinkel, der einem effektiven Steigflug nicht mehr zuträglich ist, hineinzieht. In diesem Fall bäumen sich Schlepper gerne auf und verlieren dadurch an Geschwindigkeit. Aus diesem Grund wurde die Schleppkupplung an der niedrigstmöglichen Stelle angebracht, oben am Rumpf, unmittelbar am vorderen Ansatz der Landeklappen.

Dass ein längerer Rumpfausleger ein Flugzeug um die Hoch- und Querachse stabiler macht, ist hinreichend bekannt. Störend wirkt beim Schleppbetrieb mit schwerpunktnaher Ankopplung – wie im Modellflug gar nicht anders zu machen – aber der im Wortsinne herausragende Charakter des konventionellen Seitenleitwerks. Liegt das Schleppseil beispielsweise links davon und begibt sich der Segler zu weit nach rechts, dreht er den Schlepper unweigerlich um die Hochachse nach links, ohne dass der vorausfliegende Pilot dabei viel ändern kann. Daher begann der Gedanke aufzukeimen, den Störenfried aus der Gefechtszone zu nehmen und ihn ins Unterirdische zu verbannen. Es kostete einige Stunden des Grübelns und lange Diskussionen mit Vereinskamerad Sigg Zimmermann, dem letztlich die Aufgabe zukam, die gemeinsamen Gedankenergüsse auf seinem Rechner in eine druckfähige Konstruktionszeichnung umzusetzen.

Es wurde nämlich befürchtet, dass die Flosse in dieser Ausrichtung sehr gefährdet und zudem vielleicht aufgrund der begrenzten Höhe (besser: Tiefe) zu wenig wirksam sei.

Technische Daten:

Spannweite	2.440 mm
Gesamtlänge	1.900 mm
Abfluggewicht	4.500 bis 6.000 g
Fläche Tragflügel	88 dm ²
Fläche Höhenleitwerk	18 dm ²
Fläche Seitenleitwerk	8 dm ²
Fahrwerk	Fibrojet GFK 450 x 200 mm
Räder	100er-Moosgummi



Erfahrungswerte gab es nicht und auch Google spuckt beim Stichwort „Flugzeug mit nach unten zeigendem Seitenleitwerk“ nicht allzu viel Verwertbares aus. Auch nach unten gehende V-Leitwerke, wie bei militärischen Drohnen zu besichtigen, wurden genauso diskutiert wie etwa auch das H-Leitwerk. Nun, der Versuch mit dem umgekehrten Kreuzleitwerk mit integriertem, gefedertem Spornrad erhielt nach reiflichen Überlegungen und einigem Herumrechnen den Zuschlag. Sicher war das alles nicht, aber eben doch einen Versuch wert. No risk, no fun.

Ergebnisanalyse

Um der Wahrheit die Ehre zu geben: Das letztlich verwendete Seitenleitwerk entstammt den Überresten einer vor Jahren gestrandeten Bucker Bestmann (Leitwerke überleben immer), das außen um zwei Rippenfelder gekürzt wurde. Die Profilkordinaten sind natürlich nicht mehr zu ermitteln, was in diesem Fall aber ohne Bedeutung ist. Hauptsache symmetrisch und hinreichend dick (zirka 10 Prozent). Die Breite dieser Wurzelrippe legte dann auch die Rumpfbreite im hinten auslaufenden Teil fest und sorgt mit einer Profildicke von 40 mm für die nötige Stabilität. Das Ruder läuft in einem Hohlkehlscharnier, geführt von einer durchgehenden 3-mm-GFK-Achse. Auch das innen liegende Spornrad wird von zwei gut federnden 2-mm-GFK-Schubstangen von Simprop in Position gehalten.

Das schmucklose, rechteckige Höhenruder schließlich ist konventioneller Balsarippen-Leichtbau. Zwei Holme aus 4-mm-Kohlerohren mit 1-mm-Wandstärke liefern an dieser Stelle genug Stabilität. Dieses Teil brachte mitsamt

Beim Losrollen hebt das Heck sofort ab. Auch beim Landen bleibt es bis zuletzt in der Luft

Lese-Tipp

Einen ausführlichen Bericht über den Kadett 2400 von Graupner gibt es in Ausgabe 2/2011 von Ludwig Retzbachs *Elektroflug Magazin*. Das Heft kann im Shop unter www.alles-rund-ums-hobby.de bestellt werden.





Der Graupner-Außenläufer wird vor dem Spant eingebaut ...

...und hat es schön kühl

Ruderflosse – 18 Quadratdezimeter (dm²) – rohbaufertig nur knapp 100 Gramm (g) auf die Waage. Wegen des langen Rumpfauslegers muss an dieser Stelle wirklich auf Gewicht geachtet werden. So wurde auch von der ursprünglichen Absicht, das Seitenruderservo in die Dämpfungsflosse einzubauen (auf dem Rohbaufoto noch gut erkennbar), Abstand genommen. Beide Servos residieren nun gut zugänglich in Rumpfmittle und bedienen die jeweiligen Ruder gleichfalls über in Bowdenzugrohren geführte GFK-Schubstangen.

Charmeoffensive Kastenrumpf

Alte Hasen werden sich erinnern: In Zeiten klassischen Holzmodellbaus blieb einem gar nichts anderes übrig, als Rumpfe zuerst mal in rechteckiger Kastenform aufzubauen, um sie dann später, der optischen Gefälligkeit wegen, an den Kanten zu verrunden. Der mögliche Grad der Verrundung hing dann hauptsächlich von der Wandstärke und der Breite der Eckleisten ab. Bei Plan B wurde das nicht übertrieben – der Stabilität wegen. Eine Ausnahme bildet hier lediglich die Flugzeugnase, wo innen etwas Material zugefüttert wurde, um diesem Part wenigstens aerodynamisch günstig aussehen zu lassen („was gut aussieht, fliegt auch gut“). Der Rumpf besteht im vorderen Teil aus 3-mm-Pappelsper Holz, das anders als im Plan vorgesehen, via Lochsäge entsprechende Erleichterungsbohrungen erhielt (auch hier sollte man nicht übertreiben). Für stabile Eckverbindungen sind 10 x 10-mm-Balsagarbe zuständig. Hinter der Fläche löst eine durchgehende 3-mm-Balsabeplankung mit einem dünnen Überzug aus 45 Gramm schwerem Glasgewebe das Sperrholz ab. Die weitgehend ausgehöhlten Rumpfspanten bestehen vorwiegend aus 4-mm-Pappelsper Holz. Wo es darauf ankommt, im Flächenbereich sowie beim Motorspant, kommt stabileres Birken- oder Buchensper Holz ins Spiel.

Ein bekanntes Notstandsgebiet stellt bei vielen vorgefertigten Holzmodellen der Bereich um das Fahrwerksbrett dar. Dort wird beim Landen eine oftmals stoßartig auftretende Kraft meist viel

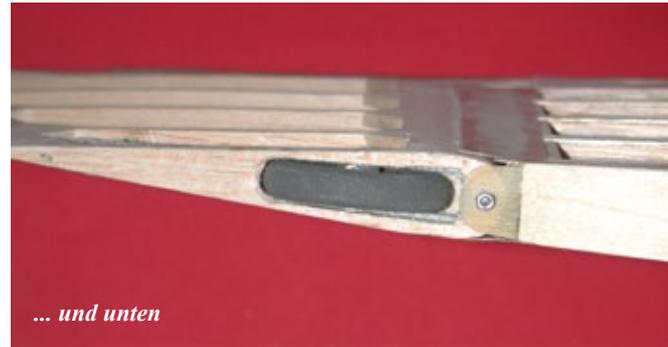
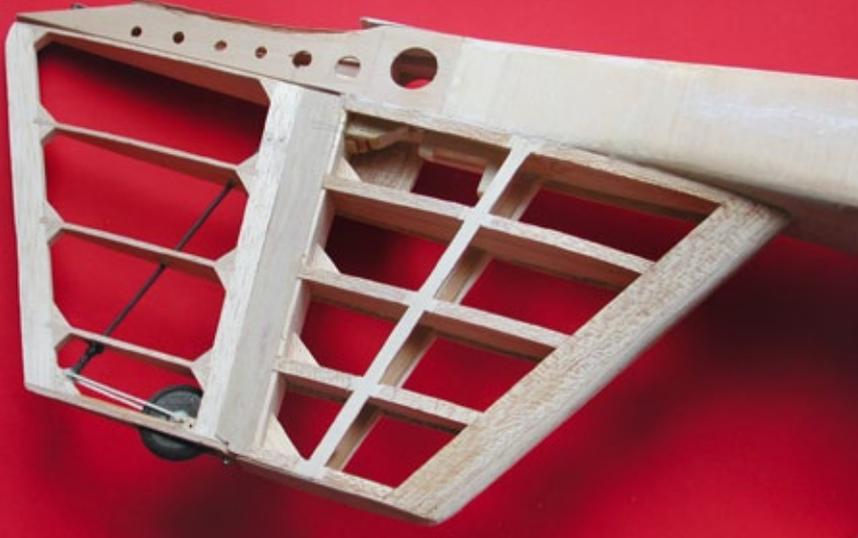


zu kleinräumig in das massebehaftete Rumpffüge eingeleitet. Viele verstärken dann – fast immer erst nach dem ersten Crash – diese Stelle mit reichlich geharzter Glasmatte. Einfacher ist es, die Kraft hier großräumig einzuleiten und gleichzeitig durch entsprechende Hebelwirkung dafür zu sorgen, dass kraftreduzierende und auch dämpfende Federwege geschaffen werden. Daher schwimmt das Fahrwerksbrett im Plan-B-Rumpfboden frei, gehalten nur von drei längs verlaufenden 5-mm-GFK-Rundstäben, die im unteren Teil des vorderen Tragflächenpant festgeklebt, hinten aber beweglich gelagert sind. Damit wirken die GFK-Stäbe nicht nur (sparsam) federnd, sondern sie setzen durch ihre Hebelwirkung auch die auf die Spanten einwirkenden Kräfte herunter (Prinzip der ein-

Der Getriebemotor wurde hier schon probeweise eingebaut



Seitenruder mit integriertem, gefedertem Spornrad von der Seite ...



... und unten

schichtigen Blattfeder). Damit bleiben dann auch eher zweitklassig zelebrierte Erdberührungen ohne nachhaltige Wirkung. Der an dieser Stelle unterbrochene Rumpfboden wird dann durch stabilisierende Diagonalstreben aus Kiefer oder Kohle unterstützt.

Antriebsschwäche beseitigt

Ein Elektroschlepper muss sich heute zwangsläufig an den Maßstäben der benzinschlürfenden Zunft messen lassen. Der dort verwendete Energieträger geht grob gerechnet mit einer etwa 50 Mal höheren Energiedichte ins Rennen. Dies gilt es bei der nachfolgenden Energieumsetzung auszugleichen oder wenigstens so weit wie möglich zu reduzieren. Der Elektromotor selbst sorgt hier schon mal mit Wirkungsgraden von 85 bis 90 Prozent für ein großes Stück Annäherung, denn die der Motorsense entlehnten Zweitakter verwerten energetisch gesehen nicht mehr als 15 bis 20 Prozent ihres öligen Tankinhalts. Nicht zu vergessen sind auch die indirekten Vorteile, die der elektrische Antrieb zusätzlich impliziert: wenig Kühlbedarf; daher bessere Aerodynamik, die Nutzungsmöglichkeit größerer Propeller und vor allem geringeres Gewicht. Der Gewichtsvorteil beschränkt sich dabei nicht nur auf den Motor als solchen, sondern darf ruhig im Konstrukt



„Die Motorauswahl ist etwas zwiespältig. Einfach, preisgünstig und weitestgehend komplikationsfrei geht es mit einem vielpoligen Außenläufer.“

Diese drei Motoren wurden erprobt. Die Ergebnisse liegen diesem Test zugrunde

des Modells seine Fortsetzung finden: leichtere Motoraufhängung, Verzicht auf unnötige Verstärkungen bis hin zu kleineren, weil nicht vibrationsbelasteten Servos, was letztlich sogar den Energiebedarf der Empfangsanlage reduziert.

Die Motorauswahl ist etwas zwiespältig. Einfach, preisgünstig und weitestgehend komplikationsfrei geht es mit einem vielpoligen Außenläufer. Soll dieser auch bei hoher Zellenzahl noch große Propeller treiben können, verlangt dies nach einer Auslegung mit hoher Windungszahl, was dann leider bei hohen Strömen die Effizienz beeinträchtigt. Oder man packt sehr viel Eisen in den Stator, was die Maschine dann wieder groß und schwer macht. Wenn das Gewichtsargument (5-Kilo-Grenze) eine mitentscheidende Rolle spielt, führt dann an einem mechanischen Reduktionsgetriebe kein Weg mehr vorbei. In diesem Fall empfehlen sich als Antriebsquelle aktuell kleine, relativ schnell drehende Außenläufermotoren, wie sie im Heli-Bereich gängig sind. Wenn sie auf Planetensätze von 4:1 bis 5:1 einwirken, können sie bei 10s- bis 12s-LiPos das für Latten von 18 bis 22 Zoll nötige Drehmoment aufbringen. In dieser Leistungsklasse – wir sprechen von 2 bis 3 Kilowatt (kW) – gibt es derzeit zwar gut funktionierende frei kombinierbare Getriebe, aber immer noch keinen wirklich funktionierenden Markt. Und dies beeinflusst nicht nur die Preisgestaltung.

Quasi Alleinanbieter ist derzeit die Firma Reisenauer mit den Topvarianten „Edition Super Chief“ und „Motor Chief“. Am einfachsten ist es, hier eine der schon betriebsfähig montierten Motor-Getriebe-Kombinationen aus der Angebotsliste zu ordern. Bei Sonderwünschen, wie etwa der Kombination von Super Chief-Getriebe mit dort nicht vorrätig gehaltenen Motortypen kann es schnell kompliziert werden. Man muss dann schon mal einen Adapterflansch selbst herstellen. Nicht ganz einfach ist auch die Eigenwartung der Planetensätze. Die Getriebegehäuse sind über Feingewinde mit den Lagerschildern verbunden. Die Gewinde können sich im Betrieb lösen. Sie müssen deshalb durch einen smarten Sicherungslack fixiert werden – fest genug, um im Betrieb zu halten; lösbar aber für den Fall von Wartung und Reparatur. Ja, Getriebe kann



Der in der Steigung einstellbare Ramoser-Dreiblatt-Propeller mit 19,9-Zoll-Durchmesser und verbautem Plettenberg-Motor

man eben nicht behandeln wie Mitmenschen: Sie brauchen Zuwendung. Getriebekunden auch. Noch mehr davon später.

Bleibe noch das wegen gefühlter Drehmoment-schwäche beinahe schon abgeschriebene Innenläuferkonzept. Es bietet konzeptionelle Vorteile wie die ideale Kühlmöglichkeit und den besten denkbaren Wirkungsgrad. Die Umsetzung dieser Potenziale ist allerdings sehr aufwändig. Als Spezialist mit großer Erfahrung auch im Forschungs- und Industriebereich empfiehlt sich hier die Firma Plettenberg. Eine Maschine aus diesem Haus sollte die Triebwerkserprobungen für Plan B abrunden und für eine weitere Überraschung sorgen.

Weight-Watching

Wegen des luftrechtlich auferlegten Zwangs zur Verschlankung wurde Plan B zuerst mit einer Kombination aus einem Kontronik Pyro 650-Motor mit einem 4:1 Super Chief-Getriebe

Der Strecker-Heli-Motor mit Motor Chief-Getriebe ...



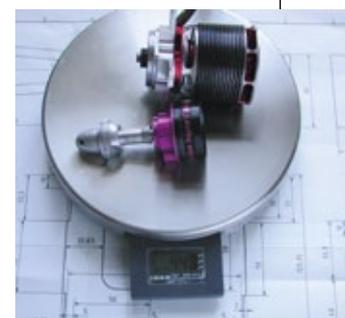
... wurde ersatzweise so eingebaut

getestet. Das mit einem Adapterflansch aus privater Produktion verbundene Aggregat brachte lediglich 450 g auf die Waage. Die Motorregelung oblag anfangs einem JIVE 80 HV, der wegen des eingebauten Hochvolt-BECs weitere Gewichtseinsparungen als Dreingabe versprach. Leider schien der JIVE mit Getriebe und 20-Zoll-Propeller nicht so recht freudig zusammenwirken zu wollen. Es kam im untersten Drehzahlbereich immer wieder zu mit harten Bremsungen kombinierten Aussetzern (obgleich die Bremse deaktiviert war). Dabei löste sich zwar mehrfach die Verklebung des Motorritzels (inzwischen gibt es breitere, so genannte Torque-Ritzel), das robuste Getriebe selbst zeigte indes keinerlei Spuren von Misshandlung. So wurde erst mal ein Regler des Typs robbe roxy BL-Control 975-12 und eine separate Empfängerversorgung verbaut.

Gleichwohl war es auch mit dieser Version noch kein Problem, das Modell mit einen SLS APL 12s-LiPo mit 4.000 Milliamperestunden (mAh) unter 5 Kilogramm zu halten. Die Zugkraft mit einer 20 x 13-Graupner-Elektro-Latte war so groß, dass Segler bis 5.000 g regelrecht hochgerissen wurden. Der schwerste getestete Segler mit einer Spannweite von 7.000 mm und einem Gewicht von 13.000 g machte noch keinerlei traktionstechnischen Probleme, außer dass das Fliegen mit derart ungleichen Gespannpartnern mitunter doch etwas anstrengend gerät. Und dies bei sehr moderatem Stromverbrauch von knapp 60 Ampere (A). Dies ergibt rund 2,7 kW. Es erwies sich als angenehm, die Motorleistung über einen Dreistufen-Schalter mit entsprechender Stromersparnis auf Werte von etwa 2 und 1,5 kW zu reduzieren. Dabei wird meist schon unmittelbar nach dem Abheben einen „Zahn“ zurückgeschaltet. Wegen der kurzen Schleppdauer waren mit gewichtsadäquaten Seglermodellen bis zu acht Schlepps aus einer Batterieladung machbar. Auch das nicht mehr im Weg stehende Seitenleitwerk machte sich auf Antrieb positiv bemerkbar. Probleme beim Landen waren gleichfalls nicht erkennbar. Oh happy day.

Glücksphasen sind vergänglich und diese beendete ein selbstverschuldeter Absturz mit reparablen Folgen aber einer verbogenen Getriebewelle, die wegen ihrer Spezialabmessungen

Leichter geht's nicht, nur 448 Gramm bringt diese Kombination auf die Waage



Der Plettenberg Advance 30-10 – eine Klasse für sich



Der Flugakku ist gut zugänglich platziert

(elliptischer Querschnitt) nicht selbst repariert werden kann. Plan B Reloaded bekam dann eine experimentierfreudigere, weil auswechselbare Nase verpasst und zuerst mal als Ersatztriebwerk einen Strecker RS 370 30 Heli 13 W mit einem Reisenauer Motor Chief 4:1, das vergleichbare Leistungsdaten bei leider deutlich mehr Gewicht (600 g) aufweist. Nur das mit den 5 Kilo haut dann halt nicht mehr hin ...

Besser als gedacht

Die Möglichkeit, verschiedene Antriebsvarianten zu erproben, blieb nicht ungenutzt. Die untere Grenze markiert ein Graupner-Außenläufer des Typs O.S. OMA 5025-375. Die Außenläufermaschine zeichnet sich durch eine an der Motorgröße gemessene niedrige spezifische Drehzahl von 375 Umdrehungen pro Minute und Volt (U/min/V) aus. Da solche Motoren ihr Drehmoment auch über eine stattliche Anzahl von Spulenwindungen gewinnen, ist es grundsätzlich ratsam, die thermische Gesundheit des Triebwerks im Auge zu behalten, denn das kompakte und mit 408 g schon extrem leichte Triebwerk nimmt bei bis zu 70 A Stromaufnahme schon mal 2 kW auf. Da traf es sich gut, dass die Motornase ein kleines Stück über die Nasenverkleidung herausragt. Dies ist optisch kaum erkennbar, lässt aber den vor dem Spant montierten Außenläufer frei



ausatmen. Als Kompromiss ist wohl der nur 16 x 10 Zoll große Propeller zu werten, der bei acht Antriebszellen wirklich das Maximum darstellt. Und weil hier die Leistung vorwiegend über den Strom kommt, werden LiPos der Kapazität nicht unter 4.000 mAh für notwendig empfunden.

Dieser Minimalversuch war erst einmal eine wirkliche Überraschung, nicht nur, weil das Antriebsset mit (nicht mehr ganz jugendfrischen) 8s-SLS-LiPos der Kapazität 4.400 mAh gerade mal gut 4.500 g auf die Waage brachte. Das Leistungs-Schub-Gewichtsverhältnis ermöglicht unter anderem senkrechte Solo-Steigflüge. Mit angehängtem 4-Meter-Segler von gut 5.000 g kommt man drei bis vier Mal wirklich flott auf 200 bis 300 Meter Ausklinkhöhe (Reserven inklusive), wobei die Leistung dem doch ein wenig an der Grenze zum roten Feld laufenden Motor zuliebe nach dem Abheben bisweilen auf zirka 70 Prozent gedrosselt wurde. Das geringe Gewicht des Schleppers ermöglicht butterweiche Landungen, mit oder auch ganz ohne Klappen. Bei entsprechender Kapazitätsaufrüstung wird ein ausreichend lang dauernder Schleppbetrieb für Modelle bis zu 8.000 g möglich. Es empfiehlt sich allerdings, dem Schlepper nicht sofort nach dem Ausklinken den Rücksturz zur Erde zu verordnen, sondern einen eher gemütlichen Abstieg als Kühlzeit zu nutzen.

Außenflächen mit fest eingebauter GFK-Steckung

Downloadplan

Ein detaillierter Downloadplan des Schleppers Plan B kann auf der Magazin-Website unter www.elfektroflug-magazin.de heruntergeladen werden.

Plan B vor seinem Erstflug



High End

Mit anfänglich gemischten Gefühlen wurde dann auch noch ein eigentlich für F3A-Kunstflugmodelle konstruierter Innenläufermotor der für elitäre Motorkonzepte bekannten Firma Plettenberg, ein Advance 30-10 ins Testprogramm aufgenommen. Das Triebwerk mit innen laufendem, 20-poligem, geblechtem Rotor vereint in professionell gemachter Weise die höhere Effizienz von Innenläufern mit (na, beinahe) dem hohen Drehmoment der Außenläufer. Jedenfalls kommen bei knapp 600 Gramm Motormasse eine spezifische Drehzahl von 230 U/min/V heraus. Der Wirkungsgrad wird firmenseitig mit 91 Prozent beziffert. Für die Gewichtsreduktion wurde viel getan: Ultraleichtes Motorgehäuse, 14-mm-Hohlwelle, die sich vorne aber zwecks leichterer Propellermontage auf 8 mm verjüngt. Zusammen mit einem dreiblättrigen 19,9-Zoll-Verstellpropeller von Ramoser (eingestellt auf 14 Zoll Steigung) konsumiert das Triebwerk an einem 10s-LiPo gut 70 A, die durch oben genannte Reduktion auf „zivile“ Werte reduziert werden können. Allerdings muss zwingend hinzugefügt werden, dass der Ramoser-Propeller in dieser Auslegung bereits eng am Drehzahllimit (7.000 U/min) agiert.

Was bei dieser Kombination als Erstes auffällt, ist der seidenweiche, extrem leise Lauf des Props, der ohne zusätzliche Auswuchtung eingesetzt wurde. Der Durchzug ist kaum von der früher erprobten 12s-Variante zu unterscheiden. Noch konnten die Potenziale dieses phänomenalen Antriebssets nicht bis an alle Grenzen ausgelotet werden, doch sprechen die gemessenen Leistungs- und Laufzeitwerte dafür, dass mit diesem Set eine optimal gelungene Kombination gefunden wurde. Verwendet man eine nur zweiblättrige Starrlatte (mit höherer Drehzahlgrenze), steht einem Betrieb mit bis zu 12s nichts im Wege. Es keimt sogar



der leise Verdacht, dass es diese Kombination mit einem der aufwändigen Getriebeaggregate aufnehmen kann. Gut, ein Kaufpreis von 500,- Euro ist kein Pappenstiel, doch rechnet man alle einzeln zu ordernden Komponenten eines Reisenauer-Motor Chief plus geeignetem Motor zusammen, so bleibt auch preislich kaum mehr Abstand. Vom wegfallenden Betreuungsaufwand mal ganz zu schweigen.

Plan B: Gelungen

Der Konstruktions- und Bauaufwand für Plan B hat sich gelohnt. Die Hoffnungen auf ein elektrisches Schleppflugzeug, das es mit Benzinschleppern bis zu mindestens 60 Kubikzentimeter Hubraum aufnehmen kann, wurden nicht enttäuscht. Die ungewöhnliche Optik sorgt bei Betrachtern immer wieder für kreative Kommentare. Meistens verstummen sie sofort, wenn das Gespann auf Höhe geht. Natürlich gibt es noch einige Details zu verbessern. So lässt beispielsweise das integrierte Spornrad beim Zurückrollen keine allzu engen Kurven zu. Aber so was verbraucht eh' bloß unnötig Energie.

*Möglichst
schwerpunktnahe
Anordnung der
Schleppkupplung*



*Randbogen nach
unten gezogen. Nur
so eine Laune*

Anzeige

HEPF www.hepf.at

AXI G-MODELS RC System RAV SebArt 3M JETI model

duplex model duplex computer radio control system

... ab 80 € versandkostenfrei • innerhalb Österreich und Deutschland, ausgenommen Sportgut

HEPF - Modellbau
A-6342 Niederndorf • Dorf 69
Bestellhotline +43.5373.570033 • info@hepf.at

Text und Fotos: Ludwig Retzbach

Aero 2012

Trends im manntragenden Elektroflug

Neuerungen im manntragenden Elektroflug finden auf der Luftfahrtmesse Aero in Friedrichshafen stets große Beachtung, auch wenn sie nicht unbedingt den tatsächlichen STAND DER ENTWICKLUNG WIDERSPIEGELN müssen. Dies liegt ganz einfach daran, dass es sich bei der Aero nicht um eine *Entwickler-*, sondern um eine *Verkaufsmesse* handelt. Wegen der beachtlichen Standgebühren verzichten auch viele kleine Hersteller darauf, dort jährlich zu erscheinen. Mit aus diesem Grund wurde der an Elektroflug-News interessierte Besucher in 2012 nicht gerade MIT NEUIGKEITEN ÜBERSCHÜTTET.





Vermehrt kommen Lithium-Batterien für die Bordversorgung zum Einsatz

Trotz dieses Trends war erfreut zu konstatieren, dass einige innovative Firmen konsequent an ihrem Elektrifizierungskonzept festhalten. So etwa PC-Aero zusammen mit Neowings, die auf der vorjährigen Messe mit der Elektra One für großes Aufsehen gesorgt hatten (siehe auch den Artikel in **Ludwig Retzbachs Elektroflug Magazin** 01/2011). Chefkonstrukteur Calin Gologan treibt die Fortführung der einsitzigen Elektra zum Doppelsitzer Elektra Two zielstrebig voran. Quasi nebenbei entwickelt er hierbei auch den Gedanken an ein Fliegen mit 100 Prozent erneuerbarer Energie konsequent weiter, indem er die Photovoltaik vom Dach des Flugzeughangars (Solarhangar) direkt auf die Tragflächen transponiert. Vernünftiger Weise soll das Konzept erst mal im Modellmaßstab erprobt werden, weshalb ein spezielles Elektra Two-Modell entwickelt wurde. Es soll neben Erprobungsaufgaben für den manntragenden Bereich eigenständig für Video- und Fotoübertragungen einsetzbar sein und solargestützt Flugzeiten von mehr als acht Stunden ermöglichen.

Die tschechische Firma Phoenix Air stellt eine von einem KRAL-Außenläufer mit 30 Kilowatt angetriebene Studie eines Ultraleichtflugzeug vor.



Modell des viersitzigen NASA Greenflight Challenge-Gewinners Taurus G4

Der Strom (bis zu 245 Ampere) kommt aus einem 8 Kilowattstunden-Kokam-LiPo-Pack (39s5p).

Die slowenische Firma Pipistrel, die mit ihrem viersitzigen Taurus G4 die NASA Greenflight Challenge für sich entscheiden konnte, musste sich in Friedrichshafen damit begnügen, ein Modell der Siegermaschine zu präsentieren. Das Original stand zu diesem Zeitpunkt immer noch im sonnigen Kalifornien, auf ein günstiges Rückflugticket wartend.

Interessant, dass sich die Lithium-Batterietechnik als Stromquelle für die Bordelektronik langsam auch bei herkömmlich angetriebenen Flugzeugen durchzusetzen beginnt. Hier kommen wohl aus Sicherheitsgründen vorwiegend Lithium-Eisenphosphat-Zellen zum Einsatz. Sie speichern gegenüber der etablierten Bleiakku-Technologie bei gleichem Gewicht bis zu 150 Prozent mehr Energie.

Die Verkabelung muss entsprechend dimensioniert sein



Elektro-Projekt von Phoenix Air – der Kühlluftauslass des Außenläufermotors liegt hinter der Spinnerkappe



Calin Gologan – Konstrukteur der Elektra One – mit seinem Solar-Modell Elektra Two

Text und Fotos: Christian Iglhaut

DAMPFmaschine

Brennstoffzelle als Energieträger

BRENNSTOFFZELLEN als Energieträger könnten zur *Schlüsseltechnologie dieses Jahrhunderts* avancieren. Sie bieten durchaus das Potenzial, zum emissionsfreien Strommix der Zukunft einen wertvollen Beitrag zu leisten. Mittlerweile ist die Technik auch im Modellsport angekommen: Die HORIZON H-CELL 2.0 für Elektro-RC-Trucks und -Cars.





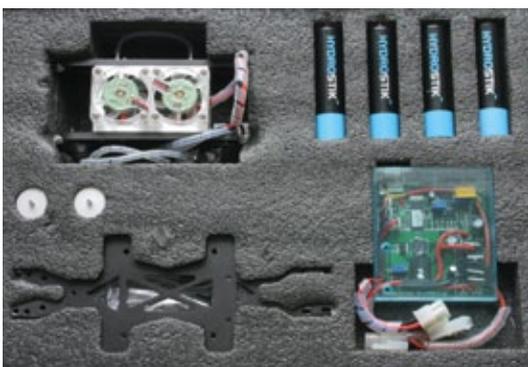
*Fährt bereits mit Wasserstoff:
einer der Citaro Fuel-Cell Hybrid
Versuchsträger, die bei verschiedenen
Verkehrsgesellschaften eingesetzt werden*

Brennstoffzellen oder auch auf neudeutsch Fuel-Cells sind ein möglicher Weg aus dem Dilemma der endlichen und stetig kostbarer werdenden fossilen Brennstoffe.

Anders als im realen Verkehrsgeschehen, fahren Truckmodelle in aller Regel und praktisch ausnahmslos mit elektrischem Antrieb, bei den RC-Cars ist es eine deutliche Mehrheit. Die Speicherung der Energie geschieht in viele Male wiederaufladbaren Akkus. Die über Jahrzehnte beliebten, aber aufgrund der giftigen Bestandteile mittlerweile verbotenen Nickel-Cadmium-Akkus werden umweltfreundlich durch Nickel-Metall- oder gleich durch Lithium-Akkus ersetzt. Die damit mögliche Reichweite reicht uns, anders als bei den großen Vorbildern, problemlos für entspanntes Parcoursfahren aus. Ist der Akku leer, wird entweder an Ort und Stelle nachgeladen oder die entladene Batterie durch eine volle ersetzt. Insofern haben wir nicht das Reichweitenproblem der großen Vorbilder.

Nicht erst seit der Diskussion um Klimagase und Klimaveränderung steht fest, dass fossile

Das Brennstoffzellenkit H-Cell 2.0 wird übersichtlich in einem schützenden Koffer verpackt geliefert



Der Hydrostick wird mit seinem Schraubgewinde in den Druckregulator gedreht, wodurch das Ventil geöffnet wird und Wasserstoff entnommen werden kann

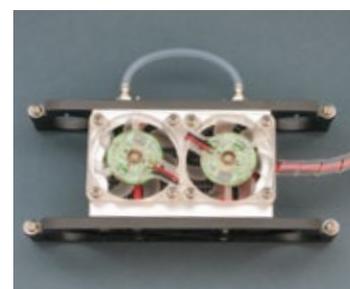
Treibstoffe nicht bis ans Ende aller Tage unsere Motoren befeuern können. Nur allzu bekannt ist neben der Schädlichkeit der Abgase die Endlichkeit der Vorräte, was uns in der Praxis bei jedem Tankstopp auf schmerzliche Weise über die Geldbörse bewusst gemacht wird.

Zur Geschichte

Die Brennstoffzelle ist keine Erfindung unserer Zeit. Bereits 1839 erfand Sir William Grove das Prinzip, quasi in Umkehrung der Elektrolyse aus Wasserstoff und Sauerstoff Strom zu erzeugen. Doch diese Technik konnte sich nicht gegenüber Dampfmaschinen und Verbrennungsmotor zum Erzeugen elektrischer Energie und zum Antrieb von Fahrzeugen durchsetzen.

In den 1960er-Jahren entdeckte die NASA die Brennstoffzellentechnik als ideales Kraftwerk für die Gemini-Kapseln wieder. Die Zellen sind kompakt und erzeugen beim Betrieb reines Wasser, das als Trinkwasser für die Astronauten Verwendung fand. In den Space-Shuttles er-

Der Hydrostick ist ein Hightech-Speicher für den Wasserstoff. Ein solcher Tank enthält die Energie eines sechszelligen NiCd-Akkus mit annähernd dreifachem Gewicht



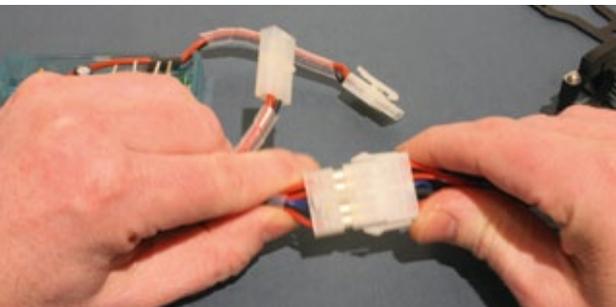
Das Brennstoffzellenmodul mit den beiden speziellen Haltern zur seitlichen Aufnahme zweier Hydrosticks ist zur Integration in ein RC-Fahrzeug vorbereitet

zeugen drei Brennstoffmodule bis zu 12 Kilowatt (kW) elektrische Leistung und nebenbei das Trinkwasser für die Besatzung. Aufgrund der komplexen Technik und des extrem hohen Preises blieben die ersten Anwendungen lange Zeit der NASA, dem Militär und natürlich den Forschungsinstituten vorbehalten.

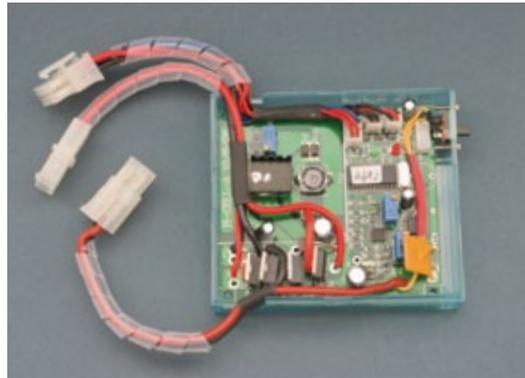
Das Prinzip

Das Prinzip des Brennstoffzellenantriebs ist einfach und effizient. Brennstoffzellen gewinnen

Die einzelnen Elemente sind mit Steckverbindern versehen, was den Aufbau schnell und ohne Verwechslungsgefahr erfolgen lässt; der im Bild gezeigte AMP-Verbinder zeigte im Test hin und wieder Kontaktschwierigkeiten, was das Anfahren der Zelle erschwerte



Die Ausgangsspannung der Brennstoffzelle lässt sich bequem an den Messpunkten in der Regelektronik messen



Die Regelektronik des H-Cell-Kits übernimmt das komplette Powermanagement vom Starten der Brennstoffzelle über die Leistungsregelung bis zur Versorgung der angeschlossenen Verbraucher

aus der Reaktion von mitgeführtem Wasserstoff und Sauerstoff aus der Luft elektrische Energie. Der dabei gewonnene Strom treibt einen Elektromotor an, der für den Vortrieb sorgt. Der Wirkungsgrad der Stromerzeugung liegt mit 60 Prozent etwa doppelt so hoch wie bei Dieselmotoren. Aktuelle Brennstoffzellenfahrzeuge, wie beispielsweise die Citaro Fuel-Cell-Busse beziehen ihre Energie aus großen Tanks auf dem Dach, in denen sich der auf 350 bar komprimierte Wasserstoff befindet. Damit wird unter realen Bedingungen dank der 120 kW – kurzzeitig bis zu 240 kW – starken Elektromotoren eine Reichweite von 300 Kilometer bei einer Höchstgeschwindigkeit von 80 Stundenkilometer erzielt. Durchaus also praxistaugliche Werte, die mit konventionellen Stadtbussen vergleichbar sind. Nicht vergleichbar und auf einem deutlich



Die beiden Magnetventile, je eines für Ein- und Ausgang, steuern die Gaszufuhr für die Brennstoffzelle

Technische Daten

Brennstoffzelle	
Bezeichnung:	H-Cell 2.0
Spannung:	7,2 V
Nennleistung:	30 W (4,2 A bei 7,2 V)
Treibstoff:	H ₂ (Wasserstoff)
Betriebszeit:	ca. 30 - 45 min/Tankfüllung
Wirkungsgrad:	ca. 45%
Wasserstofftank:	4 Stück Hydrostick
Preis (Kit):	702,- Euro

PEM-Brennstoffzelle (PEM)

Es gibt eine Reihe von verschiedenen Brennstoffzellen-Typen, von denen die PEM-Brennstoffzelle die zurzeit gebräuchlichste Wasserstoff-Brennstoffzelle ist. Das Herzstück ist eine Polymermembran, die sogenannte Protonenaustauschmembran PEM (proton exchange membrane), die nur für Protonen (also positiv geladene Wasserstoff-Ionen) durchlässig ist und die Oxidationsseite von der Reduktionsseite trennt.

Der Wasserstoff wird am Platin-Katalysator der Anode zu Protonen oxidiert und gibt dabei negative Elektronen ab. Diese fließen über den elektrischen Stromkreis zur Kathode, während die Protonen durch die PE-Membran in der Zelle ebenfalls zur anderen Seite diffundieren. An der Kathode wird der Luftsauerstoff, das Oxidationsmittel, durch Aufnahme der Elektronen zu Anionen reduziert, die sofort mit den Wasserstoff-Ionen zu Wasser reagieren.

Redox-Gleichung für eine PEM-Brennstoffzelle:

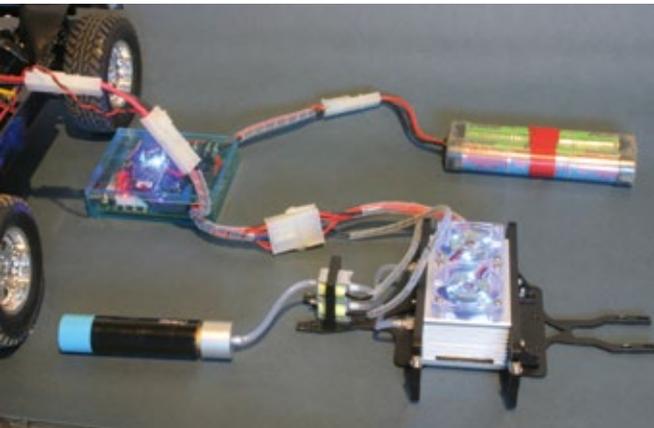
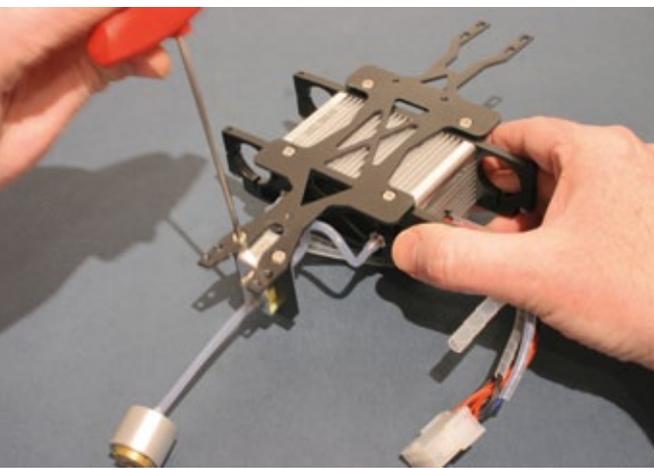
- Anode:
 $2H_2 \rightarrow 4H^+ + 4e^-$
(Oxidation, Elektronenabgabe)
- Kathode:
 $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$
(Reduktion, Elektronenaufnahme)
- Gesamtvorgangs:
 $2H_2 + O_2 = 2H_2O$
(Redoxreaktion)

höheren Niveau ist der Fahrkomfort der High-tech-Busse durch den turbinengleich sanften und ruckfreien Lauf des Elektroantriebs und den lärm- und abgasfreien Antrieb. Ebenfalls (noch) nicht vergleichbar ist der exorbitante Preis, der für ein solches Gefährt abgerufen wird: man spricht von rund 1,5 Millionen Euro Stückpreis. Kein Wunder, dass bislang nur ausgewählte Stadtverkehrsbetriebe auf der ganzen Welt diese Fahrzeuge in einem von Daimler überwachten Dauertest unter Praxisbedingungen einsetzen. So laufen in Deutschland beispielsweise in Hamburg zehn Fuel-Cell-Citaros in mittlerweile der zweiten Generation und liefern notwendige Erfahrungen für die Entwicklung.

Im Modell

Der enorme Preis und die komplizierte Technik waren bislang auch im Modellbau selbst für besonders innovations- und risikofreudige Enthusiasten ein schwerer Hemmschuh, auf dem Gebiet des Brennstoffzellen-Antriebs eigene Ideen zu verwirklichen. In der Zeitschrift **TRUCKS & Details** Ausgabe 03/2000 berichteten wir über ein Forschungsprojekt des Deut-

Brennstoffzelle, Ventile und Trägerplatte bilden eine Einheit, die ursprünglich für den Einbau in RC-Fahrzeug vorgesehen ist



Erste Inbetriebnahme des Testaufbaus. Aufgrund der Systemspannung von 7,2 Volt war der Kreis der Testprobanden etwas eingeschränkt

Wasserstofftank

Bezeichnung:	Hydrostick
Treibstoff:	H ₂ (Wasserstoff)
Tankinhalt:	10 NI entsprechend 13 Wh
Aufladezeit:	max. 30 min bei 20°C
Abmessungen:	87 × 22 mm
Gewicht:	90 g
Material:	Aluminiumlegierung
Preis:	29,75 Euro (4 Stück im Kit enthalten)

schen Zentrums für Luft- und Raumfahrt, für die die Gebrüder Tönsfeldt eine Brennstoffzelle in ein Linienbusmodell im Maßstab 1:14 integriert hatten. Der gesamte Innenraum war von den Komponenten der Brennstoffzellentechnik belegt, der Preis von über 20.000,- Euro und die problematische Handhabung durch den Hochdrucktank machten die Sache nur für Spezialisten interessant. Im Modellflug sorgte das DLR-Projekt HyFish 2007 für Aufsehen.

Mit dem H-Cell 2.0 Kit von Horizon ist nun jedoch ein Brennstoffzellenpaket auf dem Markt, das speziell für die Belange im Modellbau konzipiert ist. Eine Leistung von 30 Watt (W) bei einer Nennspannung von 7,2 Volt (V) zielt auf die Fraktion der 1:10er-Glattsbahn-Renner, die mit dem Fuel-Cell-Kit quasi einen Reichweiten-Extender bekommen. Das ausführliche Handbuch und die mitgelieferten Adapter und Rahmenbaugruppen sehen demzufolge auch die Umrüstung des Tamiya Chassis TRF-416 vor, wofür alle notwendigen Komponenten beigelegt und alle Montageschritte beschrieben sind.

Aufzeichnung der Messwerte mit unterschiedlichen Betriebszuständen im Speicher des Digital-Scopemeters zur anschließenden Auswertung am PC. Wenn schon Hightech, dann wenigstens auch zeitgemäße Messtechnik



Bezugsadresse

udomi GmbH
 Hochfeldstraße 8
 74632 Neuenstein
 Telefon: 079 42/942 08 91
 E-Mail: sales@udomi.de
 Internet: www.udomi.de

Lese-Tipp

Die Ausgabe 3/2000 von TRUCKS & Details kann im Magazin-Shop unter www.alles-rund-ums-hobby.de bestellt werden

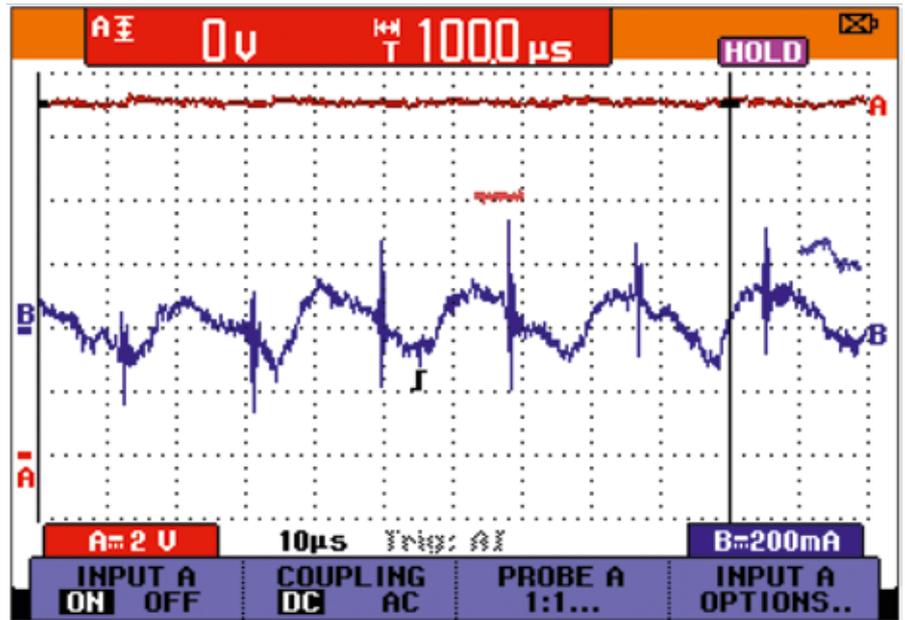
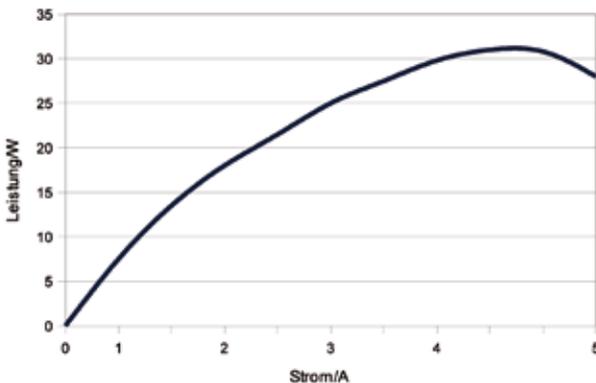


Die H-Cell 2.0 wird in einem schützenden Transportkoffer geliefert, der auch zum Aufbewahren nach Gebrauch dienen kann. Neben der eigentlichen Brennstoffzelle, die mit zirka 80 × 50 × 50 Millimeter (mm) Außenmaße inklusive der beiden Lüfter recht kompakt ist, gehören noch die zum Betrieb erforderlichen Peripheriebauteile wie Wasserstoffregelventile, Anschlussstutzen und die obligatorische Steuereinheit zum Lieferumfang.

Hightech-Tank

Als Wasserstoffspeicher liegen vier sogenannte Hydrosticks bei. Diese zylindrischen Alubehälter erinnern an etwas zu groß geratene Mignonzellen und bevorraten den für die Stromerzeugung dienenden Wasserstoff. Im Gegensatz zu den Hochdrucktanks der industriellen Brennstoffzellenfahrzeuge mit bis zu 350 bar wird hier der Wasserstoff mit lediglich maximal 30 bar in ein Gitter aus einer speziellen Aluminiumlegierung gepresst, wo er sich an der Metallstruktur anlagert. Dieses Verfahren, das auch einige Pkw-Hersteller erproben, gehört zu den sichersten und wirtschaftlichsten Speichermethoden, da kein nennenswerter Druck im Tank vorherrscht.

Leistung H-Cell — Leistung



Im Leerlauf stellt sich eine Spannung von rund 11 Volt ein. Der Strom beträgt effektiv praktisch 0 Ampere, man sieht aber schön an der Kurvenform, dass die Zelle dennoch arbeitet und regelt

Die Leistung der H-Cell hängt von Strom ab: Ähnlich wie bei einer Solarzelle sinkt nach dem maximalen Strom wieder die Spitzenleistung, in der Praxis kann man mit rund 30 Watt rechnen

Aufgrund der Bauweise wird diese Art von Tanks auch als Metallhydridspeicher bezeichnet.

Die Hydrosticks sind mit einem automatischen Ventil versehen, sodass man sie problemlos nach Gebrauch vom System trennen und lagern kann. Die Speichermenge wird mit 10 bis 11 Normlitern Wasserstoffgas beziehungsweise 13 bis 15 Wattstunden elektrischer Energie angegeben. Ein Normliter entspricht einem Liter Gas bei 1.013 mbar (Normaldruck) und 0 Grad Celsius. Somit enthält ein Hydrostick in etwa die gleiche Energie wie ein zweizelliger Lithium-Akku mit 2.000 Milliamperestunden Kapazität.

Dem H-Cell 2.0 Kit liegt eine Variante der Brennstoffzelle H-30 von Horizon zugrunde. Diese besteht aus einem Brennstoffzellen-Stack, also einem Stapel von 12 PEM-Zellen, die vergleichbar mit Batteriezellen in Reihe geschaltet sind, um auf die erforderliche Spannung zu kommen. Die reine Leerlaufspannung des Stacks liegt bei gut 11 V, wobei aber praktisch kein Strom fließt. Ähnlich wie bei Solarzellen gilt es bei Brennstoffzellen einen passenden Arbeitspunkt einzustellen und diesen im Betrieb beizubehalten, um die maximale Leistung aus der Fuel-Cell ziehen zu können. In der Messpraxis stellt sich heraus, dass das Leistungsmaximum von 30 W bei Stromstärken von 4 bis 4,5 Ampere (A) erreicht wird. Bei diesem Strom stellt sich eine Spannung von 7 bis 8 V an der Zelle ein. Insofern ist die H-Cell zum Betrieb mit sechszelligen NiXX- und zweizelligen Lithium-Akkus und passenden 7,2-Volt-Antrieben besonders geeignet.

Hybridtechnik

Von der Konzeption ist die H-Cell 2.0 genau genommen ein Fuel-Cell Hybrid-System, da zum Betrieb ein Akku als Pufferspeicher benötigt

Vergleich Energiedichte

Energieträger	Masse: Energiedichte in Wh/kg	Volumen: Energiedichte in Wh/l
NiCd (Akku)	40-55	30-80
NiMH (Akku)	60-120	50-120
LiIon (Akku)	110-160	120-500
H ₂ (flüssig)	33.300	2300
H ₂ (300 bar)	33.300	750
H ₂ (Metallhydrid)	580	3180
Benzin (flüssig)	12.700	8760
Diesel (flüssig)	11.600	9700

Zum besseren Vergleich der Konkurrenztechnologien Brennstoffzelle, Batterietechnologie und Verbrennungsmotor wird die spezifische Energiedichte herangezogen. Sie gibt an, welche Energie bezogen auf Masse oder Volumen ein bestimmter Energieträger besitzt. Erkennbar wird, dass die Energiedichte bei Wasserstoff höher ist, jedoch für fossile Brennstoffe ein geringeres Tankvolumen erforderlich ist



Mercedes-Benz Citaro Brennstoffzellenbusse: Das Brennstoffzellen-System und die Druckgas-Flaschen sind auf dem Dach der Fahrzeuge untergebracht. Hier wird aus dem Wasserstoff Strom gewonnen, der den 200 Kilowatt starken Elektromotor treibt. Im Bus haben bis zu 70 Passagiere Platz – bei einer Reichweite von rund 200 Kilometern. Die Spitzengeschwindigkeit beträgt 80 Stundenkilometer

wird. Sowohl im Vorbildsektor als auch im kleinen Maßstab macht das natürlich Sinn. Der Akku kann kurzzeitige Stromspitzen, wie sie beim Anfahren oder am Berg entstehen, abdecken, der mittlere Verbrauch wird von der Brennstoffzelle gedeckt. Dadurch muss zum Einen die Brennstoffzelle nicht überdimensioniert werden, um auch jede noch so kurze Lastspitze abdecken zu können, wodurch Investitionskosten eingespart werden. Brennstoffzellen sind nämlich praktisch nicht überlastfähig. Zum Anderen spart man sich häufiges und schnelles Regeln, das den Betrieb der Zelle durch den dadurch erhöhten Verbrauch unwirtschaftlicher macht.

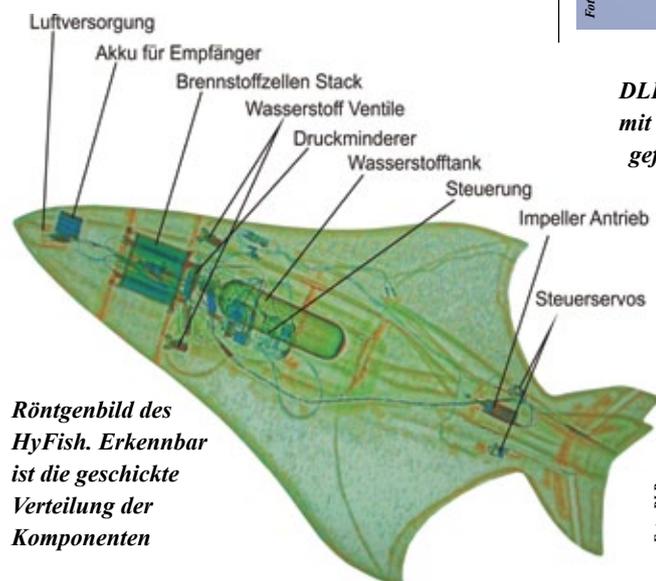
Hybridtechnik ist sowohl im Pkw- als auch im Nutzfahrzeugbereich seit einiger Zeit in aller Munde, vereint sie doch quasi mit vertretbarem Aufwand jeweils das Beste aus beiden Welten. Landläufig setzt man Hybrid mit der Kombination eines Verbrennungsmotors mit einem Elektromotor gleich, wie es beispielsweise im Toyota Prius der Fall ist. Das trifft den Kern aber nicht wirklich, da dem Worte nach Hybrid (lateinisch hybrida: Mischung, Bastard) ganz allgemein eine Mischung oder (in der Biologie) eine Kreuzung zweier Sachen bezeichnet. So arbeiten die aktuellen Citaro-Brennstoffzellenbusse von Daimler als Fuel-Cell-Hybrid mit einem zwischengeschalteten Lithium-Ionen-Akku nach dem gleichen Schema wie die H-Cell.

Im Testaufbau

Da es zum Test des Systems viel einfacher ist, dieses in einem RC-Fahrzeug auszuprobieren,

fiel die Entscheidung entsprechend. Ein kurzer Blick in die technischen Daten einiger in Frage kommender Antriebsmotoren zeigt, dass die 7,2-V-Typen TM72 und GM32U370 von Servonaut mit einer Nennleistung von 14 W und einer Kurzzeit-Leistung von 32 Watt sowie der LRP Truckpuller 3 mit 62 W durchaus die H-Cell in Verlegenheit bringen könnten. Mit dem Akku als Stütz- und Zwischenspeicher sollten hier allerdings keine Probleme zu erwarten sein.

Das 44-seitige Handbuch beschreibt Schritt für Schritt den Zusammenbau und die Inbetriebnahme der Brennstoffzelle und den Einbau in das TRF-416-Chassis von Tamiya. Da wir nicht vorhatten, ein 1:10er-Racecar zu motorisieren, nahmen wir die Brennstoffzelle auf dem Labor-tisch zum Erfassen der Leistungsdaten und zur Funktionskontrolle in Betrieb. Als Verbraucher und Ausgangslast durfte ein 73er-Tamiya-Bronco etwas neuzeitliche Hightech-Luft schnuppern und sorgte auf dem Rollenprüfstand für eine praxisnahe Belastung am Ausgang. Der montierte LRP Truckpuller kann unter schwierigen Bedingungen ordentlich Strom ziehen und sollte die H-Cell im Laufe des Tests noch kräftig fordern.



Röntgenbild des HyFish. Erkennbar ist die geschickte Verteilung der Komponenten

HyFish

Im April 2007 sorgte das Projekt HyFish des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt für Schlagzeilen. Das ehrgeizige Projekt, ein Flugmodell allein mit Brennstoffzellen zu fliegen, war monatelang verfolgt und nach vielen skeptischen Kommentaren Außenstehender erfolgreich zu Ende gebracht worden. Das Modell wiegt etwa 6 Kilogramm bei einem Meter Spannweite. Im Modell sind PEFC-Typen verbaut, die über 1 Kilowatt elektrische Leistung verfügen. Der verwendete Wasserstoffdrucktank fasst 200 Liter. Weil man sich für ein aerodynamisch optimales Modell entschied, sind mit der mitgeführten Energiemenge theoretisch 15 Minuten Flugzeit drin. Eine der Herausforderungen bestand darin, die gesamte Technik und die Brennstoffzellen im Einklang mit der Schwerpunkt-lage im Modell zu platzieren. Angetrieben wird der HyFish über einen Impeller.



Der HyFish des DLR sorgte 2007 als mit Brennstoffzellen geflogener Elektro-Impeller für Schlagzeilen

Brennstoffzellen, die mit Wasserstoff betrieben werden, emittieren nur reinen Wasserdampf

nur Wasserdampf
only steam

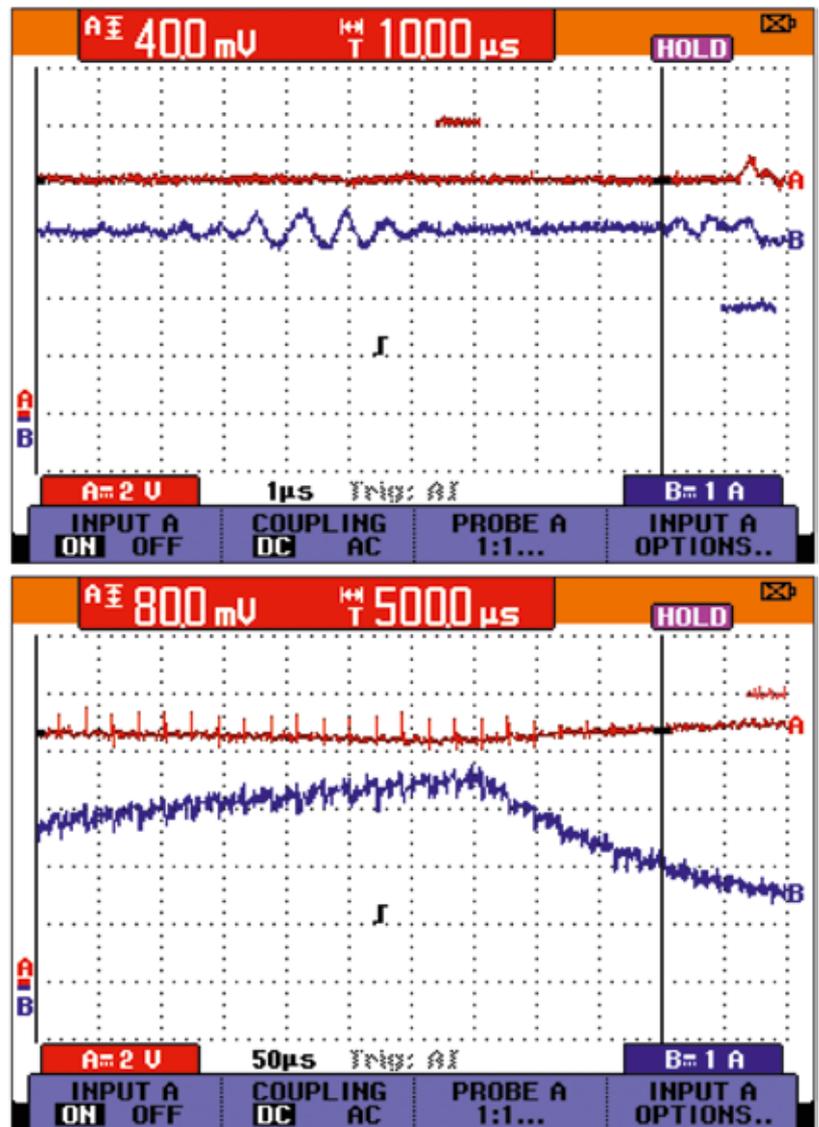
Zur Überwachung und Aufzeichnung der Messwerte wurde ein digitales Fluke Scopemeter mit Speicherfunktion angeschlossen. So lassen sich Strom sowie Akku- und Brennstoffzellenspannung ermitteln und die Wirksamkeit der Anlage belegen. Die gespeicherten Werte können gegebenenfalls später am Computer betrachtet und ausgewertet werden. Wer auf diese Auswertung verzichten kann, aber dennoch mal sehen will, was zukünftig so abgeht, kommt auch mit ein oder zwei Multimetern aus.

Jetzt wird's ernst

Mit dem Einschrauben des Hydrosticks in den Druckregulator, was mit einem leisen Zischen des in die Leitungen strömenden Gases begleitet wird, und dem Anklemmen des Akkus wird es ernst. Ein letzter Blick auf die klaren Kunststoffschläuche, die den gasförmigen Brennstoff zum Ort der Stromerzeugung geleiten sollen und dann flugs den Hauptschalter umgelegt, um die Brennstoffzelle zu starten. Sofort setzen sich die beiden Lüfter surrend in Bewegung, um sowohl Kühl- als auch Verbrennungsluft zuzuführen, und mit einem vernehmlichen Klacken öffnet sich das Druckventil. Wenige Sekunden und einige Klacks später lassen sich auf der Anzeige ein Stromfluss und eine Brennstoffzellenspannung von rund 7,5 V ablesen. Da die Batterie recht voll ist und der Bronco noch keine Leistung fordert, wird auch die H-Cell kaum gefordert. Die Regelelektronik öffnet und schließt Ein- und Auslassventil in kurzen Abständen, um einen Teillastbetrieb zu steuern.

Fährt man den Motor an und erhöht langsam die Last, wird das Takten seltener und hört schließlich so gut wie ganz auf, wenn die maximale Leistung gezogen wird. Nach einigen Minuten Betrieb zeigt sich auch, dass die Lüfter nicht nur Zierde sind, sondern auch einen Zweck haben: Das Gehäuse der Fuel-Cell wird merklich warm – und diese Wärme muss abgeführt werden. Im gleichen Atemzug stellt man fest, dass der Hydrostick schon so kalt ist, dass sich feines Kondenswasser auf seiner Oberfläche gebildet hat. Die Wärme, die er seiner Umgebung ent-

Unter einer Last von 3,3 Ampere geht die Spannung auf 8 Volt zurück, was mit etwa 27 Watt schon fast der Maximalleistung entspricht



zieht, wird benötigt, um die in der Aluminiumlegierung im Inneren des Hydrostick angelagerten Wasserstoffmoleküle wieder als Gas frei zu bekommen, wodurch sich die Außenhülle des Tanks stark abkühlt. Physik zum Anfassen eben.

Elektronische Regelung

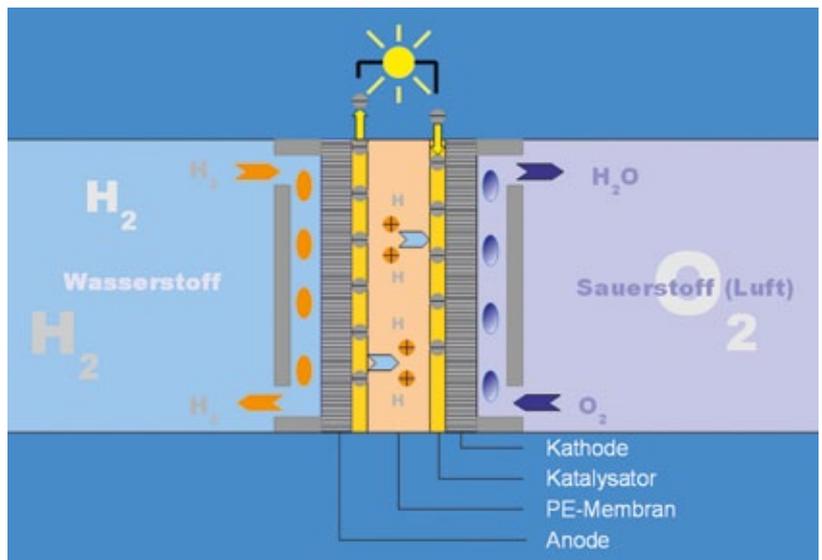
Die Messwerte auf den Instrumenten bestätigten die Angaben des Herstellers. Die Maximalleistung lag bei rund 30 W, was bei 7,2 V zu einem Strom von etwas über 4 A führte. Das Abbremsen des Truckpullers brachte die Brennstoffzellenspannung nach unten, wodurch der Strom entsprechend anstieg. Nach Reduzieren oder gar Abschalten der Last regelte die Elektronik die Brennstoffzelle wieder zurück.

Die Regelelektronik übernimmt die Steuerung der Brennstoffzelle und die Verteilung des Stroms an das Fahrzeug. Dazu sitzen unter anderem vier Leistungstransistoren auf der Platine, die nach dem Einschalten und dem erfolgreichen

Durch Abbremsen des Motors auf dem Prüfstand fährt der Leistungsbedarf und somit der von der Zelle gelieferte Strom (blau) kontinuierlich nach oben, während gleichzeitig die Spannung (rot) einbricht; die Maximalleistung im Test stellt sich bei 8,1 Volt und 3,8 Ampere mit rund 31 Watt ein

Hochfahren des Kraftwerks die Spannung zum Ausgang durchschalten. Von hier werden auch die Lüfter auf dem Fuel-Cell-Stack und die Ein- und Auslassventile gesteuert. In mehreren Betriebsstunden hat sich das Hightech-Werk hin und wieder etwas startunwillig gezeigt und fast schon zickig den Betrieb verweigert. Nach dem Einschalten und Hochlaufen der Lüfter signalisierte die mahnend rote LED eine Fehlfunktion und fuhr die Anlage wieder herunter. Nach einigen Versuchen stellte sich heraus, dass die Kabelverbindung zu den Ventilen, die von der Kontrollelektronik zur Brennstoffzelle über einen Zehnfach-AMP-Steckkontakt führen, gelegentlich zum Wackelkontakt neigen.

Nach dem Betrieb, so rät das englischsprachige Handbuch, soll man den Hydrostick vom Druckregulator und damit vom System trennen, um eine unbeabsichtigte, schleichende Entleerung in die Fuel-Cell und damit deren Beschädigung zu vermeiden. Ebenfalls wird empfohlen, die eigentliche Brennstoffzelle wieder in den mitgelieferten Zip-Beutel zu verpacken, um ein Austrocknen der Membranen zu vermeiden. Da es sich bei der H-Cell um eine sich selbst befeuchtende Brennstoffzelle handelt, darf sie nicht austrocknen. Dies sind natürlich Punkte, die bei einer Integration in einen RC-Fahrzeug konzeptionell zu berücksichtigen sein werden. Des Weiteren steht die Logistik der Wasserstoffversorgung auf der Agenda der zu beachtenden Faktoren, ohne die ein sinnvoller Einsatz nicht möglich sein wird. Aber auch hier sind wir wieder ganz nahe am Original, wo die Brennstoffversorgung mit dem leicht flüchtigen Gas zu den großen Herausforderungen gehört.



Wie geht's weiter?

Das H-Cell 2.0 Brennstoffzellenkit ist ein faszinierender Weg in die Zukunft der Antriebstechnologie. Noch nie war es einfacher, eine zumindest für mittelgroße RC-Truckmodelle und einige RC-Cars ausreichend leistungsstarke Fuel-Cell zu bekommen, die auch von der Konzeption schon für den Einbau in ein fahrfähiges Modell geeignet ist. Die Inbetriebnahme gelingt mit einer Mindestmenge handwerklichen Geschicks schnell und problemlos. Für den Betrieb in einem Flugmodell stimmt das Verhältnis zwischen Gewicht und Leistung noch nicht. Nach wie vor wäre auch ein Stützakku erforderlich, der im Zweifelsfall geforderte Energie nachführt. Aber die Lösung dieses Problems ist nur eine Frage der Zeit, bis die Brennstoffzelle auch im Modellflug Fuß fassen kann.

In der Hamburger Hafencity eröffnete 2012 der Vattenfall-Konzern eine Tankstation für mit Wasserstoff betriebene Fahrzeuge. Vor allem Busse des öffentlichen Verkehrsbetriebs nutzen die Station

Wirkungsweise einer PEM-Brennstoffzelle:
Aus Wasserstoff und Sauerstoff wird Wasser(dampf) und Strom

Foto: Clean Energy Partnership





Text: Tobias Meints

Interkontinental

Solar Impulse überwindet Grenzen

Es ist möglich, EMISSIONSFREI zu fliegen. Das haben der Luftfahrtpionier *Bertrand Piccard* und sein Team mit dem experimentellen Fluggerät *Solar Impulse HB-SIA* bewiesen. Die revolutionäre Technik des Prototyps und die Flüge, die teilweise auch bei Nacht stattfinden, faszinieren die Weltöffentlichkeit. Im Frühjahr 2012 hat die Solar Impulse erneut Geschichte geschrieben und den ersten *INTERKONTINENTALFLUG* eines Solarflugzeugs absolviert.

© Foto: Jean Revillard

Mit der Solar Impulse HB-SIA verwirklichte Bertrand Piccard und sein Team einen langgehegten Traum: die Konstruktion eines solarbetriebenen, manntragenden Flugzeugs, das ein revolutionäres Feature mitbringt: Es kann auch bei Nacht fliegen und aus diesem Grund lange Strecken zurücklegen. Bereits mit den ersten Flügen des Prototyps wurde der Beweis erbracht, dass es in naher Zukunft eine Alternative zu konventionellen Flügen geben kann: Den Solarflug. Piccard als Initiator des Programms erklärt diesbezüglich: „Wenn wir zeigen können, dass es in der Luft funktioniert, dann kann niemand mehr behaupten, erneuerbare Energien kämen für die Verwendung auf der Erde nicht infrage.“

Flightbook

Insgesamt 1.834 Kilometer Luftlinie trennen das schweizerische Payerne und die marokkanische Hauptstadt Rabat. Zugleich stellen diese beiden Städte den Start- sowie den Zielort des ersten Interkontinentalflugs eines solargetriebenen Flugzeugs dar. Am 24. Mai 2012 startete die Solar Impulse HB-SIA und landete nach einem längeren Zwischenstopp in Madrid nach 2.500 Kilometern am 05. Juni 2012 auf marokkanischem Boden.

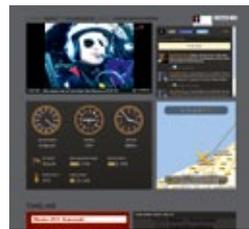
„Der Flug nur mit Solarenergie über diese lange Distanz stellt ein exzellentes Training im Hinblick auf die geplante Weltumrundung im Jahr 2014 dar“, erklärt André Borschberg, Mitbegründer und Geschäftsführer der Solar Impulse, die Intention, die hinter dem ersten Interkontinentalflug steckt. Zugleich klärt er die Frage, warum als Zielland Marokko ausgewählt wurde: „Wir haben ohne zu zögern in die Zusammenarbeit

„Niemand käme auf die Idee, seinen Müll einfach in den Wald zu werfen. Aber gleichzeitig darf man so viel Kohlenstoffdioxid ausstoßen, wie man will. Halten Sie das für normal?“



© Fotos: Stéphane Gros

Solar Impulse virtuell



Interessierte haben die Möglichkeit, die Flüge der Solar Impulse im Internet auf der Website www.solarimpulse.com oder über die Android- sowie Apple-App „Solar Impulse“ mitzuverfolgen. Telemetriedaten und Live-Stream machen es möglich. Zudem gibt es umfangreiches Informations-, Bild- und Videomaterial.

Bertrand Piccard

Der im schweizerischen Lausanne geborene Bertrand Piccard (Bildmitte) ist ausgebildeter Psychiater. Er absolvierte die erste Nonstop-Weltumrundung im Heißluftballon und ist Initiator sowie Präsident von Solar Impulse.

mit Marokko eingewilligt. Diese Destination entspricht genau den Zielen, die wir bezüglich Distanz und Flugdauer festgelegt hatten.“ Hinzu kommt, dass die Reise mit dem Baubeginn des größten je konstruierten solarthermischen Kraftwerks in der Umgebung von Ouarzazate am Fuß des Atlas-Gebirges zusammenfällt. Dieses Projekt wird von der Moroccan Agency for Solar Energy und der Desertec Foundation umgesetzt. Letztere hat sich zur Aufgabe gemacht, bis 2050 etwa 15 Prozent des europäischen Strombedarfs durch Solarkraftwerke in der Sahara zu decken. Dementsprechend groß war das internationale Interesse an diesem Flug, der symbolisch zwei wegweisende Solar-Projekte vereint – die Solar Impulse im Kleinen, das solarthermische Kraftwerk von Ouarzazate im Großen.

Erste Etappe

Den Beginn der Reise markierte der Start der Solar Impulse am 24. Mai 2012 im schweizerischen Payerne. Der im Vorfeld festgelegte Kurs führte die HB-SIA mit ihrem Piloten André Borschberg über die Pyrenäen in Richtung der französischen Stadt Toulouse. Das Flugzeug überquerte die Gebirgskette in einer Höhe von 7.833 Metern und landete nach mehr als 17 Stunden und einer Flugstrecke von 1.191 Kilometern ohne Zwischenfälle in Madrid. „Es ist unbeschreiblich“, erklärte Borschberg direkt nach der Landung. „Es war ganz besonders beeindruckend, während des Flugs entlang einer Mauer aus Wolken zu fliegen und ohne zu zögern über sie steigen zu können. Dies zeigt, dass wir mit Vertrauen in die Solarenergie noch viel weitergehen können.“ In Madrid wurde die Solar Impulse gewartet.

Der geplante Start Richtung Marokko musste aufgrund schlechter Witterungsverhältnisse mehrfach verschoben werden. Wetterkapriolen liegen der HB-SIA nicht, da das Verhältnis zwischen Fluggewicht und Spannweite äußerst unausgeglichen ist. Bei einer Spannweite von 63,40 Metern, was im Übrigen einem Airbus A340 entspricht, wiegt sie lediglich 1.600 Kilogramm. Soviel wie eine E-Klasse von Mercedes-Benz. Angetrieben wird der Prototyp von vier Elektromotoren mit einer Leistung von jeweils 7,35 Kilowatt (kW). Mit insgesamt 200 Quadratmetern Photovoltaikzellen und einem Wirkungsgrad der kompletten Antriebskette von 12 Prozent beträgt die Durchschnittsleistung der Flugzeugmotoren über 24 Stunden 6 kW.

Zweite Etappe

Am 05. Juni 2012 startete Bertrand Piccard in Madrid und steuerte die marokkanische Hauptstadt Rabat an. Piccard folgte exakt dem Flugplan: Er überflog die Stadt Sevilla und steuerte die Meerenge von Gibraltar an. Das Mittelmeer



überquerte er in einer Höhe von 6.893 Metern. Nach mehr als 19 Stunden und 830 zurückgelegten Kilometern landete die Solar Impulse planmäßig. „Für mich war es ein magisches Moment in meiner Karriere als Luftfahrer“, sagte Bertrand Piccard mit großer Freude, als er das Cockpit verließ. Die Landung markierte den Beginn einer Event-Woche in der marokkanischen Hauptstadt. Betreut wurde das Team der Solar Impulse von Vertretern der Moroccan Agency for Solar Energy. „Wir freuen uns sehr, Gastgeber dieser Weltpremiere in Marokko zu sein und freuen uns, das Solar Impulse-Team hier willkommen zu heißen. Wir sind sehr dankbar für alle Partner, die dies ermöglichen konnten“, sagte der Präsident der Organisation, Mustapha Bakkoury. In gleichem Maße konnte sich Piccard für die Solarpolitik Marokkos begeistern: „Wir bewundern die Vision Seiner Majestät des Königs Mohammed VI von Marokko und die intelligente Energiepolitik des Landes. Wir freuen uns, diese zu unterstützen. Der Bau des Kraftwerks in Ouarzazate ist ein Pionierprojekt, das zeigt, dass die sau-

Energiewende in Marokko

Das Königreich Marokko will bis zum Jahr 2020 fünf Solarparks mit einer Leistung von 2.000 Megawatt bauen. Diese sollen mittelfristig die Einsparung von 3,7 Millionen Tonnen Kohlenstoffdioxid ermöglichen. Der Aufbau beginnt mit der Konstruktion des solarthermischen Kraftwerks am Rand des Atlas-Gebirges in der Nähe von Ouarzazate. Dieses soll eine Leistung von 160 Megawatt realisieren. Geplant sind weitere Solaranlagen in der Region, die bis zum Jahr 2015 eine Gesamtleistung von 500 Megawatt erreichen sollen. Zum Vergleich: Das leistungsfähigste Atomkraftwerk der Welt steht im japanischen Kashiwazaki-Kariwa. Es erreicht mit sieben Reaktorblöcken eine Gesamtleistung von 8.212 Megawatt.

André Borschberg

Am 13. Dezember 1952 erblickte André Borschberg (Bild oben) in Zürich das Licht der Welt. Der Ingenieur hat zudem einen Abschluss in Managementwissenschaften. Er ist Militärpilot, professioneller Flugzeug- sowie Helikopterpilot und Geschäftsführer von Solar Impulse.

„Als der Gegenwind so auffrischte, dass das Flugzeug in einer Höhe von 8.000 Metern einfach zurückgeschoben wurde, haben wir uns für den Abbruch der Etappe entschieden.“

berer Technologien, die wir mit Solar Impulse fördern, im Alltag von uns allen angewendet werden können.“

Die Antriebsgondeln der HB-SIA sind wärmeisoliert und können auch in großen Höhen die von den Akkumulatoren erzeugte Wärme halten. Bei den Energiespeichern handelt es sich um Lithium-Ionen-Batterien mit jeweils 70 Zellen. Alle vier Batterien bringen es auf ein Gewicht von 400 Kilogramm, was einem Viertel des Gesamtgewichts



Bertrand Piccard bereitet sich auf die Etappe von Madrid nach Rabat vor

der Solar Impulse entspricht. Für den Vortrieb sorgt pro Motor ein Zweiblatt-Propeller mit einem Durchmesser von 3.500 Millimeter. Die Maximaldrehzahl beträgt 400 Umdrehungen pro Minute.

Herausforderungen

Die Euphorie über den ersten solaren Interkontinentalflug wurde auf der geplanten finalen Etappe nach Ouarzazate, dem Standort des geplanten solarthermischen Kraftwerks, ein wenig getrübt. In der Nacht auf den 14. Juni 2012 entschied André Borschberg den Flug ins Atlas-Gebirge abzubrechen und nach Rabat zurückzukehren.

Bereits im Vorfeld stand fest, dass diese Etappe mit Sicherheit die anspruchsvollste werden würde. Aufgrund des trockenen und heißen



Die erste Etappe des Interkontinentalflugs absolviert André Borschberg (links). Mehr als 17 Stunden war er von Payerne nach Madrid unterwegs. Vor dem Start wünscht ihm Bertrand Piccard viel Erfolg



© Foto: Jean Reiffarth

Der Flug nach Marokko über Sevilla, die Meerenge von Gibraltar und das Mittelmeer gelang reibungslos. Nachts setzte Bertrand Piccard mit der Solar Impulse zur Landung an

Klimas gibt es starke Turbulenzen, für die die Solar Impulse aufgrund ihrer großen Spannweite und des geringen Gewichts extrem anfällig ist. „Angesichts der schwierigen Wetterlage über der marokkanischen Wüste ist das Team bereits alle möglichen Szenarien, einschließlich einer Rückkehr nach Rabat, im Vorfeld durchgegangen. Die Entscheidung, den Flug nach Ouarzazate abzubrechen war richtig, wenn sie auch nicht einfach zu akzeptieren ist“, erklärte André Borschberg nach der neuerlichen Landung in Rabat. „Bis heute verlief jeder Flug der Solar



© Foto: Fred Merz

Nach der Landung in Rabat-Salé gratuliert André Borschberg seinem Kollegen Bertrand Piccard (Mitte) zum gelungenen Interkontinentalflug

Impulse so gut, dass alles so einfach erschien. Vielleicht zu einfach. Wir haben fast vergessen, dass die Solar Impulse HB-SIA ein Prototyp ist, der primär dazu bestimmt war, ohne Treibstoff und emissionslos über der Schweiz zu fliegen. Der Interkontinentalflug und das Fliegen über der Wüste bringt uns nahe an die Leistungsgrenzen von Mensch und Material“, ergänzte Bertrand Piccard.

Die Konstruktion der HB-SIA basiert auf einem Verbundwerkstoffgerippe, das aus einer wabenartigen Kohlefaser-Sandwichstruktur besteht.



© Foto: Jean Reiffarth

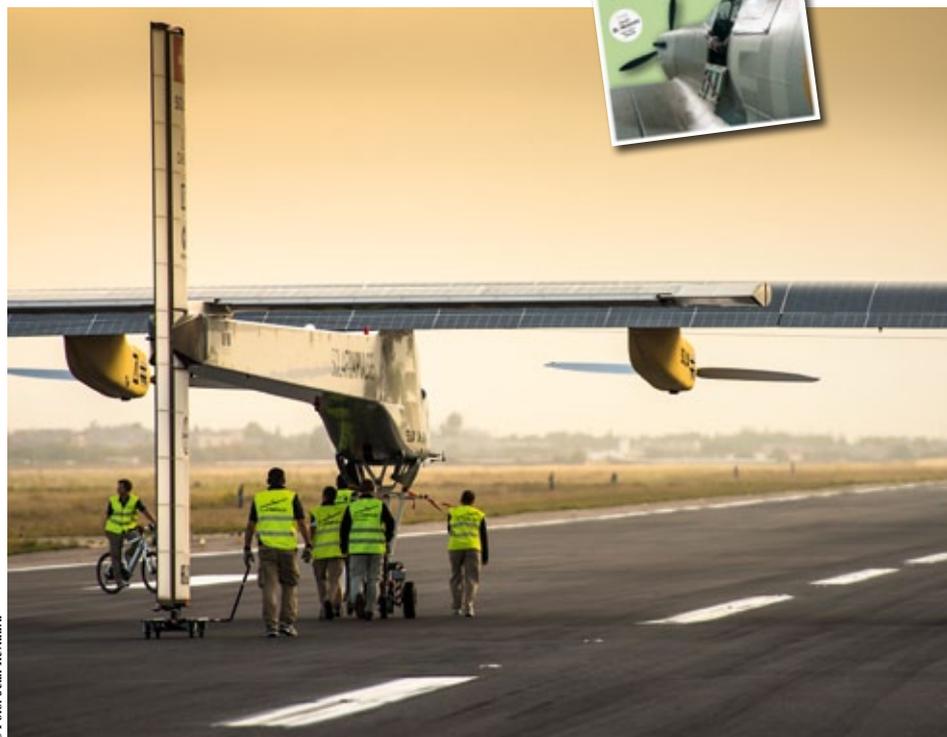
Nach der Landung in Rabat absolvierte das Team der Solar Impulse eine Event-Woche. Hier posieren die beiden Piloten mit Kindern, die sich die HB-SIA aus der Nähe ansehen konnten

Dies kombiniert eine leichte Bauweise mit einer verwindungsstreifen Konstruktion. Für Festigkeit sorgen 120 Kohlefaserrippen, die in einem Abstand von jeweils 50 Zentimeter voneinander platziert sind. Sie verbinden die Ober- sowie die Unterseite der Tragfläche. Die Unterseite ist mit einem flexiblen Film überzogen. Die Oberseite hingegen mit Solarzellen bedeckt. Insgesamt 12.000 photovoltaische Zellen aus monokristallinem Silizium mit einer Stärke von 145 Mikron sind auf der HB-SIA verbaut und laden die vier Flugakkus in den Antriebs gondeln. Unter anderem geben die Cockpitinstrumente Aufschluss über den Ladezustand. Des Weiteren kann der Pilot alle anderen Parameter ablesen und reagieren. Dabei arbeitet die Onboard-Elektronik sehr energieeffizient.

Die finale Etappe der Solar Impulse sollte zum Standort des solarthermischen Kraftwerks in Ouarzazate führen. Der erste Flug musste aufgrund von starken Winden abgebrochen werden

Lese-Tipp

Einen informativen Artikel über die Möglichkeiten und Grenzen der Solarenergie und das ehrgeizige Projekt der Desertec Foundation gibt es in Ausgabe 1/2012 von **Ludwig Retzbachs Elektroflug Magazin**. Das Heft kann im Online-Shop unter www.alles-rund-ums-hobby.de bestellt werden.



© Foto: Jean Reiffarth



Nachtflüge sind für die Solar Impulse HB-SIA kein Problem. Die Akkus speichern über Tag genügend Energie

© Foto: Fabrice Coffini



© Foto: Fred Merz

Mustapha Bakkoury, der Präsident der Moroccan Agency for Solar Energy (Mitte), erhält von André Borschberg (links) und Bertrand Piccard eine Solarzelle der Solar Impulse

Ausblicke

Nach dem ersten Rückschlag war der zweite Anlauf der Solar Impulse HB-SIA, das marokkanische Ouarzazate zu erreichen, erfolgreich. Am 22. Juni 2012 landete André Borschberg nach 17 Stunden und 21 Minuten und einer zurückgelegten Strecke von 683 Kilometer in der Nähe des Atlas-Gebirges. „Es war einer der schwierigsten Flüge, die wir bisher gemacht haben. Es war nicht einfach, die richtige Flughöhe auszuwählen um Turbulenzen zu umfliegen, die Batterien zu laden und die größte Kälte zu vermeiden. Ouarzazate war unser Ziel und wir haben es erreicht. Wir sind zusammen mit unseren Gastgebern sehr zufrieden, endlich vor Ort zu sein“, erklärte André Borschberg als er das Flugzeug verließ. Mit diesem Flug bewies das Solar Impulse-Team eindrucksvoll, welches Potenzial die Nutzung der Solarenergie in sich birgt.

Weiterentwicklungen

Bereits jetzt hat die HB-SIA alle in sie gesetzten Erwartungen übertroffen. Parallel zu den Flügen wird bereits das Nachfolgemodell des Prototyps, die HB-SIB entwickelt. Deren größeres Cockpit wird dem Piloten die Möglichkeit geben, sich während der geplanten vier- bis sechstägigen Etappen ausgestreckt hinlegen zu können. Des Weiteren werden die Nutzlast erhöht, die Stromkreise gegen Wasser abgedichtet und redundante Systeme verbaut, die die Zuverlässigkeit verbessern.

Anfang Mai 2012 absolvierte André Borschberg den ersten virtuellen Trainingsflug. Er verbrachte insgesamt 72 Stunden im Cockpit der Maschine. Die ersten realen Testflüge mit der HB-SIB sind für das Jahr 2013, das ehrgeizige Projekt der Weltumrundung für 2014 geplant. Die Redaktion von **Ludwig Retzbachs Elektroflug Magazin** wird die Entwicklungen des Solar Impulse-Projekts weiter verfolgen und darüber berichten. |

Solar Impulse HB-SIA

Spannweite	63,40 m
Länge	21,85 m
Höhe	6,40 m
Startgewicht	1.600 kg
maximale Flughöhe	8.500 m
Reisegeschwindigkeit	70 km/h
Abrissgeschwindigkeit	35 km/h
Antrieb	Vier Elektromotoren (Maximalleistung jeweils 7,35 kW) Vier Zweiblatt-Propeller (Durchmesser jeweils 3.500 mm)
Solarzellen	11.628 (10.748 auf der Tragfläche, 880 auf dem horizontalen Stabilisator) mit einer Stärke von 150 Mikrometer (Wirkungsgrad: 22,5 %)

Die Solar Impulse HB-SIA verfügt über eine Spannweite von 63,40 Meter und steht einem Airbus A340 in dieser Hinsicht in nichts nach. Gleichzeitig verfügt der Prototyp über ein vergleichbares Gewicht wie ein Mittelklassewagen. Die aerodynamischen Eigenschaften, fallen in den Bereich des Experimentellen. Die auf Kohlefaser basierende Struktur, der Antrieb und auch die Bordelektronik sind auf einen minimalen Stromverbrauch ausgelegt, müssen jedoch gleichzeitig den Umgebungsbedingungen in großer Höhe standhalten.



© Foto: Stijnmarc Gros

Text und Fotos: Bernd Neumayr

F3A-Gleichung

Elektro-Kunstflug auf höchstem Niveau

Im Elektroflug gibt es Konstanten, die sind gesetzt: Viel Watt = viel Spaß, oder: hohe Drehzahl = hohe Geschwindigkeit. Jetzt wurde diese F3A-GLEICHUNG entdeckt: >5 kg + 2 × 2 m ± gebraucht = Kunstflugspaß mit der Spark Dynamic 2010 F3A von Krill Modell.



Bei der Entdeckung der F3A-Gleichung spielte der berühmte Zufall mal wieder eine große Rolle: An einem verregneten Wochenende surfte der Autor im Internet und war auf der Suche nach einem kompakten Modell für zwei 5s-LiPo-Zellen-Packs. Es sollte leicht zu transportieren sein und die Zwei-Meter-Marke nicht überschreiten. Interessante Angebote gibt es bei Online-Modellbau-Börsen. Und hier überzeugte dann ein komplett aufgebauter und von einem Wettbewerbspiloten geflogener Spark von Krill.

Das Modell war bis auf den Empfänger und Schalter für die RC-Anlage flugfertig ausgerüstet. LiPo-Akkus wurden nicht mit angeboten. Da der Antrieb aber zu den vorhandenen 2 × 5s-LiPo-Packs passte, war auch das perfekt. Leider befand sich der Noch-Eigentümer in der

Tschechischen Republik – aber wozu hat man auch dort Freunde. Durch einen glücklichen Zufall hatte sich Tage zuvor Radim Kralik angekündigt, ein Bekannter aus Tschechien, der die Möglichkeit wahrnahm, den Spark vor seiner Abreise zu begutachten. Er war vom Zustand beeindruckt und so wanderte der Spark in seinen Wagen und trat die Reise nach Bayern an. Dort angekommen, war die Begeisterung beim künftigen Besitzer kaum zu bremsen.

Gute Kinderstube

Die Firma Krill (www.krill-model.com) ist für innovative und hervorragend ausgeführte Kunstflugmodelle bekannt. Zu deren Produktpalette zählt seit einiger Zeit auch der Spark. Das Modell ist zwar für F3A-Wettbewerbe konstruiert worden, aber selbstverständlich kann man es auch einfach so zum Kunstfliegen einsetzen. Der



Autor hatte schon immer ein Faible für Rumpfe, die eine gewisse Ähnlichkeit mit der Optik eines Fisches haben – das Extravagante zieht einfach an. Hier ist der hohe Rumpfquerschnitt erforderlich, um in den Messerflugfiguren eine gewisse Tragfähigkeit zu bekommen. Die Möglichkeit, Akkus in mehreren Modellen einzusetzen, erschließt völlig neue Optionen, nämlich neben einem Elektrosegler auch ein Akro-Modell bewegen zu können.

Bei dem hier gezeigten Modell handelt es sich um den Spark Dynamic. Mittlerweile bekommt man schon den Spark Evo 1, der eine Weiterentwicklung des Spark ist. Er unterscheidet sich in ein paar Kleinigkeiten und der Farbgebung vom Vorgängermodell. Der Dynamic ist in der Form mehrfarbig lackiert. Dabei wurden Verläufe und Kanten perfekt ausgeführt. Die Konstruktion ist kompromisslos auf maximale Leistung ausge-

legt. Dazu hat der Rumpf beim Übergang zum Spinner einen minimalen Querschnitt, um den Wirkungsgrad des Propellers optimal auszunutzen. Der Rücken ist erhöht worden.

Hochwertige Konstruktion

Welchen Aufwand Krill betrieb, erkennt man auch daran, dass der Aufbau mittels eines Endlos-Sandwichs hergestellt ist – also nicht nur an den Rumpfsseiten, sondern am ganzen Bauteil. Das Ergebnis ist ein enorm leichter und fester Rumpf. Die lange, abnehmbare Haube reicht fast bis zum Motorspant, was eine hervorragende Zugangsöffnung bedeutet. Die Flügel des Dynamic sind ebenfalls eine neue Konstruktion. Bei diesen legte man viel Wert auf maximale Festigkeit bei geringem Gewicht. Das Profil ermöglicht ruhigen Kunstflug auch bei rauen Windverhältnissen. Das CFK-Fahrwerk ist zweigeteilt,

“ Welchen Aufwand Krill betrieb, erkennt man auch daran, dass der Aufbau mittels eines Endlos-Sandwichs hergestellt ist – also nicht nur an den Rumpfsseiten, sondern am ganzen Bauteil. “



Die Verschraubungen finden ihren Platz vor dem Empfänger. Immer griffbereit beim Aufbau. Dahinter der Empfänger und das Seitenruder-Servo

sodass es sich schnell montieren lässt. Es ist am Rumpf nur geklemmt, um strukturschwächende Bohrungen zu vermeiden.

Die Vorfertigung des Spark Dynamic ist enorm. Die Bau- beziehungsweise Montageanleitung, die auf der Homepage eingesehen werden kann, ist sehr ausführlich und es bleiben keine Fragen



mehr offen. Alle GFK- und Kohlefaserteile sind extrem leicht ausgeführt, und dass bei gleichzeitig maximaler Festigkeit sowie perfekter Oberfläche. Fahrwerk, Radschuhe und Kleinteile für die Ruderanlenkungen sind dabei. Der Aufbau ist dann schon fast Routine. Alle Maße sind vorgegeben und sogar die EWD kann an den Flügeln über einen Verstellmechanismus justiert werden. Um dem Motor den erforderlichen Halt zu geben und entstehende Kräfte sicher in den Rumpf einzuleiten, ist der vordere Rumpfbereich CFK-verstärkt. Die Haube ist fertig und schließt perfekt. Die Ruderhörner bestehen auch aus GFK und somit ist das Modell in kurzer Zeit aufgebaut.

Auf dem Akkubrett können die Akkus zum Einstellen des Schwerpunkts optimal platziert werden. Dieser Bereich im Rumpf ist CFK-verstärkt



Die nachträglich verspiegelte Haube verhindert den Blick in den Rumpf

Ausstattung

Als Empfangsanlage kommt ein Weatronic Micro 12 Dual Receiver 2.4 Dual FHSS zum Einsatz. Die Servos stammen von Hitec. Fürs Höhenruder sind zwei HS5245 MG verbaut und die Querruder sowie das Seitenruder werden von HS5645 MG bewegt. Der Motor ist ein Axi 5330 und der Regler ein Jeti Spin 99. Bei den Akkus hat man die Wahl zwischen 2 × 5s-LiPos mit 4.500 oder mit 5.000 Milliamperestunden (mAh) Kapazität. Als Propeller standen eine APC 21 × 12 Zoll und zwei Viala-Holzluftschrauben mit 21 × 12 und 21 × 14 Zoll zur Verfügung. Da kein Schalter mit Weiche eingebaut war, wurde bei Lindinger eine Akkuweiche Solid 2 Mini Lipo von Microsens mit zwei 2s-LiPo á 1.500 mAh eingebaut.

Accessoires

Damit das hochwertige Modell nicht bei der Lagerung oder dem Transport zum Platz beschädigt wird, kommen passende Flächenschutztaschen von Revoc (www.revoc.eu) zum Einsatz. Diese schützen die Teile perfekt und sehen auch noch hervorragend aus. Für die Haube wurde aus Fleece-Stoff eine einfache Kappe genäht, die von zwei Klettbindern am Rumpf gehalten wird. Wenn man eine Nähmaschine hat, geht das in einer halben Stunde und die Haube ist optimal vor Kratzern geschützt.

Die Kanzel ist in Blau getönt. Das sieht nicht schlecht aus, gibt aber auch den Blick frei in

Ruderausschläge in mm:

	normal	Snap	Spin	Turn
Quer oben	12	24	12	12
Quer unten	12	22	12	12
Höhe oben	10	13	25	10
Höhe unten	10	14	25	10
Seitenruder	20	25	20	25



Die filigrane, leichte und sehr stabile Seitenrudieranlenkung

Technische Daten

Spannweite:	1.900 mm
Länge:	1.990 mm
Gewicht:	4.900 g
Motor:	Axi 5330
Regler:	Jeti Spin 99
Akku:	2 × 5s-LiPos mit 4.500 oder 5.000 mAh
Propeller:	APC 21 × 12 Zoll und Viala-Holzluftschrauben mit 21 × 12 und 21 × 14 Zoll

das Innenleben des Modells. Da sollte ein wenig Abhilfe geschaffen werden. Aus dem Grund erhielt die Haube von innen einen Überzug mit Mirra Chrome Lack. Dabei handelt es sich um eine Farbe, die zu 98 Prozent wie Chrom wirkt. Normalerweise wird der Lack dann noch mit Sperrlack und Klarlack gegen Verwittern geschützt, da es sich aber um die Innenseite der Haube handelt, war das nicht notwendig. Der Effekt ist hervorragend und die Haube wirkt wie verspiegelt.

Unter Strom

Der Spark Dynamic wurde wie in der PDF-Anleitung der Krill-Webseite angegeben eingestellt und dann ging es auf zum Flugplatz. Die kleinen Räder benötigen bei hohem Gras eine streichelzarte Landung, aber das ist bei dem sehr leichten Modell kein Problem. Sollten doch einmal Ersatzteile nötig sein, kann die



Bezugsadressen

Spark Dynamic:
Krill Model
Komenského Straße 148
68725 Hluk
Tschechien
Telefon/Fax:
004 20/572/58 18 95
E-Mail:
sale@krill-model.com
Internet:
www.krill-model.com

Flächenschutztaschen:
Engel Modellbau & Technik
Eberhäuser Weg 24
37139 Adelebsen-Güntersen
Telefon: 055 02/31 42
Fax: 055 02/94 47 12
E-Mail: info@engelmt.de
Internet: www.engelmt.de

Axi-Motor und Jeti-Regler:
Hepf Modellbau & CNC Technik
Dorf 69
6342 Niederndorf
Österreich
Telefon:
00 43/53 73/57 00 33
Fax: 00 43/53 73/57 00 34
E-Mail: info@hepf.at
Internet: www.hepf.at

Akkus:
Modellbau Lindinger
Industriestraße 10
4565 Inzersdorf
Österreich
Telefon:
00 43/75 82/81 31 30
Fax: 00 43/75 82/813 13 17
E-Mail: office@lindinger.at
Internet: www.lindinger.at

Der Regler von Jeti sitzt perfekt im Kühlluftstrom und ist immer gut erreichbar

Markante Silhouette des Spark Dynamic von Krill: Die Messerflugtauglichkeit des Kunstflugmodells sind sehr gut. Überhaupt lassen die Flugeigenschaften keine Wünsche offen



Firma Krill umgehend liefern. Die Rudereinstellungen sind sehr gering, das spricht für einen guten Wirkungsgrad und ein ausgewogenes Flugverhalten.

Als Akkus kamen zwei Well Power SE-LiPos von Lindinger mit 5s und 5.000 mAh zum Einsatz. Diese zeichnen sich durch ein hervorragendes Preis-Leistungs-Verhältnis aus und besitzen einen sehr guten Wirkungsgrad. Der Ladestrom beträgt maximal 30 Ampere (A) und der Entladestrom 200 A. Diese Werte erreicht das Antriebssetup im Spark Dynamic aber nicht. Das Akkubrett ist so eingebaut, dass der Schwerpunkt ohne Blei erreichbar ist. Die beiden Packs lassen sich nach Wunsch verschieben.

Der Spark beschleunigt brachial und steigt nach dem Start senkrecht, bis man davon genug hat. Also Leistung im Überfluss. Erst einmal ausrichten und austrimmen. Das ist allerdings praktisch nicht erforderlich. Alles passt. Zum normalen Fliegen reicht erstaunlich wenig Ausschlag beim Gasknüppel. Die volle Leistung wird nur in den Aufwärtsfiguren abgerufen. Das Modell lässt sich hervorragend durch alle Kunstflugfiguren dirigieren und zeigt praktisch kein Eigenleben. Vielmehr setzt es Steuerbewegungen sofort um. Kurz gesagt: Vom ersten Flug an machte sich beim Piloten Begeisterung breit. Durch den dosierten Einsatz des Gassticks sind Flugzeiten von mindestens neun Minuten möglich. Also ausreichend viel, um neue Figuren zu üben und alte zu trainieren. Dabei sind später immer noch Reserven für ein bis zwei Landeanflüge vorhanden. Diese gelingen dann auch im Schleichgang und fahrwerksschonend. Der Stromverbrauch ist so moderat, dass die Akkus nicht einmal handwarm werden.

„ Der Spark beschleunigt brachial und steigt nach dem Start senkrecht, bis man davon genug hat.“



Das Flächentaschenset von Revoc ist perfekt auf das Finish des Spark abgestimmt

Luftschraubentest Spark Dynamic von Krill

Luftschraube in Zoll	Gewicht in g	Drehzahl in U/min	Ampere	Stand Schub in kg
Holz elektro Viala 20 × 12	73,7	6.360	53	7,7
Holz elektro Viala 20 × 14	84,7	6.180	58	7,5
APC 20 × 12	115,2	6.240	57	6,8



Edel und stabil: Die Wurzelrippe des Höhenruders in silberfarbenem Glasfasergewebe

Holz oder Kunststoff?

Nacheinander wurden beide Fiala-Holzpropeller und der APC verglichen. Die Plastikluftschraube stellt sich als optimal heraus. Lautstärke, Schub und Bremsverhalten passen hervorragend zum Modell. Alternativ sind die Fiala-Holzpropeller auch eine gute Wahl und stehen dem APC in den Leistungsdaten in nichts nach. Beide sind etwas leichter als die APC und zudem perfekt ausgegogen sowie hervorragend verarbeitet.

Gleichung geht auf

Wenn man Kunstflug trainieren möchte und das Ganze auch noch leise sowie über die Mittagszeit, und wenn man ein unkompliziertes sowie handliches Modell sucht, das auch noch sehr leicht und hervorragend verarbeitet ist, dann kommt man an einer Maschine wie dem Spark Dynamic fast nicht vorbei. Und wenn man so ein Modell gebraucht, aber in einem sehr guten Zustand angeboten bekommt, dann sollte man reagieren. Bei der hochwertigen Verarbeitungsqualität seitens des Herstellers braucht man sich auch keine Sorgen machen, ein Modell minderer Qualität zu erwischen. Zudem schont der Elektroantrieb alle Komponenten vom Servo bis zu den Ruderanlenkungen und somit hat man lange Freude an einem gut ausgewogenen Kunstflugmodell. Durch einen moderaten Stromverbrauch kann man ausgiebig trainieren. |

Die beiden 5s-Packs von Lindinger befinden sich im vorderen Rumpfbereich. Dank Klettbindern sind sie schnell gewechselt



robbe Modellsport

AIR SERIES



**Twin Air
ARF
Nr. 2579**



**AIRBLADE
ARF
Nr. 2570**



**AIR BEAVER ARF
Nr. 2569**



Text und Fotos: Ludwig Retzbach

Sporthilfe

Fahrrad-Elektro-Antrieb im Minipack

Es war schon immer schöner, mit Rückenwind zu fahren. ELEKTROFAHRRÄDER ODER PEDELECS haben ihn quasi eingebaut und finden deshalb immer mehr Liebhaber. Noch sind es vorwiegend ältere Zeitgenossen, die damit ihren Aktionsradius erweitern, um wieder unbeschwert und naturnah die weitere Umgebung zu erobern. *Doch wo bleibt der sportliche Aspekt?*



Leistungsmotivierte Radler tun sich in der Tat noch etwas schwer mit dem Grufti-Image derartiger Schubhilfen aus der Steckdose. Das ist nicht ganz unbegründet, denn was derzeit in den Zweiradläden steht, riecht bestenfalls nach Hightech-Bewegungsanimation für notorische Couch-Potatoes. Leichte E-Bikes hingegen sucht der Sportradfahrer meist vergebens, denn verstärkte, dem gewachsenen Kraftpotenzial angepasste Eisenrohrrahmen – Opa könnte durch den elektrischen Rückenwind zum Rasen verleitet werden – tragen schwere, abschließbare Akkukassetten von bis zu 400 Wattstunden Energieinhalt. Die dazugehörigen Antriebsmotoren bringen, obwohl gesetzlich auf 250 Watt limitiert, samt Getriebe meist mehrere Kilogramm auf die Waage. So kommen schnell Fahrzeuggewichte in der Größenordnung von 25 und noch mehr Kilogramm zusammen. Kritiker witzeln denn auch, dass ein Großteil der mitgeführten Batterieenergie eines herkömmlichen Elektrorads daher nur dazu diene, das antriebsbedingte Mehrgewicht zu kompensieren. Zudem werden diese Geräte rasch unhandlich, lassen sich kaum mehr über die Kellertreppe tragen, auf den Fahrradständer hieven oder vielleicht in den Kombi einladen. Und wehe dem, dem unterwegs der Strom ausgeht.

Planänderung

Das alles hat Jean-Pierre Schiltknecht nicht gefallen, weshalb der Schweizer Elektroingenieur und Hobbyradler beschloss, dann eben über eine eigene Lösung nachzudenken. Schon zu Anfang war ihm klar: Der Motor musste in der Mitte sitzen und dort auf das Tretlager wirken. Nur so ist es möglich, die ohnehin vorhandene Kettenschaltung des Bikes auch für den Elektroantrieb zu nutzen. Denn, das weiß ein Elektroflieger, (auch bürstenlose) Gleichstrommotoren wollen im richtigen Drehzahlbereich arbeiten dürfen. Wenn man sie bei niedrigen Drehzahlen abwürgt, sinkt ihr Wirkungsgrad drastisch. Deshalb schied von vornherein alle optisch anschiessamen Lösungen, bei denen der Motor in die Nabe integriert ist, aus. Wirkt der Motor hingegen auf den Pedaltrieb, so profitiert auch er vom ohnehin vorhandenen Schaltgetriebe. Damit bleiben Trittfrequenz und Motordrehzahl bei veränderlicher Fahrgeschwindigkeit weitgehend konstant. Die Drehzahl eines Nabenmotors variiert hingegen mit der Fahrgeschwindigkeit. Der Zentralmotor kann somit, da er stets mit der idealen Drehzahl läuft und damit Kraft statt Wärme erzeugt, bedeutend kleiner und leichter ausfallen.

Der Pletti macht's

So wirkt bei der neuesten Ausführung des Schiltknecht'schen Eigenbau-Mountainbikes, das



selbstredend aus modernsten Hightech-Materialien wie Karbonfaser und Titan aufgebaut ist, ein Plettenberg-Brushless-Motor erst mal auf ein doppeltes Planetengetriebe, um die Drehzahl des auch bei niedertouriger Auslegung immer noch viel zu schnell drehenden E-Motors zu reduzieren. Ein dort angebrachtes Ritzel treibt über eine kurze Hilfskette ein zusätzliches, großes Kettenblatt an. Heraus kommen bei voller Motorleistung dann etwa 70 Kurbelumdrehungen je Minute, ideal für Mann und Motor.

Der Strom fließt natürlich aus Lithium-Ionen-Akkus, Rundzellen des gängigen Typs 18650 mit einem Durchmesser von 18 Millimeter (mm)

7.760 Gramm für ein ganzes Elektrofahrrad – das kann man einhändig die Treppen hoch mit in die Wohnung nehmen. Na, muss man wohl auch?

und einer Länge von 65 mm, die siebenfach (7s) in Reihe geschaltet sind. Über die Provenienz der Zellen schweigt sich der Konstrukteur lächelnd aus. Es ist jedoch anzunehmen, dass sie weniger durch horrenden C-Raten glänzen als vielmehr durch eine Energiedichte in der Größenordnung von deutlich mehr als 200 Wattstunden pro Kilogramm und deshalb mit den handelsüblichen Modellbau-LiPos allenfalls das Funktionsprinzip gemein haben. Die Anzahl der Parallelzellen und die hier mitgeführte Kapazität richtet sich nach der Tourenplanung. Beim Drehzahlsteller und dessen Ansteuerung kommt hingegen wieder bewährte Modelltechnik zum Einsatz. Desgleichen auch bei der Ladetechnik.

Leistungsgewicht

Das aktuelle Bike hat ein Leergewicht von 5.500 Gramm (g), was natürlich extremen Leichtbauaufwand bedeutet und keineswegs für lau zu haben ist. Noch unglaublicher allerdings erscheint, dass es dann komplett mit Elektroantrieb nur ganze 7.760 g auf die Waage bringt. Auf die Antriebskomponenten Motor, Getriebe und Elektronik entfallen dabei 1.300 g. Der Akku schlägt in der Kompaktversion mit knapp 1.000 g zu Buche. Das reicht dann für eine Tour mit 50 Kilometer (km) Länge mit insgesamt 1.200 Höhenmetern (m). Der Bigpack – mit ihm wiegt das Mountainbike dann immerhin schon 9.900 g – ist für 180 km Tourenlänge mit insgesamt 4.000 überwindenen Höhenmetern gut. Die Steigfähigkeit liegt beide Male bei 30 Prozent – ohne Muskelkraftunterstützung.

Natürlich ist Jean-Pierre Schiltknecht als Konstrukteur und Testfahrer in Personalunion in keiner Weise mit Otto Normalradler vergleichbar. Er wirkt trotz seiner 74 Lenze gut trainiert, kein bisschen übergewichtig und kann mit seinem tiefgehenden technischen Verständnis in die Zusammenhänge auf jede Art Redundanz und Sicherungsvorkehrungen verzichten. Doch zeigt er auf, wo es lang gehen könnte, wenn der Ingenieur mal ganz ohne die Fußfessel des Kaufmanns agieren darf.

Sportliches Plus

Ganz entscheidend scheint indes der philosophische Ansatz, der mit dieser Art fein dosierter Technikunterstützung verbunden ist. Die elektrischen Heinzelmännchen helfen in den entscheidenden Momenten schieben, um dem Radler insgesamt zu einem Mehr an Sportlichkeit zu verhelfen. Denn die menschliche Leistungskraft hat nicht erst im fortgeschrittenen Alter ihre Grenzen. Wer je beim Internisten mal ein Bewegungs-EKG abgeliefert hat, der weiß, dass diese sich mit ernüchternd bescheidenen Zahlenwerten beziffern lassen. Wer nun aus

Die Technik ist kompakt – und mit tiefem Schwerpunkt versehen



falschem sportlichem Ehrgeiz wiederholt seine individuelle Leistungsgrenze überschreitet, übersäuert seinen Muskulatur und beeinträchtigt damit sein Gesamt Leistungsvermögen. Und um dies zu vermeiden, eilen die Milliamperestunden aus dem Akku im entscheidenden Moment dem hochjagenden Puls zu Hilfe. Die Muskeln arbeiten somit weiter im aeroben Bereich und der Aktionsradius des Sportlers erweitert sich beträchtlich. Ein weiterer positiver Aspekt dürfte auch darin liegen, dass bei längeren elektrisch unterstützten Bergauffahrten der Sportler nicht mehr total verschwitzt oben ankommt, um dann bei der sich anschließenden Talfahrt gegen Unterkühlung zu kämpfen. Technikunterstützung, die nicht bequem, sondern sportlich macht und ganz nebenbei zu mehr Naturgenuss verhilft. Nur (Elektro-) Fliegen ist schöner.

„Der Motor musste in der Mitte sitzen und dort auf das Tretlager wirken. Nur so ist es möglich, die ohnehin vorhandene Kettenschaltung des Bikes auch für den Elektroantrieb zu nutzen.“

Der neue **Modellbau-** **katalog 2012/2013**



**Katalog-
gebühr** nur
€ 3.-**

Modelle von Markenherstellern und nützliches Zubehör

Auto-, Flug-, Schiffsmodellbau

mehr als 500 Seiten

Ab 17.04. erhältlich

Vorläufige Abbildung

Am besten gleich anfordern:

• **Telefon: 0180 5 312111*** • **conrad.de/kataloge**

Bei telefonischer und schriftlicher Bestellung geben Sie bitte die Best.-Nr. 90 08 00-W5 und den Katalog-Code: AC an. Nennen Sie bei telefonischer Bestellung zusätzlich die Kennung HK MAT.
Schutzgebühr: Nur € 3.-**

* (0,14 €/Min. aus dem Festnetz, maximal 0,42 €/Min. aus dem Mobilfunknetz)

** Mit jedem bestellten Katalog erhalten Sie einen Gutschein über €5,-. Dieser ist bei Ihrem nächsten Einkauf ab €25,- Mindestbestellwert einlösbar, sofern Sie dafür eine Kataloggebühr bezahlt haben. Die Schutzgebühr für den Modellbaukatalog beträgt € 3,-. Bei gleichzeitiger Warenbestellung entfällt die Schutzgebühr und somit auch der Gutschein.

Graupner

Innovation im Modellbau

AZ_132

HoTT

HOPPING · TELEMETRY · TRANSMISSION

fmt-adler 2012



Leserwahl der Zeitschrift

FLUGMODELL UND TECHNIK
FMT
Die führende Fachzeitschrift

1. Platz
RC-Elektronik

Die Leser der Fachzeit-
schrift FMT wählten das
HoTT 2,4 GHz Übertra-
gungssystem zum besten
Telemetriesystem 2012.

MC-32 HoTT
BEST.-NR. 33032



MX-20 HoTT
BEST.-NR. 33124

MX-16 HoTT
BEST.-NR. 33116

MX-12 HoTT
BEST.-NR. 33112

MX-10 HoTT*
BEST.-NR. 33110

WIR SPRECHEN MIT DIR!!! ECHTZEITTELEMETRIE & SPRACHAUSGABE

SICHERE 2.4 GHz ÜBERTRAGUNGSTECHNOLOGIE MIT INTEGRIERTER ECHTZEITTELEMETRIE UND
SPRACHAUSGABE FÜR ALLE ANWENDBEREICHE

- Sprachausgabe
- Bidirektionale Kommunikation zwischen Sender und Empfänger
- Telemetrieauswertung in Echtzeit
- Extrem breiter Empfänger-Betriebsspannungsbereich von 3,6 V bis 8,4 V (Funktionsfähig bis 2,5 V)
- Kanalsignalauflösung von 12-Bit in 4096 Schritten
- Kabellose Lehrer/Schüler-Funktion
- Zukunftssicher durch Updatefähigkeit

Katalog kostenlos
zum Download.



GPS-/VARIO-MODUL
BEST.-NR. 33600



ELEKTRIC AIR MODUL
BEST.-NR. 33620



BT V2 MODUL
BEST.-NR. 33002.3 (MX)



BT V2 MODUL
BEST.-NR. 33002.2 (MODULSENDER)



VARIO-MODUL
BEST.-NR. 33601



GENERAL ENGINE-MODUL
BEST.-NR. 33610



GENERAL AIR-MODUL
BEST.-NR. 33611



WWW.GRAUPNER.DE

www.facebook.com/GraupnerNews

www.youtube.com/GraupnerNews

* ohne Sprachausgabe